ผลของไนซินต่อการลดจำนวนแบคทีเรียแลคติก
ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำอ้อย

EFFECT OF NISIN ON REDUCTION OF SPOILAGE LACTIC ACID BACTERIA IN SUGARCANE JUICE

ชญานาถ จีระกิตติโสภณ
CHAYANART JEERAKITTISOPHON

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AI-M-053-306

การประยุกต์ใช้ไข่ขาวเค็มดิบในการผลิตไส้กรอกเวียนนา

Application of Raw Salted Egg White in Vienna Sausage Production

ชนนิกานต์ สุโฆษสมิต

CHONNIKARN SUKODSAMIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AI-M-053-296

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application of Raw Salted Egg White in Vienna Sausage Production

CHONNIKARN SUKODSAMIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-AI-M-053-296

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPPYRIGHT 2018

AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของไนซินต่อการลดจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในน้ำอ้อย
EFFECT OF NISIN ON REDUCTION OF SPOILAGE LACTIC ACID BACTERIA IN SUGARCANE JUICE

ชื่อนักศึกษา นางสาวชญานาถ จีระกิตติโสภณ
รหัสประจำตัว 59608026
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ผศ.ดร.อังคณา วิภาตนาวิน	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 16 กรกฎาคม 2561 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)
คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร
วันที่...20...เดือน...กรกฎาคม...พ.ศ...2561...

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ไข่ขาวเค็มดิบในการผลิตไส้กรอกเวียนนา
นักศึกษา	นางสาวชนนิกานต์ สุโฆษสมิต
รหัสนักศึกษา	58608011
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2561
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

ไข่แดงเค็ม สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายชนิด เป็นผลให้มีปริมาณไข่ขาวเค็มดิบจำนวนมากที่เหลือใช้และถูกขายไปในราคาถูก ไข่ขาวเค็มถือเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบ ประกอบด้วยปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า เท่ากับร้อยละ 84.00, 11.65, 0.22, 1.56 และ 2.57 ตามลำดับ และมีปริมาณเกลือเท่ากับร้อยละ 4.96 จึงมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน เช่น ไส้กรอก ซึ่งต้องอาศัยเกลือในการสกัดโปรตีน การวิจัยครั้งนี้ได้นำไข่ขาวเค็มดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมาแปรรูปโดยการเติมไข่ขาวเค็มดิบในสูตรไส้กรอกหมูเวียนนาในปริมาณร้อยละ 30, 40 และ 50 ของน้ำหนักเนื้อหมูในสูตร ปริมาณน้ำในสูตรทั้งหมดมีการปรับให้เท่ากัน นอกจากนี้เกลือในสูตรบางส่วนถูกแทนที่ด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ ผลการศึกษาพบว่าไส้กรอกเวียนนาทุกสูตรมีการฟอร์มตัวดี

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาด้วยการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface methodology; RSM) ออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central composite design (CCD) โดยมี 2 ตัวแปรคือ ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบ (X_1: 30-50%) และปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ (X_2: 35-75%) พบว่าปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะทางกายภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเมื่อกำหนดให้ค่าความแข็งของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาเป็นปัจจัยตอบสนองที่มีอิทธิพลมากที่สุด สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาคือ การใช้ไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 และปริมาณการทดแทนเกลือร้อยละ 65.21 ผลของสมการทำนายพบว่า ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่สภาวะนี้มีค่าความแข็ง 4842.10 กรัม×แรง และเมื่อทำการทดสอบสมการ พบว่าค่าความแข็งของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาเท่ากับ 4664.07 กรัม×แรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (R^2) เท่ากับ 0.9421 จากนั้นนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาได้รับคะแนนความชอบด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามคะแนนด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงได้รับคะแนนความชอบน้อยกว่าสูตรควบคุม ดังนั้นจึงนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาไปทำการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 พบว่าสามารถปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ดีขึ้น

ภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM) แสดงให้เห็นว่าไส้กรอกที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ช่วยปรับปรุงโครงสร้างตาข่ายของอิมัลชันเจล เมื่อนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนามาทำการปรับปรุงกลิ่นรส โดยการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นร้อยละ 20 ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ชิมให้คะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบมาก ดังนั้น จึงนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ปรับปรุงกลิ่นรส โดยการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นร้อยละ 20 ไปทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยบรรจุลงในถุงพอลิเอทิลีน (Polyethylene; PE) ปิดสนิท เก็บในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 20 วัน มีคุณภาพด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าผลของการเติมไข่ขาวเค็มดิบที่ระดับร้อยละ 50 มีผลทำให้ค่าปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 6 และไขมันลดลงร้อยละ 5 ดังนั้นไข่ขาวเค็มดิบสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าโดยการใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทอิมัลชันได้

คำสำคัญ: ไข่ขาวเค็มดิบ, ไส้กรอกเวียนนา, ไข่เป็ด, ผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทอิมัลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Application of Raw Salted Egg White in Vienna Sausage Production
Student	Miss Chonnikarn Sukodsamit
Student ID.	58608011
Program	Food Science
Degree	Master of Science
Year	2018
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Yuporn Puechkamut

Abstract

Salted egg yolk can be used as an ingredient of many kinds of food products. However, there were a lot of leftover raw salted egg white which producers sold them on the cheap price. The egg white is a highly nutritious food source. The chemical composition of salted egg white was determined. The moisture, protein, fat, carbohydrate, ash and salt (chloride ion) content were 84.00, 11.65, 0.22, 1.56, 2.57 and 4.96% respectively. It has the potential to be used in products such as sausage emulsion, which requires salt to extract proteins. This research focused on use of raw salted egg white, the by-product of the processing industry by adding the salted egg white in Vienna pork sausage recipe for 30, 40 and 50 calculated by the weight of pork in recipe. The amount of water in all recipes were adjusted to be equal. Moreover, some salt in the recipe was replaced by the salt in the raw salted egg white. The result found that all resulted Vienna sausages had good forms.

The optimum conditions for the preparation of “the egg white Vienna sausage” were determined using response surface methodology (RSM). Response surface methodology was used for study on optimization condition of process the egg white Vienna sausage by central composite design (CCD) of two factors. The two independent variables investigated in this experiment were level of salted egg white (X_1: 30-50%) and level of salt replacement (X_2: 35-75%). The optimal production condition using for hardness were: salted egg white level was 50% and 65.21% for salt replacement level. The predicted responses for these production conditions were 4842.10 (g× force). The egg white Vienna sausage from optimal condition was further studied for sensory evaluation. The result shows that the egg white Vienna sausage had liking score of color, test and overall were not significant different. On the other hand liking score of flavor and texture were significantly decreased than those of the control. The modified starch was

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

added to the egg white Vienna sausage to try to improve the texture of the sausages. The result showed that the texture of the sausage was harder when the amount of modified starch increased. The scanning electron micrograph revealed that adding modified starch improved the emulsion gel network. The flavor of the egg white Vienna sausage were further improved by adding more seasoning. The sensory result showed the egg white Vienna sausage that added more seasoning 20% had been well accepted by the panelist. The shelf life of the control and the egg white Vienna sausage were studied. The sample packed in polyethylene bag at vacuum condition and stored at 4 °C. The result of microbiological quality of the salted egg white Vienna sausage stored for at least a period of 20 day fited the microbiological standard. The chemical composition of the sausages was determined. The result showed that the protein content of the sausages was increased 6% and decreased fat content 5% when added 50% of salted egg white. The salted egg white could be used as a valuable ingredient in emulsion meat product.

Keyword: Salted egg white, Pork Vienna sausage, Duck egg, Emulsion meat product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ เรื่องการประยุกต์ใช้ไข่ขาวเค็มดิบในการผลิตไส้กรอกเวียนนาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาโท ของสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร เป็นอย่างสูงที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ แนวคิดและข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย ช่วยชี้แนะแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ตลอดจนดูแลเอาใส่การทำวิทยานิพนธ์อย่างใกล้ชิด รวมถึงตรวจสอบแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.โสรยา เกิดพิบูลย์ ผศ. ดร.สิทธิพงศ์ นลินานนท์ อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ รศ. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจทานแก้ไข ชี้แนะต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดการปฏิบัติงานครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ทั้งกำลังกาย และกำลังใจตลอดการปฏิบัติงานวิทยานิพนธ์เสมอมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจอ่านทั่วไป หากมีข้อความหรือเนื้อหาใดผิดพลาดไป ผู้จัดทำยินดีรับการติชมจากผู้อ่านด้วยใจจริง

ชนนิกานต์ สุโฆษสมิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ....iii
กิตติกรรมประกาศ....v
สารบัญ....vi
สารบัญตาราง....viii
สารบัญภาพ....vi
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย....2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย....2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ไส้กรอกเวียนนา....3
2.2 ไข่เค็ม....13
2.3 ไข่ขาว....17
2.4 สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์....22
2.5 วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว....26
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....30
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง
3.1 วัสดุและอุปกรณ์....32
3.2 วิธีการดำเนินงาน....35
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง
4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบ....41
4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณเกลือที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....42
4.3 ผลการศึกษาการยอมรับของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาด้วยวิธีการทดสอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการศึกษาสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา..............................54
4.5 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา..63
4.6 ผลการศึกษาการปรับปรุงกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา..65
4.7 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา...66
4.8 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา...69
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง...70
บรรณานุกรม..71
ภาคผนวก..79
ก. การวิเคราะห์ทางกายภาพ...80
ข. การวิเคราะห์ทางเคมี..84
ค. การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา..93
ง. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส...99
จ. การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)..100
ฉ. การผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา...104
ประวัติผู้วิจัย..114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ข้อมูลโภชนาการสำหรับไส้กรอกเวียนนาหมูในปริมาณ 100 กรัม....4
2.2 คุณค่าทางอาหารของไข่เป็ดเค็ม (ต่อ 100 กรัม)....14
2.3 กรดอะมิโนที่พบในไข่ขาว (กรัมต่อร้อยกรัมน้ำหนักสด)....19
2.4 แร่ธาตุและวิตามินที่พบในไข่ขาว (มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมน้ำหนักสด)....20
2.5 มาตรฐานของค่า Desirability ที่สัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจและคุณภาพของผลิตภัณฑ์....29
3.1 ส่วนผสมสูตรควบคุม....36
3.2 ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือ....38
3.3 สภาวะที่ใช้ในการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)....38
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบ....41
4.2 การออกแบบการทดลองแบบ Central composite design และค่าตอบสนองของปัจจัย....43
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตอบสนองของปัจจัย....50
4.4 สมการที่ทำนายจากการใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนองของแต่ละปัจจัย....51
4.5 ข้อมูลโดยใช้ Response surface method (RSM) ที่ได้จากการทำนาย....51
4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....54
4.7 ผลของการเติมคาร์ราจีแนนในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของแบตเตอร์
และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....55
4.8 ผลของการเติมแซนแทนกัมในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของแบตเตอร์และ
ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....57
4.9 ผลของการเติมแป้งดัดแปรในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของแบตเตอร์และ
ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....59
4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่เติมและเติมแป้งดัดแปร....62
4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ทำการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้น
ในปริมาณที่แตกต่างกัน....65
4.12 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในระหว่างการเก็บ
รักษาในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ....66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ....67

4.14 การเปลี่ยนแปลงของเชื้อซาโมเนลลาของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ....68

4.15 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....69

ฉ-1 สูตรการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในปริมาณต่างๆ เมื่อใช้ปริมาณการทดแทนด้วยเกลือจากไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 75....104

ฉ-2 สูตรการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผู้ทดสอบยอมรับ....105

ฉ-3 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาและไส้กรอกทางการค้า..106

ฉ-4 ต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 องค์ประกอบของไข่....18
2.2 โครงสร้างของ Carrageenan (a) κ-carrageenan (b) i-carrageenan (c) λ-carrageenan....24
4.1 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่าความสว่างของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....45
4.2 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่าสีแดงของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....45
4.3 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่าสีเหลืองของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....46
4.4 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า Hardness ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....46
4.5 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า Springiness ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....47
4.6 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า Cohesiveness ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....47
4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า Gumminess ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....48
4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า Chewiness ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.9 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผลิตจากการเติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 และปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 65.21....52
4.10 ไส้กรอกหมูเวียนนา (A) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B)....53
4.11 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมคาร์ราจีแนน (Carrageenan) ที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ....61
4.12 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแซนแทนกัม (Xanthan gum) ที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ....61
4.13 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปร (Modified starch) ที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ....61
4.14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 2000X ของไส้กรอกหมูเวียนนา (A) ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 (C)....64
จ-1 ตัวอย่างสำหรับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)....101
จ-2 กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscopy : SEM)....101
จ-3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100X ของไส้กรอกหมูเวียนนา (A) ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 (C)....102
จ-4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1000X ของไส้กรอกหมูเวียนนา (A) ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 (C)....103
ฉ-1 การบดละเอียดสะโพกหมู (ซ้าย) และมันหมู (ขวา) ผ่านรูตะแกรง....108
ฉ-2 ไข่ขาวเค็มดิบ....108
ฉ-3 ไข่ขาวเค็มดิบแช่แข็ง....109
ฉ-4 เครื่องสับผสม....109
ฉ-5 ลักษณะส่วนผสมก่อนสับผสมให้ละเอียด....110
ฉ-6 การเติมมันหมูบดแช่แข็งลงในโถสับผสม....110
ฉ-7 การเติมเครื่องปรุงรส และเครื่องเทศรวมลงในโถสับผสม....111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ฉ-8 ลักษณะแบตเตอร์ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....111
ฉ-9 ลักษณะแบตเตอร์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน....112
ฉ-10 การอัดส่วนผสมแบตเตอร์ใส่ไส้คอลลาเจน....112
ฉ-11 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่แขวนบนราวและนำเข้าตู้อบ....113
ฉ-12 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา....113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ไข่เค็ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เนื่องจากสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารทั้งคาวและหวาน โดยไข่เค็มเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการถนอมอาหาร นิยมผลิตจากไข่เป็ด เพื่อสามารถยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น โดยยังคงลักษณะภายนอกของฟองไข่ในสภาพเดิม ไข่เป็ดเค็ม 1 ฟอง ให้พลังงาน 198 แคลอรี โปรตีน 14.6 กรัม (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2556) นอกจากจะมีการนำมาบริโภคกันภายในครัวเรือนแล้ว ในอุตสาหกรรมอาหารยังนิยมใช้เฉพาะไข่แดงเค็มเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น การนำมาใช้เป็นไส้ในผลิตภัณฑ์ขนมไหว้พระจันทร์ ขนมเปี๊ยะ ซาลาเปา บะจ่าง โมจิ เต้าซ้อ เป็นต้น จึงมีปริมาณไข่ขาวเค็มดิบเหลือใช้เป็นจำนวนมาก ผู้ผลิตรายย่อยจึงทิ้งไข่ขาวเค็มดิบหรือขายไปในราคาถูก ขณะที่ไข่ขาวเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ มีไขมันและคอเลสเตอรอลต่ำ เหมาะกับผู้บริโภคที่ต้องการคุมระดับคอเรสเตอรอล ไข่ขาวของไข่เป็ดโดยน้ำหนัก 100 กรัม ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำร้อยละ 85 มีโปรตีนร้อยละ 12 คาร์โบไฮเดรตไม่ถึงร้อยละ 2 โดยโปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับร่างกายครบทุกชนิดในปริมาณร้อยละ 10-12 และมีไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.2 (Zhou และคณะ, 2015)

ไส้กรอก เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชันที่ได้จากเนื้อสัตว์ มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ชุ่มฉ่ำ มีกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัว ไส้กรอกจัดเป็นหนึ่งในอาหารแปรรูปพร้อมรับประทาน พบเห็นได้มากตามร้านสะดวกซื้อ ได้รับความนิยมทั้งในกลุ่มคนวัยเรียน วัยทำงาน จากผลประกอบการของบริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) กลุ่มบริษัทชั้นนำในธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารของประเทศไทย ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวม 5 หมื่นตันต่อปี ภาพรวมกลุ่มธุรกิจไส้กรอกในปีที่ผ่านมามีการเติบโตร้อยละ 8 หรือมียอดขายประมาณ 4 หมื่นตัน ในปีที่ผ่านมามีรายได้รวม 2 หมื่นล้านบาท กว่าร้อยละ 50 มาจากธุรกิจไส้กรอก ซึ่งมียอดขายกว่า 1 หมื่นล้านบาท (ฐานเศรษฐกิจ, 2559) นอกจากนี้ไส้กรอกจัดเป็นอาหารที่มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างครบถ้วน แต่มีปริมาณไขมันสูงร้อยละ 21.8 (กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2558) เนื่องจากการเติมไขมันเพื่อเพิ่มความอร่อย และให้เนื้อสัมผัสที่ชุ่มฉ่ำ (รุจริน และจุฑารัตน์, 2556)

จากสมบัติเด่นของไข่ขาวเค็มดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีน มีไขมันต่ำ มีน้ำ และเกลือเป็นองค์ประกอบ จึงมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์จำพวกอิมัลชัน เช่น ไส้กรอก ซึ่งต้องอาศัยเกลือในการสกัดโปรตีน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำไข่ขาวเค็มดิบ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไข่แดงเค็มดิบมาแปรรูป โดยการเติมไข่ขาวเค็มดิบในสูตรไส้กรอกเวียนนา ศึกษาหาปริมาณไข่ขาวเค็มดิบ รวมทั้งปริมาณเกลือที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้ทดสอบ นอกจากนี้ยังศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกเวียนนาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการเติมไข่ขาวเค็มดิบ งานวิจัยนี้นับเป็นการสร้างประโยชน์ เพิ่มมูลค่าให้กับไข่ขาวเค็มดิบโดยการนำมาประยุกต์ผลิตเป็นอาหารพร้อมรับประทาน ที่ยังอุดมไปด้วยสารอาหารที่ร่างกายต้องการ เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการควบคุมปริมาณไขมัน อีกทั้งการนำไข่ขาวเค็มดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมาใช้ ยังสามารถใช้ทดแทนเกลือในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกและลดต้นทุนในการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาปริมาณไข่ขาวเค็มดิบที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

1.2.2 ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

1.2.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

1.2.4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีความสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา โดยการเติมไข่ขาวเค็มดิบในสูตรไส้กรอกหมูเวียนนา ปริมาณน้ำและเครื่องปรุงในสูตรทั้งหมดมีการปรับให้เท่ากัน นอกจากนี้เกลือในสูตรบางส่วนถูกแทนที่ด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ ทำการศึกษาผลของปริมาณการใช้ไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณเกลือที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา ออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response surface method; RSM) เพื่อเลือกปริมาณของไข่ขาวเค็มดิบ และเกลือที่เหมาะสม ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัส ศึกษาการปรับปรุงกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต รวมถึงการทดสอบทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไส้กรอกเวียนนา (Vienna Sausage)

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา (Vienna sausage) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา มาตรฐานเลขที่ มอก. 2300-2549 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์และไขมัน เครื่องเทศเครื่องปรุงรส และวัตถุเจือปนอาหารอื่น โดยการนำมาบดผสมกันอย่างละเอียดจนอยู่ในรูปอิมัลชันแล้วบรรจุในไส้เซลลูโลส ขนาดเบอร์ 15 ถึง 20 มัดเป็นปล้องๆ ยาวประมาณ 8 ถึง 11 เซนติเมตร อาจรมควันหรือโดยวิธีอื่นที่เทียบเท่า แล้วทำให้สุกโดยมีอุณหภูมิภายในไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) การผลิตไส้กรอกเป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการถนอมอาหารหลายอย่างรวมกัน เช่น การใช้สารเคมี การใช้ความร้อน การอบแห้ง การแช่แข็ง และการแช่เย็น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกในปัจจุบันนั้นมีให้เลือกบริโภคอย่างหลากหลาย ซึ่งจะแตกต่างกันตามลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ชนิดของเครื่องเทศและเครื่องปรุงรส ชนิดของเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อวัว เนื้อปลา เป็นต้น อัตราส่วนระหว่างเนื้อสัตว์และไขมันของเนื้อสัตว์ ความละเอียดของการบดเนื้อสัตว์และเครื่องเทศ วิธีการผสม ขั้นตอนการผลิต วิธีการอัดไส้ ขนาดหรือความยาวของไส้ที่นำมาใช้ และชนิดของไส้

วัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตไส้กรอก ได้แก่ เนื้อสัตว์ เกลือ ไขมัน เกลือไนเตรต เครื่องเทศและเครื่องปรุงรส โดยเนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกจะต้องมีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำได้สูง โดยมีแอคตินและไมโอซิน ทำหน้าที่ให้น้ำและไขมันในเนื้อสัตว์สามารถรวมตัวกันได้ เกลือนอกจากจะทำหน้าที่ให้รสชาติแล้วยังทำหน้าที่สกัดโปรตีนจำพวกแอคตินและไมโอซินออกจากกล้ามเนื้อของสัตว์ ทำให้ไส้กรอกที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ชุ่มฉ่ำ ให้กลิ่นและรสชาติที่คงตัว เกลือไนเตรต (KNO_3, $NaNO_3$) ทำให้ไส้กรอกเกิดสีและกลิ่นที่คงตัว และป้องกันไม่ให้ไส้กรอกเกิดการเน่าเสียจากแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ โดยในประเทศไทยได้กำหนดปริมาณสูงสุดในการใช้สารประกอบไนเตรตที่สามารถใช้ได้ที่ 500 มิลลิกรัมต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก 1 กิโลกรัม เพราะถ้าหากบริโภคไนเตรตมากเกินไปจะทำให้เป็นพิษต่อร่างกาย เนื่องจากไนเตรตเมื่อเข้าสู่กระแสเลือดจะไปทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์กับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือด ทำให้เม็ดเลือดแดงนั้นหมดสภาพ ไม่สามารถทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนได้ นอกจากนั้นแล้วไนเตรตยังทำให้เกิดสารประกอบไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งอีกด้วย (เยาวลักษณ์, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ข้อมูลโภชนาการ

ข้อมูลโภชนาการของไส้กรอกเวียนนาหมูปริมาณ 100 กรัม สามารถดูรายละเอียดข้อมูลได้ดังตาราง ที่ 2.1 จะพบว่าโดยเฉลี่ยไส้กรอกปริมาณ 100 กรัม จะมีโปรตีน 14.5 กรัม

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลโภชนาการสำหรับไส้กรอกเวียนนาหมูในปริมาณ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ (กรัม)
พลังงานทั้งหมด (kcal)	263
ไขมันทั้งหมด	21.8
โปรตีน	14.5
คาร์โบไฮเดรต	2.1
น้ำ	59.7
กากใย	-
แคลเซียม (mg)	4

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย (2558)

2.1.2 ส่วนผสมที่สำคัญของไส้กรอก

การเลือกส่วนประกอบต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสม เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและด้านต้นทุนการผลิตไส้กรอก จึงควรพิจารณาถึงผลของส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1) เนื้อสัตว์ (Meat) หมายถึง เนื้อจากกล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) ของโค กระบือ สุกร หรือไก่ ที่ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ สิ่งแปลกปลอม และเหมาะสำหรับเป็นอาหารบริโภคได้ โดยในงานวิจัยนี้จะใช้เนื้อหมูเป็นส่วนของเนื้อสัตว์ทั้งหมด เนื้อหมู (Pork) หมายถึง เนื้อเยื่อจากซากสุกรซึ่งสามารถใช้บริโภคเป็นอาหารได้ โดยมีกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscle) จากสุกรเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ในปริมาณสูงสุด อาจผ่านกระบวนการแช่เย็น แต่ยังไม่ได้ถูกกระทำใดๆ อย่างอื่นเพื่อวัตถุประสงค์ในการถนอมอาหาร ในการทำไส้กรอกจะใช้เนื้อแดงบริเวณสะโพก เพราะเป็นบริเวณที่มีมัดกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ มีปริมาณไขมัน เส้นเอ็น และพังพืดแทรกอยู่น้อยมาก ควรเลือกเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดี สด ปราศจากโรค ไม่มีกระดูกอ่อนปน ไม่มีจุดคั่งของเลือด เพราะจะส่งผลให้คุณภาพของไส้กรอกนั้นดีด้วย ซึ่งเนื้อจะเป็นแหล่งของโปรตีน โดยโปรตีนในเนื้อมีหน้าที่และการละลายได้ 3 ชนิด คือ

1. ชาร์โคพลาสมิคโปรตีน (Shacoplasmic protein) สามารถสกัดออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อโดยสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำ ทำหน้าที่เป็นตัวประสานกับไขมันได้ดี แต่อิมัลชันที่ได้ไม่คงตัว

2. ไมโอไฟบริลลาโปรตีน (Myofibrillar protein) เป็นโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือเข้มข้น ดังนั้นในขณะสับผสมควรเติมเกลือก่อนเพื่อจะได้สกัดแอคติน ไมโอซิน ออกจากเส้นใย เพื่อทำหน้าที่ห่อหุ้มหรือประสานรอบๆ หยดไขมัน เพื่อให้เกิดสภาพอิมัลชันที่คงตัว อยู่ได้นานจนกว่าจะได้รับความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทำให้เนื้อไส้กรอกคงตัว ซึ่งโปรตีนที่ละลายได้ในสารละลายเกลือเป็นอิมัลชันที่ดีกว่าโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ

3. สโตรมาโปรตีน (Stroma protein) คือโปรตีนที่ได้จากเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ประกอบด้วยคอลลาเจน (Collagen) เป็นส่วนใหญ่ และอิลาสติน (Elastin) ไม่ละลายในกรด-ด่าง และเกลือ จะหดตัวมากเมื่อได้รับความร้อน และเปลี่ยนสภาพเป็นวุ้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไขมันมารวมกันมาก ซึ่งจะเห็นได้จากรอยแหว่งหรือรูภายในไส้กรอก

หน้าที่ของเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก คือ เนื้อสัตว์นั้นจะช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัส ให้คุณค่าทางอาหาร เนื่องจากโปรตีนจะจับเป็นก้อน (Coagulate) เมื่อถูกความร้อนเป็นลักษณะกึ่งแข็ง (Semi-solid) โปรตีนจะทำหน้าที่ห่อหุ้มไขมัน และตรึงน้ำในส่วนผสมไม่ให้แยกออกจากกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน ซึ่งเป็นลักษณะเนื้อสัมผัสที่สำคัญของไส้กรอก

เนื้อสัตว์จะมีโปรตีนประมาณร้อยละ 18-20 และจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างครบถ้วน เพราะในเนื้อสัตว์สัตว์มีโปรตีนแอคติน (Actin) และไมโอซิน (Myosin) ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ทำให้ไขมันรวมตัวกันได้ นอกจากนี้โปรตีนของเนื้อสัตว์มีไมโอโกลบิน (Myoglobin) ซึ่งเป็นสารให้สีแดงในเนื้อสัตว์และเป็นตัวให้สีที่สำคัญของไส้กรอก

2) ไขมัน (Fat) ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกเวียนนาสามารถใช้ไขมันพืชและสัตว์ การใช้ไขมันจะช่วยทำให้ไส้กรอกมีลักษณะของคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีความน่ารับประทาน มีเนื้อนุ่ม เกิดการหล่อลื่นและช่วยให้ความรู้สึกชุ่มฉ่ำ เมื่อถูกสับผสมจนละเอียดเป็นอิมัลชัน จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสว่างขึ้นหน้าที่ของไขมันคือ เป็นสารตัวนำในการพัฒนากลิ่นรสของสารพวกชอบไขมัน (Lipophilic) ไขมันมีบทบาทเป็นแหล่งวิตามินที่ละลายในไขมัน กรดไขมันที่จำเป็น และเป็นแหล่งพลังงานโดยไขมันมีพลังงาน 9 แคลอรีต่อกรัม (Lucca และคณะ, 1994 ; Akon, 1998)

3) เครื่องปรุงรส ได้แก่

ก) เกลือ (Sodium chloride; NaCl) ในเกลือจะมีโซเดียมเป็นส่วนประกอบร้อยละ 40 (สำนักโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข, 2554) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเวียนนา เกลือโซเดียมมีหน้าที่เป็นตัวเสริมกลิ่นรส และรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้มีรสชาติดีขึ้น การใช้เกลือร่วมกับฟอสเฟตสามารถละลายโปรตีนในโครงสร้างของเนื้อสัตว์ และมีส่วนช่วยในการยึดเกาะโมเลกุลขนาดใหญ่ของน้ำในส่วนผสม ซึ่งโปรตีนที่ละลายได้ยังมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไขมันในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ โดยเกลือที่เติมลงไปจะละลายโปรตีนระหว่างแอคตินและไมโอซินออกจากกล้ามเนื้อ ซึ่งความสามารถในการละลายโปรตีนของเกลือดีที่สุดเมื่อใช้เกลือปริมาณร้อยละ 4.5 และอุณหภูมิในช่วงสกัดไม่ควรเกิน 4 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ที่อุณหภูมิต่ำไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส พบว่าโปรตีนรวมตัวกับน้ำได้ดี (Hoogenkamp, 1979) เกลือมีผลต่อการลดน้ำในผลิตภัณฑ์ และทำให้แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ทำให้ค่า Water activity (Aw) ลดลง (กมลวรรณ, 2550) จึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันการเน่าเสีย อีกทั้งการเติมเกลือลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมบวกมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมลบ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดแกรมลบบางชนิดเป็นโทษต่อผู้บริโภคหรือส่งผลให้อาหารเน่าเสีย เช่น *Salmonella spp.* และ *Escherichia coli* โดย Kramlich และคณะ (1973) กล่าวว่าเกลือเป็นสารพื้นฐานในส่วนผสมที่ใช้หมักเนื้อ เกลือจะไปทำให้เกิดการดึงน้ำออก ทำให้ความดันออสโมติกเปลี่ยน ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และจำกัดจำนวนแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียด้วย

ข) ผงเพรก คือ ส่วนผสมระหว่างเกลือไนไตรท์และไนเตรท (Nitrite and Nitrate) โซเดียมไนไตรท์สูตรโครงสร้างทางเคมี คือ $NaNO_3$ ไนไตรท์ จะถูกรีดิวส์มาจากเกลือไนเตรต (Nitrate, NO_3) จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารในกลุ่มสารกันเสีย การใช้โซเดียมไนไตรท์เพื่อเป็นสารป้องกันการหืน และยังยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีสีชมพูอมแดง สีเกิดจากการรวมตัวของไนไตรท์กับเม็ดสีในเลือด คือ ไมโอโกลบิน เป็นไนโตรโซฮีโมโครม (Nitrosohemochrome) ซึ่งเมื่อถูกความร้อนจะเปลี่ยนเป็น Globin introso hemochrome ซึ่งเป็นสีชมพูสวย น่ารับประทาน และสีดังกล่าวมีความคงตัว การใช้ไนเตรตและไนไตรท์จะต้องคำนึงถึงปริมาณของอนุมูล ไนไตรท์ที่จะตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจากไนไตรท์จะสามารถรวมตัวกับสารประกอบเอมีน (Amine) เกิดเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองหลายชนิด (เรณู และคณะ, 2543) โดยทั่วไปแล้วปริมาณสารไนไตรท์ที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอยู่ที่ระดับ 100-300 ส่วนในล้านส่วน (Hautzinger, 1999) แต่ปริมาณสารไนไตรท์ที่ใส่ลงในอาหารซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าปลอดภัยไม่ควรเกิน 120 ส่วนในล้านส่วน และให้ใช้สารประกอบไนเตรทได้ไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน (เรณู และคณะ, 2543)

ฃ) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate; STPP) เป็นสารในกลุ่มฟอสเฟตที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ การใช้สารประกอบฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อไม่ได้มีวัตถุประสงค์ที่จะใช้เป็นวัตถุกันเสีย สารประกอบฟอสเฟตมีคุณสมบัติในการเป็นวัตถุกันเสีย แต่ประสิทธิภาพจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารประกอบฟอสเฟตที่ใช้และสารเคมีอื่นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ สารประกอบฟอสเฟตจะช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากอนุมูลโลหะ ทำให้สี รส และกลิ่นไม่คงตัว เนื่องจากสารประกอบฟอสเฟต สามารถทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลโลหะในเนื้อสัตว์ ซึ่งไปมีผลทำให้สี รส และกลิ่นของผลิตภัณฑ์คงตัว หน้าที่สำคัญของสารประกอบฟอสเฟต คือ เพิ่มความแข็งแรงของ Meat emulsion power นอกจากนี้ยังลดปฏิกิริยาการหดตัวของเนื้อสัตว์หลังต้ม ช่วยป้องกันไม่ให้สูญเสียส่วนของของเหลวในเนื้อมากเกินไปในช่วงการทำให้สุก ผลิตภัณฑ์มีความชื้นและไขมันคงตัวดีขณะต้มหรือรมควัน STPP เป็น Alkaline phosphate salt เมื่อเติมลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยจะทำปฏิกิริยากับแอคโตไมโอซิน ทำให้แตกตัวเป็นแอคตินและไมโอซิน ช่วยในการอุ้มน้ำของเนื้อได้ อีกทั้งจะช่วยลดปฏิกิริยาการเหม็นหืน (เยาวลักษณ์, 2536) ตามพระราชบัญญัติอาหาร กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้ใช้สารฟอสเฟตได้ไม่เกินร้อยละ 0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกลไกของสารประกอบฟอสเฟตในการเป็นวัตถุกันเสียนั้น เนื่องมาจากสารประกอบฟอสเฟตมีคุณสมบัติในการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอนุมูลโลหะต่างๆ ได้ ซึ่งจะไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้การผ่านเข้าออกของสารต่างๆ จากภายนอกเข้าไปสู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ เสียไป ซึ่งทำให้กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์สูญเสียไป สารประกอบฟอสเฟตชนิดที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อ ได้แก่

- โมโนโซเดียมฟอสเฟต	- โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต
- ไดโซเดียมฟอสเฟต	- ไดโปแตสเซียมฟอสเฟต
- โซเดียมแอซดไพโรฟอสเฟต	- โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต
- โปแตสเซียมไตรโพลีฟอสเฟต	- เทตราโซเดียมไพโรฟอสเฟต
- โซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต	- ส่วนผสมสารประกอบฟอสเฟตชนิดต่างๆ

ค) อิริโทรเบธ (Sodium erythorbate) มีสูตรโมเลกุลคือ $C_6H_7NaO_6$ โดยจะเป็นรูปเกลือโซเดียมของกรดอีรีโทรบิก (Erythorbic acid) เพื่อเร่งการรีดิวส์ เปลี่ยนไนเตรทและไนไตรท์ให้เป็นไนตริกออกไซด์ หน้าที่สำคัญคือ เร่งการเกิดสีชมพูในการหมักเนื้อสัตว์ ป้องกันการเกิดสารไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง เป็น Antioxidant ลดและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทั้งที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction) และที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non emzymatic browning reaction) ซึ่งช่วยรักษาสี และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ให้คงตัวไม่ซีดจาง ถ้าใช้อิริโทรเบธเพียงอย่างเดียวประสิทธิภาพในการทำงานจะไม่เต็มที่ จึงต้องใช้ร่วมกับผงเพรก

ฅ) น้ำตาล (Sugar) ทำหน้าที่ให้รสชาติ ความหวานของน้ำตาลทำให้ความเค็มของอาหารลดลง ผลิตภัณฑ์มีรสชาติกลมกล่อมขึ้น ช่วยทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลทอง เนื่องจากการเกิดคาราเมลเมื่อน้ำตาลโดนความร้อน ช่วยเร่งการสลายตัวของเกลือไนเตรทให้เป็นไนตริกออกไซด์ ช่วยลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity) ในผลิตภัณฑ์ และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

ฆ) ผงชูรส (Monosodiumglutamate) เป็นสารที่ช่วยดับกลิ่นคาวของอาหารและช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารให้กลมกล่อมขึ้น

ง) เครื่องเทศ (Spices) ถือเป็นวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส นอกจากจะช่วยปรุงแต่งกลิ่นรสให้น่าบริโภคแล้ว ยังทำหน้าที่ให้กลิ่นรสเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการจำแนกชนิดของผลิตภัณฑ์ด้วย เช่น เป็นกลิ่นเฉพาะของไส้กรอก แฮม หรืออื่นๆ วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้มากในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ คือ เครื่องเทศชนิดต่างๆ ส่วนที่นำมาใช้อาจเป็นส่วนของ ต้น ใบ ผล เมล็ด หรือรากของเครื่องเทศนั้นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าส่วนใดจะให้กลิ่นรสมากกว่ากัน เครื่องเทศที่จะนำมาใช้อาจนำมาใช้ในรูปของเครื่องเทศอบแห้งชนิดเป็นชิ้นหรือผง หรืออาจเตรียมในรูปของน้ำมันหอมระเหย หรือสารสกัดก็ได้ ฉะนั้นจะมีเครื่องเทศผสมอยู่ทั้งชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ พริกไทยป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องเทศบางชนิดยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เครื่องเทศปริมาณปกติในการปรุงอาหาร จะไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทธิ์ป้องกันจุลินทรีย์อย่างเห็นได้ชัด แต่อาจช่วยเสริมฤทธิ์สารอื่น ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารได้ ฤทธิ์ดังกล่าวอาจมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ความสด และลักษณะทางกายภาพของเครื่องเทศ

จ) น้ำ (Water) นิยมเติมน้ำในรูปของน้ำแข็ง เพื่อควบคุมอุณหภูมิระหว่างการสับผสม น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสไส้กรอกนุ่มและชุ่มฉ่ำ ทำให้อิมัลชันคงตัวดี ช่วยให้การบรรจุง่าย ช่วยทดแทนการสูญเสียระหว่างการผลิตและการให้ความร้อน อีกทั้งยังทำให้เกลือและส่วนผสมอื่นๆ ละลายและกระจายตัวได้ดี

2.1.3 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก

ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอก กระบวนการในการผลิตจะเป็นขั้นตอนที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความสำคัญไม่ด้อยไปกว่ากัน ดังนั้นในการผลิตต้องมีการควบคุมแต่ละขั้นตอนการผลิตให้ดำเนินไปอย่างถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี นอกจากขั้นตอนการผลิตแล้ว เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตก็เป็นปัจจัยที่มีส่วนสำคัญที่ต้องดูแลใส่ใจเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ เป็นที่น่าพึงพอใจ ซึ่งจะกล่าวถึงเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตตามลำดับต่อไป ดังนี้

ก) เครื่องบด (Grinder) เป็นเครื่องย่อยขนาดวัตถุดิบเนื้อจากชิ้นใหญ่ให้เป็นชิ้นขนาดเล็กลงและมีขนาดเท่าๆ กัน ส่วนประกอบที่สำคัญคือ ใบมีด (Blade) สารป้อนเนื้อ (Screw feed) และรังผึ้ง (Hole plate) ในขั้นตอนการทำงาน เนื้อที่ต้องการบดเมื่อใส่เข้าไปในเครื่องบดเนื้อแล้ว จะถูกสกรูหมุนอัดชิ้นเนื้อเข้าไปยังรังผึ้ง ซึ่งก่อนถึงรังผึ้ง จะมีชุดใบมีดที่หมุนตัดชิ้นเนื้อเพื่อช่วยให้ชิ้นเนื้อผ่านเข้าไปในรูของรังผึ้งได้ ขนาดของรูบนรังผึ้งจะเป็นตัวกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นเนื้อที่บดออกมา ขณะที่จำนวนใบมีดและความหนาของรังผึ้งจะเป็นตัวกำหนดความยาวของชิ้นเนื้อที่บดออกมา ซึ่งเนื้อที่บดออกมาแล้วนี้จะกระจายตัวของส่วนที่เป็นเนื้อล้วน และส่วนที่เป็นมันอย่างทั่วถึงมากกว่าเนื้อที่เป็นชิ้นใหญ่

ข) เครื่องผสม (Mixer) โดยทั่วไปจะประกอบด้วย ใบกวน (Mixing blade) สองชุด ขณะทำงานใบกวนจะหมุนเข้าหากัน เพื่อให้เนื้อและส่วนผสมที่ใส่ลงไปกระจายตัวได้ทั่วถึงเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งในการผสมนี้เป็นการช่วยสกัดโปรตีนจากเนื้อได้ด้วย เครื่องผสมนี้สามารถใช้ในการผลิตไส้กรอกประเภทเนื้อหยาบหรือถ้าจะทำไส้กรอกเนื้อละเอียดที่เรียกว่า อิมัลชัน (Emulsion) ก็สามารถทำได้ แต่ต้องใช้ประกอบกับเครื่องอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) หรือเครื่องสับผสม (Chopper) ในการใช้เครื่องผสมนั้นสิ่งที่ควรระวังคือ อย่าใส่วัตถุดิบมากเกินไป จะทำให้การผสมเป็นไปได้ไม่สม่ำเสมอ วัตถุดิบและส่วนประกอบต่างๆ จะถูกนำมาสับผสมภายในเครื่องจนเป็นมวลเหนียว เรียกว่า อิมัลชัน ซึ่งอิมัลชันที่ได้พร้อมที่จะนำไปบรรจุใส่ไส้ในขั้นตอนการผลิตต่อไป

ค) เครื่องอัด (Stuffer) อิมัลชันที่ผลิตจากเครื่องสับผสม จะถูกนำมาบรรจุใสไส้โดยใช้เครื่องอัด เครื่องอัดไส้จะมีลักษณะเป็นถังทรงกระบอก มีเพลทซึ่งเคลื่อนที่ขึ้น-ลง ด้วยแรงหมุน เมื่อใส่อิมัลชันเข้าไปในไส้ ท่อนี้เรียกว่าหัวฮอร์น หรือทิวป์ (Stuffer tube or Stuffer horn) ขนาดของหัวฮอร์นที่ใช้ขึ้นอยู่กับขนาดของไส้ที่จะนำมาบรรจุ เครื่องอัดชนิดนี้ใช้อัดได้ทั้งไส้กรอกชิ้นหยาบและไส้กรอกเนื้อละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) ตู้อบ (Smoke) ไส้กรอกที่ผ่านการผูกแล้ว จะถูกนำมาร้อยใส่ไม้แขวน และนำไปแขวนในราวของตู้อบ เว้นให้มีระยะห่างเท่าๆ กัน หลังจากนั้นจึงทำการอบในตู้อบจนสุก ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เช่น ขนาดของตู้อบ เวลาที่ใช้ในการอบ ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ ความร้อนที่ต้องการความชื้นสัมพัทธ์ การไหลเวียนของลม และลักษณะการหมุนเวียนของลม ไส้กรอกที่นำเข้าไปอบปกติอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15-20 องศาเซลเซียส ขณะที่อบอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นไปจนถึง 75-80 องศาเซลเซียส อัตราการสุกของไส้กรอกขึ้นอยู่กับความร้อนและความเร็วลมในตู้อบ ความเร็วลมยิ่งสูงไส้กรอกยิ่งสุกเร็ว

2.1.4 กระบวนการผลิตไส้กรอกเวียนนา (ดัดแปลงจากจุฑารัตน์, 2539; เยาวลักษณ์, 2536)

1) นำสะโพกหมูมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 2×2 นิ้ว นำไปบดละเอียดผ่านรูตะแกรง 1/8 นิ้ว บดมันหมูแข็ง 1 ครั้ง ด้วยเครื่องบดเนื้อ การบดสะโพกหมูและมันหมูแข็ง เพื่อเพิ่มผิวสัมผัสของสะโพกหมูให้ง่ายต่อการสกัดโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ นำสะโพกหมูและมันหมูบดแช่เยือกแข็งก่อนการสับผสม เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิระหว่างการสับผสม ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเกิดอิมัลชันที่ดี

2) การสับผสม สะโพกหมูบดแช่เยือกแข็ง ใส่ในเครื่องสับผสมที่ทำการหล่อเย็น เติมเครื่องปรุงรส ส่วนผสมอื่นๆ และน้ำแข็งบดละเอียด โดยต้องทำการควบคุมอุณหภูมิของสะโพกหมูบดไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมมันหมูบดแช่เยือกแข็ง และเครื่องเทศลงไป ทำการสับผสมจนส่วนผสมเหนียวเป็นอิมัลชัน จะได้ส่วนผสมที่จับกันเป็นก้อน (Batter) อิมัลชันในไส้กรอกเป็นประเภทไขมันในน้ำ (Oil in water emulsion) ส่วนน้ำเป็นตัวแทรก (External หรือ Continuous phase) ซึ่งปกติน้ำกับไขมันไม่รวมกัน จึงต้องมีตัวช่วยในการรวมตัว (Emulsifier) ได้แก่ โปรตีนไมโอซินที่ละลายได้ในเกลือ (Birch และคณะ, 1973) ทำหน้าที่ในการห่อเม็ดไขมันไว้ ทำให้เกิดส่วนผสมที่ลงตัว (Collidol suspension emulsion) (Hansen, 1960) สำหรับโปรตีนที่ทำหน้าที่นี้ได้จากการที่สะโพกหมูถูกตัดด้วยใบมีดในเครื่องสับผสม ทำให้มีขนาดเล็กลง โดยเกลือมีหน้าที่สกัดโปรตีน และเมื่อผสมไขมันหรืออิมัลชันที่เตรียมไว้ลงไปในเครื่องสับผสม โปรตีนที่ละลายออกมาจะเข้าหุ้มไขมันเอาไว้ การสับผสมเป็นเวลานานทำให้เกิดความร้อนจากการเสียดสีของเนื้อสัตว์และเครื่องมือ ทำให้เม็ดไขมันแยกตัวได้ จึงต้องเติมน้ำแข็งลงไปเพื่อรักษาอุณหภูมิของส่วนผสมให้เย็นตลอดเวลา

3) การบรรจุไส้ นำส่วนผสมที่เป็นอิมัลชันแล้ว มาทำการบรรจุลงในถังบรรจุไส้ นำไส้คอลลาเจนสวมเข้ากับปลายท่อหัวฮอร์น หรือทิวบ์ (Stuffer tube or Stuffer horn) เดินเครื่องแต่ต้องระวังไม่ให้เกิดโพรงอากาศระหว่างการบรรจุ จากนั้นนำมามัดเป็นท่อนๆ

4) การอบ แขวนไส้กรอกบนราวในตู้อบ ไม่ควรวางไส้กรอกซ้อนทับกัน เพราะจะทำให้สีผิวของไส้กรอกที่ได้มีสีไม่สม่ำเสมอ ควบคุมอุณหภูมิการอบให้อยู่ระหว่าง 55-80 องศาเซลเซียส อบประมาณ 60 นาที ผิวของไส้กรอกจะมีสีน้ำตาลเหลือง

5) การทำให้สุก ต้มไส้กรอกในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนที่เหลืออยู่ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไส้กรอกเน่าเสีย และทำให้ผิวของไส้กรอกตึงเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น่ารับประทาน จากนั้นนำมาทำให้เย็นในน้ำที่ผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 10 นาที เพื่อเป็นการลดความร้อนที่สะสมในชิ้นไส้กรอก และทำให้เนื้อภายในหดตัวอย่างรวดเร็ว ทำการสะเด็ดน้ำ ตัดไส้กรอกเป็นท่อนๆ บรรจุในภาชนะและเก็บรักษาในที่เย็นอุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส

2.1.5 การเกิดและเสถียรภาพของอิมัลชันในไส้กรอกเวียนนา

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและเสถียรภาพของอิมัลชันในไส้กรอกเวียนนา ได้แก่

1) ปริมาณของโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ

โปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ ได้แก่ Myofibrillar protein ซึ่งมีแอคตินและไมโอซินเป็นส่วนประกอบ โปรตีนดังกล่าวนี้ละลายได้เมื่อเติมเกลือ โดยเมื่อเติมเกลือแล้วทำการสับผสม แอคตินและไมโอซินจะละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และรวมตัวกันเป็นสารประกอบ Actomyosin ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดความเหนียวระหว่างสับผสม และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 75-100 องศาเซลเซียส จะเกิดโครงสร้างโมเลกุลแบบตาข่าย (Actomyosin network) จะมีคุณสมบัติในการกักเก็บโมเลกุลของน้ำไว้ภายในได้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวและยืดหยุ่น การมีปริมาณ Myofibillar protein ที่สกัดออกจากเนื้อเยื่อได้มาก มีความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีปริมาณมากจะมีประสิทธิภาพต่อการเกิดอิมัลชัน ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัด Myofibillar protein ได้แก่ ปริมาณของเกลือ (NaCl) ที่ใช้ มีรายงานว่าถ้าใช้เกลือร้อยละ 4 จะสกัดแอคตินและไมโอซินออกมาได้ปริมาณสูงสุด แต่รสชาติของผลิตภัณฑ์เค็มจัดเกินไป จึงนิยมใช้เกลือเพียงร้อยละ 2-3 โปรตีนที่สกัดได้นี้ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) นอกจากปริมาณเกลือแล้ว ปัจจัยอื่นที่มีผลได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิระหว่างการสกัด (Kramlich และคณะ, 1980)

2) อุณหภูมิระหว่างการเกิดอิมัลชัน

ในระหว่างการสับผสมและการเกิดอิมัลชัน ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จะช่วยให้การละลายของโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าสูงเกินไปจะทำให้เกิดการแตกตัวหรือเสียสภาพของอิมัลชันไป เนื่องจากโปรตีนเสียคุณสมบัติในการหุ้มเม็ดไขมัน ดังนั้นในช่วงแรกของการสับผสม จะต้องรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 3-11 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นเครื่องสับผสมที่มีความเร็วรอบช้า อุณหภูมิในระหว่างการสับผสมเนื้อจะจำกัดได้ไม่เกิน 4-7 องศาเซลเซียส ซึ่งกำหนดไว้ต่ำกว่าเครื่องสับผสมที่มีความเร็วรอบสูง (อุณหภูมิประมาณ 11 องศาเซลเซียส) เพื่อกันไม่ให้สับผสมนานเกินไป ในระหว่างการสับผสมอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 5-11 องศาเซลเซียส ในเวลา 10-15 นาที (Kramlich และคณะ, 1980) ช่วงหลังการสับผสม เมื่อเติมเครื่องปรุงและไขมันลงไปในส่วนผสม อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้น การอิมัลซิไฟด์ (Emulsify) ไขมันของโปรตีนเกิดได้ดีขึ้น ส่วนในช่วงสุดท้ายของการสับผสม อุณหภูมิไม่ควรสูงเกิน 10-16 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงกว่านี้โปรตีนบางส่วนอาจเกิดการแปรสภาพไป และความสามารถในการอิมัลซิไฟด์ไขมันน้อยลง และมีไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางส่วนหลอมละลายไป ทำให้แรงตึงผิวเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสเกิดการแยกชั้นจนเสียสภาวะการเกิดอิมัลชันไป (Forrest และคณะ, 1976)

3) เวลาในการสับผสม

ถ้าใช้เวลาในการสับผสมสั้นเกินไป เม็ดไขมันจะมีขนาดใหญ่สามารถรวมกันและแยกชั้นจากส่วนที่เป็นน้ำได้ง่าย ถ้าใช้เวลาในการสับผสมมากเกินไป เม็ดไขมันจะมีขนาดเล็ก ทำให้พื้นที่ผิวของเม็ดไขมันเพิ่มมากขึ้น จนปริมาณโปรตีนที่ใช้ในการหุ้มไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการรวมตัวของเม็ดไขมันและแยกชั้นได้เช่นกัน ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดไขมันลดลง 1 เท่า ทำให้พื้นผิวของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น 1 เท่าด้วย เช่น เม็ดไขมันที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ไมโครเมตร เมื่อถูกสับผสมจนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ไมโครเมตร ทำให้เกิดอนุภาคไขมัน 125 อนุภาค พื้นที่เม็ดไขมันเพิ่มขึ้นจาก 7,850 ตารางไมโครเมตร เป็น 39,250 ตารางไมโครเมตร ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ผิว 5 เท่านี้ ทำให้ต้องใช้ปริมาณโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้หุ้มเม็ดไขมันเล็กๆ นี้ให้ได้ทั้งหมด พื้นผิวที่มากขนาดนี้อาจทำให้เกิดภาวะ Overchopping ของอิมัลชัน ทำให้โปรตีนที่สกัดได้ซึ่งมีปริมาณคงที่ไม่เพียงพอที่จะหุ้มเม็ดไขมันได้ทั้งหมด (Forrest และคณะ, 1976)

4) ความหนืดของอิมัลชัน

เนื่องจากเม็ดไขมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จึงพยายามลอยตัวขึ้นด้านบน ถ้าอิมัลชันที่มีความหนืดต่ำ ไขมันจะลอยตัวด้านบนได้ง่าย เกิดการแยกชั้นจากส่วนที่เป็นน้ำ ทำให้เสถียรภาพของอิมัลชันเสียไป (Forrest และคณะ, 1976) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของอิมัลชัน ได้แก่ ปริมาณน้ำในส่วนผสม ถ้ามีอยู่น้อย จะทำให้ความหนืดของอิมัลชันสูง นอกจากนั้นเวลาในการสับผสมก็มีผลต่อความหนืดเช่นกัน เวลาสับผสมที่เหมาะสมคือ ประมาณ 10 นาที อิมัลชันที่ได้จะมีความหนืดและขนาดเม็ดไขมันที่พอเหมาะ ถ้าเวลามากเกินไปความหนืดของอิมัลชันจะต่ำลง ส่วน pH ของเนื้อสัตว์และความเข้มข้นของเกลือ ถ้ามีค่าเพิ่มขึ้นความหนืดของอิมัลชันจะสูงขึ้นตามไปด้วย (Girard และคณะ, 1992)

5) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ถ้า pH ของเนื้อสัตว์ต่ำจนใกล้ Isoelectric point แล้ว Myofibrillar protein จะละลายออกมาในน้ำเกลือได้น้อยลง โดยทั่วไป pH ของเนื้อสัตว์ที่ผ่านช่วงการเกร็งตัว (Rigor mortis) อยู่ในช่วง 5.3-5.7 และ Isoelectric point อยู่ที่ pH ประมาณ 5.0 การหลีกเลี่ยงภาวะเช่นนี้ ทำได้ 3 รูปแบบ คือ แบบแรกใช้เนื้อก่อนเกิด Rigor mortis แบบที่สองแช่เข็งเนื้อก่อนเกิด Rigor mortis อย่างรวดเร็ว แล้วลดขนาดในเครื่องสับผสมขณะที่ยังอยู่ในภาวะแช่แข็ง หรือแบบสุดท้าย โดยการนำเนื้อสัตว์มาเติมเกลือไนไตรท์ (Nitrite) และน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำประมาณ 2-3 ชั่วโมงก่อนสับผสม ในแต่ละกรณีสามารถสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือเพิ่มขึ้นได้ประมาณร้อยละ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) อุณหภูมิระหว่างการอบและการทำให้สุก

ภายหลังการเกิดอิมัลชัน ถ้าอบโดยเพิ่มอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เร็วเกินไป หรือทำให้สุกที่อุณหภูมิสูงเกินไป โปรตีนที่หุ้มรอบอนุภาคไขมัน จะหดตัวเร็วมาก ขณะที่ไขมันขยายตัวเร็วเช่นกัน สภาวะเช่นนี้ทำให้โปรตีนที่ห่อหุ้มรอบไขมันเกิดการฉีกขาด และไขมันเคลื่อนย้ายออกมาในแมทริกส์ (Matrix) ซึ่งทำให้มีไขมันเป็นชั้นบางๆ ที่ส่วนปลายของไส้กรอกเวียนนาได้ (Pearson และ Tauber, 1984)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไข่เค็ม (Salted egg)

ไข่เค็ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไข่ทั้งฟองที่ผ่านการคัดเลือก และทำความสะอาดแล้ว ไข่เค็ม เป็นผลิตภัณฑ์จากไข่ ที่เกิดจากการถนอมอาหารโดยใช้เกลือเพื่อให้ไข่เก็บไว้ได้นาน มีรสเค็ม และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับไข่ด้วย สามารถทำได้กับไข่ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นไข่เป็ด ไข่ไก่ หรือไข่นกกระทา เป็นต้น แต่นิยมนำไข่เป็ดมาทำมากกว่า เนื่องจากให้ไข่แดงมาก สีไข่สวยงาม น่ารับประทาน และเปลือกไข่หนากว่าไข่ชนิดอื่น ทำให้เกลือซึมเข้าด้านในอย่างช้าๆ ไข่เค็ม เป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของประเทศแถบเอเชียตะวันออก และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ถือเป็นอาหารที่นิยมรับประทานกันมาก เนื่องจากทำง่าย และนำมาประกอบอาหารได้หลายอย่าง เช่น ทำอาหารคาว หวาน หรือทำไส้ขนม เป็นต้น (มผช. 27/2546)

2.2.1 ลักษณะและคุณภาพของไข่เค็ม

1) ลักษณะภายนอก ไข่เค็มจะมีลักษณะภายนอกเหมือนไข่สด คือ เปลือกไข่มีสีขาวขุ่น เห็นเป็นเงากลมสีดำบนเปลือกไข่ ซึ่งเป็นส่วนของไข่แดง แต่ถ้าเป็นไข่เค็มที่ต้มในน้ำที่ใส่สารส้มเล็กน้อย บนเปลือกไข่จะสาก และมีผงคล้ายแป้งสีขาวนวลเคลือบอยู่ ลักษณะภายนอกของไข่เค็มที่ดีคือ เปลือกต้องไม่มีการเน่าเสียหรือแตกร้าว

2) ลักษณะภายใน เมื่อเป็นไข่ดิบไข่ขาวจะเหลวและมีสีขาวขุ่น ส่วนไข่แดงจะเป็นก้อนกลมแข็งมีสีแดง เมื่อนำมาต้ม ไข่ขาวจะมีสีขาวขุ่น มีเนื้อนุ่ม และมีกลิ่นเค็มของเกลือ เนื่องจากเกลือที่ซึมเข้าไปไปดึงน้ำออกจากโปรตีนไข่ขาว ทำให้โปรตีนไข่ขาวเกิดการเสียสภาพเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ไข่ขาวจึงมีความหนืดลดลง (เสาวภา, 2538) ส่วนไข่แดงมีลักษณะเป็นก้อนกลมแข็ง มีความหนืดสูง มีสีส้มแดงเข้ม เมื่อผ่านการให้ความร้อน ไข่ขาวมีสีขาวทึบแสงและมีเนื้อนุ่ม ในขณะที่ไข่แดงมีเนื้อสัมผัสที่คงตัวและมีเนื้อหยาบ มีส่วนของน้ำมันเยิ้มออกมา ไข่เค็มที่ดีนั้นไข่ขาวจะมีเนื้อละเอียด มีรสเค็มปานกลาง ส่วนไข่แดงมีสีแดงเข้ม เป็นน้ำมันเยิ้ม และมีรสเค็มเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของไข่ไก่และไข่เป็ดเค็ม พบว่าไข่เค็มจากไข่เป็ดจะให้ลักษณะตามที่ต้องการมากที่สุด คือ มีสีส้ม เป็นมันเยิ้ม และมีเนื้อสัมผัสหยาบ (Chi และคณะ, 1998) ในขณะที่ไข่ไก่เค็ม มีสีส้มอ่อนกว่า และไม่เกิดลักษณะการเป็นมันเยิ้มเหมือนในไข่เป็ด อีกทั้งมีแนวโน้มในการเกิดวงซัลไฟด์สีดำมากกว่า จึงเป็นเหตุผลให้ไข่เป็ดเค็มได้รับความนิยมมากกว่าไข่ไก่เค็ม (ชมภู่, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 คุณค่าทางอาหารของไข่เค็ม

ไข่ จัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ถือว่าเป็นแหล่งของโปรตีน มีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นอย่างครบถ้วน เมื่อนำมาแปรรูปเป็นไข่เค็มแล้ว ยังสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการของไข่เค็มได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของไข่เป็ดเค็ม (ต่อ 100 กรัม)

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ	
ความชื้น	62.2	กรัม
โปรตีน	14.6	กรัม
ไขมัน	15.5	กรัม
พลังงาน	198.0	แคลลอรี่
กรดไขมันอิ่มตัว	3.8	กรัม
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	2.7	กรัม
โคเลสเตอรอล	890	มิลลิกรัม
โซเดียม	1690	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	800	มิลลิกรัม
แคลเซียม	99	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	13	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	270	มิลลิกรัม
เหล็ก	3.2	มิลลิกรัม
ทองแดง	0.5	มิลลิกรัม
สังกะสี	3.5	มิลลิกรัม
คลอไรด์	2920	มิลลิกรัม
แมงกานีส	0.1	มิลลิกรัม
วิตามิน		
เรตินอล	85	ไมโครกรัม
ไธอะมีน	0.16	มิลลิกรัม
ไรโบเฟลวิน	0.52	มิลลิกรัม
ไนอะซีน	0.10	มิลลิกรัม
วิตามินบีสอง	3.5	มิลลิกรัม
วิตามิน C	ไม่พบ	

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ (2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 วัตถุดิบในการผลิตไข่เค็ม (สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2556)

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไข่เค็ม เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะถ้ามีการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพมาใช้ในการผลิตแล้วจะทำให้ได้ไข่เค็มที่มีคุณภาพดีด้วย วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตไข่เค็มได้แก่ ไข่เป็ดสด และเกลือ

1) ไข่เป็ดสด

ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนให้คุณภาพของไข่เค็มเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคนั้น ต้องเริ่มต้นจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพ วัตถุดิบหลักในการผลิตไข่เค็มที่สำคัญ คือ ไข่เป็ดและไข่ไก่ แต่นิยมนำไข่เป็ดมาผลิตเป็นไข่เค็มมากกว่า ทั้งนี้เพราะไข่เป็ดมีเปลือกหนาและมีจำนวนรูบนเปลือกไข่มากกว่าไข่ไก่ ต้องเลือกใช้ไข่ที่สดและมีคุณภาพ เป็นไข่ใหม่ที่มีอายุไม่เกิน 7 วัน ในการคัดไข่ควรเลือกที่มีเปลือกหนา ส่องดูจะมองไม่เห็นไข่แดง มีขนาดฟองใหญ่ เมื่อนำมาทำไข่เค็มแล้วจะน่ารับประทาน ส่วนไข่ที่เปลือกบุบหรือเปลือกมีรอยร้าวจะไม่นำมาใช้ในการทำไข่เค็ม เพราะจะทำให้ไข่เน่าระหว่างการดอง คุณภาพของไข่อีกประการหนึ่ง คือ ควรเลือกใช้ไข่เป็ดที่ไข่แดงมีสีแดงเข้ม โดยมากจะเป็นไข่บ้านมากกว่ามาจากฟาร์ม เพราะไข่บ้านจะมีสีแดงกว่า สีของไข่แดงจะเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้พิจารณาในการเลือกซื้อ ปกติสีของไข่แดงที่ผู้บริโภคต้องการเลือกซื้อคือ ไข่แดงที่มีสีแดงเข้ม เนื่องจากมีปริมาณรงควัตถุที่ให้สีแดงในปริมาณสูง รงควัตถุที่ให้สีในไข่แดง มี 2 กลุ่ม คือไลโปโครม (Lipochromes) และไลโอโครม (Lyochrome)

2) เกลือ

เกลือที่นิยมนำมาทำไข่เค็ม คือ โซเดียมคลอไรด์ (เกลือสมุทร) ซึ่งเกลือมีผลช่วยให้ไข่เกิดเจลได้ดีขึ้น และทำให้โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนคุณสมบัติไป (Denatured) โดยจะเปลี่ยนคุณสมบัติจากการละลายน้ำได้เป็นไม่ละลายน้ำ และตกตะกอนแข็ง นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อลักษณะเนื้อที่หุงต้มด้วยคือจะทำให้เนื้อนุ่มขึ้น ให้รสชาติที่ดี (ศิริลักษณ์, 2525) การใช้เกลือในการทำไข่เค็มนั้น เกลือจะช่วยให้เนื้อสัมผัส สีของไข่เป็ดดีขึ้น เนื้อสัมผัสของไข่เป็ดสดต้มจะมีลักษณะยืดหยุ่น (Rubbery) และแข็ง มีสีขาวเหลืองเมื่อเป็นไข่เค็ม เนื้อสัมผัสจะนุ่มขึ้น มีสีขาวขุ่น นอกจากนี้เกลือยังช่วยปรับปรุงให้ไข่เค็มมีรสชาติดีขึ้น มีกลิ่นเค็มของเกลือ (ธานี, 2536)

2.2.4 กระบวนการผลิตไข่เค็ม (วรรณวิบูลย์, 2543; Chi และคณะ, 1998)

1) ไข่เค็มดอง ทำโดยนำไข่เป็ดสดมาแช่ในน้ำละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20-25 เป็นเวลานาน 15-25 วัน จนได้ไข่เค็มพร้อมนำมาปรุงอาหาร แต่ระยะเวลาการดองขึ้นกับความต้องการรสเค็ม หากดองนานอีกจะได้ไข่ที่มีความเค็มมากขึ้น ซึ่งไม่น่ารับประทาน อัตราส่วนของเกลือที่ใช้มักใช้ 1 ต่อน้ำ 3 ส่วน เกลือจะซึมเข้ารูเปิดบริเวณเปลือกไข่ โดยในระหว่างดองจะใช้ของหนักกดทับไข่ให้จมลง

2) ไข่เค็มพอก ถือเป็นวิธีดั้งเดิมที่เริ่มโดยชาวจีน ด้วยการใช้ดินเหนียวผสมกับน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 25-30 อัตราส่วนดินเหนียวผสมกับเกลือ 1:3 นวดให้เข้ากัน และทิ้งไว้ 1-2 คืน เพื่อให้เกลือและดินเหนียวซึมผสมเข้ากันดี ในการผสมเกลือกับดินเหนียวให้เติมน้ำพอหมาดๆ สำหรับปั้นให้เป็นก้อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทิ้งวัสดุพอกไว้ตามกำหนด ให้นำวัสดุพอกมาพอกบนไข่ที่ล้างสะอาดแล้ว ที่ความหนาประมาณ 1/4 ถึง 1/2 นิ้ว พร้อมคลึงเบาๆ ให้ผิวสม่ำเสมอกัน หลังจากนั้นนำไข่ที่พอกแล้วมาคลุกกับแกลบ และวางเรียงซ้อนกันในภาชนะ พร้อมเก็บไว้ไม่ให้โดนแดดประมาณ 2-3 สัปดาห์ ก็สามารถนำมารับประทานได้ หากพอกนานก็จะได้รสที่เค็มขึ้น ส่วนการผลิตไข่เค็มพอกเพื่อจำหน่าย มักบรรจุใส่กล่องหลังพอกไม่กี่ชั่วโมง เพื่อให้เกลือซึมเข้าด้านในขณะรอหรือส่งขาย ทั้งนี้ผู้ซื้อสามารถเลือกระยะเวลาการพอกได้เพื่อให้ได้รสเค็มตามต้องการ เสาวภา (2538) ได้ศึกษาการพัฒนาดินสำเร็จรูปในการผลิตไข่เค็ม พบว่าดินที่ใช้ในการพอกไข่เค็ม ควรเป็นดินเนื้อละเอียด คลุกเคล้ากับเกลือได้ดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูง เพื่อให้เกลือซึมเข้าไข่ได้ดีตลอดระยะเวลาการพอก

2.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Huang และคณะ (1999) ศึกษาการเกิดเจลของไข่ขาวด้วยเทคนิคอัลตราโซนิก โดยทำการตรวจวัดความเร็วคลื่นเสียงอัลตราโซนิกของไข่ขาวและโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของไข่ขาว คือ โอวัลบูมิน คอนอัลบูมิน และ โอโวมิวคอยด์ ที่ความถี่ 3 เมกะเฮิร์ตซ์ ในช่วงอุณหภูมิ 10-80 องศาเซลเซียส โดยใช้เทคนิคพัลส์สะท้อนกลับ พบว่ากระบวนการเกิดเจลขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยการเกิดเจลของไข่ขาว โอวัลบูมิน และคอนอัลบูมิน อยู่ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ไม่พบการเกิดเจลของโอโวมิวคอยด์ในช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา

อาลักษณ์ และมณฑิรา (2548) ศึกษาการผลิตไข่เค็มโดยใช้ความดันสูงโดยใช้ความดันไฮโดรสแตติกที่ 0.5 MPa พบว่าไข่แดงเค็มลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เพิ่มอัตราการแพร่ของเกลือเข้าไปในไข่แดง สามารถลดระยะเวลาการผลิตจาก 20-30 วัน เหลือเพียง 2 วัน โดยที่คุณภาพของไข่แดงเค็มใกล้เคียงกับที่จำหน่ายในท้องตลาด

เสาวภา (2538) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเหนียว จำนวน 3 แห่ง พบว่าดินที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับดินจอมปลวกมากที่สุด คือ ดินที่มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในระดับสูง มีธาตุเหล็กต่ำ พบว่าปริมาณเกลือเป็นเพียงปัจจัยเดียวที่มีผลต่อคุณภาพของไข่เค็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเลือกเกลือ 2 ชนิด คือ เกลือทะเลและเกลือสินเธาว์ ที่ระดับร้อยละ 40 45 และ 50 พบว่าสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วยดินเหนียวร้อยละ 60 และเกลือทะเลร้อยละ 40 ใช้เวลาพอก 25 วัน นำมาทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพบว่าไข่ขาวจะมีสีเปลี่ยนจากสีขาวใสเป็นสี ขาวทึบ มีเนื้อสัมผัสนุ่ม ไข่แดงมีสีแดงเข้มข้น เนื้อสัมผัสแน่น มีลักษณะฉ่ำน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไข่ขาว (Egg white) (วรรณวิบูยล์, 2539)

ไข่ขาว เป็นส่วนประกอบภายในไข่ มีอยู่ประมาณร้อยละ 58 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง ไข่ขาวประกอบด้วยส่วนต่างๆ 4 ส่วน ที่มีความหนืดต่างกัน คือ ไข่ขาวใสชั้นนอก (Outer liquid layer) เป็นชั้นที่อยู่นอกสุดของไข่ขาวติดกับเยื่อหุ้มเปลือกไข่ ไข่ขาวข้น (Middle dense layer) เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากไข่ขาวชั้นนอกเป็นส่วนที่ห่อหุ้มไข่ขาวใสชั้นในและไข่แดงไว้ ป้องกันอันตรายจากการกระทบกระเทือนจากภายนอกให้กับไข่แดง ไข่ขาวใสชั้นใน (Inner liquid layer) เป็นชั้นที่อยู่ติดกับไข่แดง เป็นที่ที่เยื่อขั้วไข่แดงยึดไข่แดงให้ลอยตัวอยู่ตรงกลางฟองไข่ เยื่อขั้วไข่แดง (Chalaziferrous) เป็นส่วนของไข่ขาวที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มไข่แดง และเป็นสายทุ่นรักษาสมดุลให้ไข่แดงอยู่กลางฟองไข่ ในไข่ขาวส่วนใหญ่จะประกอบด้วยน้ำและโปรตีน มีคาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ ไขมันในปริมาณน้อย

โปรตีนในไข่ขาว ส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้และแตกต่างจากโปรตีนในไข่แดง เนื่องจากโปรตีนในไข่แดงเป็นพวกไลโปโปรตีน (Lipoprotein) แต่ในไข่ขาวเป็นพวกไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) ที่จับกับแมนโนส หรือแมนโนสกับกาแลคโตส (ชมภู่, 2543) โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วย โอวัลบูมิน (Ovalbumin) ร้อยละ 75 โอโวมิวคอยด์ (Ovomucoid) ร้อยละ 13 โอโวมิวซิน (Ovomucin) ร้อยละ 7 โอโวโคนาลบูมิน (Ovoconanbumin) ร้อยละ 3 และโอโวกลอบูลิน (Ovoglobulin) ร้อยละ 2 ของไข่ขาวทั้งหมด (นุชรี, 2529) โปรตีนแต่ละตัวมีคุณสมบัติและปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่างๆ ดังนี้

1) โอวัลบูมิน (Ovalbumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว มีอยู่ประมาณร้อยละ 54 ของน้ำหนัก โปรตีนในไข่ขาวจัดเป็นฟอสโฟไกลโคโปรตีน มีโครงสร้างเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่มีหมู่ฟอสเฟตและคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ มีจุดไอโซอิเล็กตริกที่ pH 4.6 และจะตกตะกอนที่ pH 4.6-4.8 ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตและฟอสเฟต มีคุณสมบัติในการเกิดเจลและเกิดฟอง จะเปลี่ยนคุณสมบัติเมื่อได้รับความร้อน (ชมภู่, 2543)

2) โอโวมิวคอยด์ (Ovomucoid) พบประมาณร้อยละ 1.2 ของโปรตีนในไข่ขาว เป็นไกลโคโปรตีนที่ประกอบด้วย กลูโคซามีนร้อยละ 14 และแมนโนสร้อยละ 7 มีจุดไอโซอิเล็กตริกที่ pH 3.9-4.3 ในสภาวะที่เป็นกรดจะทนความร้อนได้ดี แต่ทนความร้อนได้มากกว่าโอวัลบูมิน และโอโวโคนาลบูมิล (ชมภู่, 2543) แต่จะสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนอย่างรวดเร็วถ้าอยู่ในสารละลายด่าง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังเป็นไกลโคโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริพซิน สามารถยับยั้งเอนไซม์ทริพซิน (Trypsin inhibitor) ซึ่งเป็นเอนไซม์โปรตีเอส (Protease) มีหน้าที่ไฮโดรไลซ์โปรตีน

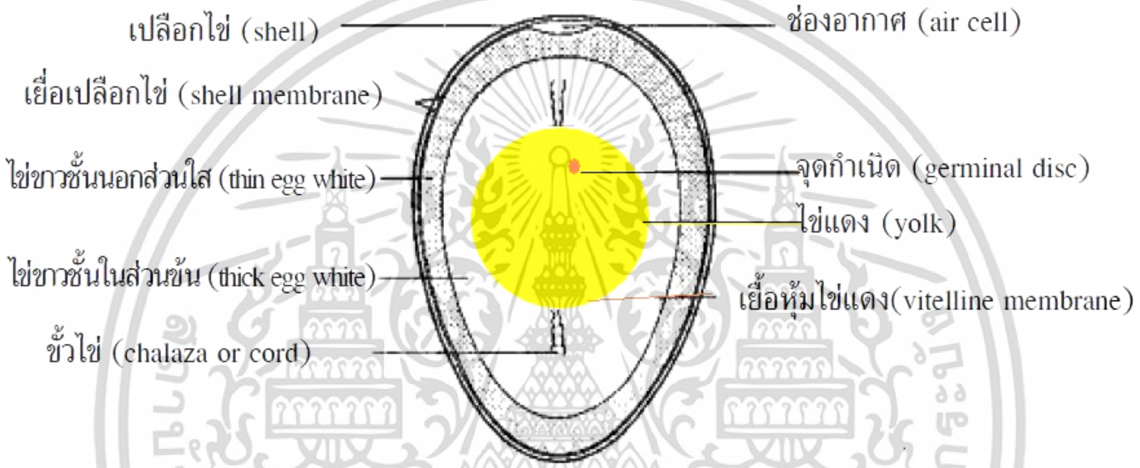
3) โอโวมิวซิน (Ovomucin) เป็นโปรตีนที่ทำให้เกิดลักษณะการเป็นวุ้นของไข่ขาวข้น โดยเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย (นุชรี, 2529) ไข่ขาวใสและไข่ขาวข้นแตกต่างกันที่ปริมาณโอโวมิวซิน ในไข่ขาวข้นมีโอโวมิวซินมากกว่าไข่ขาวใสประมาณ 4 เท่า (ชมภู่, 2543) ในไข่ขาวข้นและไข่ขาวใสมีโอโวมิวซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 5.11 และ 1.91 ตามลำดับ โอโวมิวซินมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในสารละลายเกลือที่ pH 7 (นุชรี, 2529)

4) โอโวโคนาลบูมิน (Ovoconanbumin) บางครั้งเรียกว่า “โอโวทรานสเฟอร์ริน” มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนคุณสมบัติได้ง่ายกว่าโอวัลบูมิน ตกตะกอนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไข่ขาวตกตะกอน (ชมภู่, 2543)

5) โอโวกลอบูลิน (Ovoglobulin) มีคุณสมบัติในการเกิดฟอง



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของไข่

ที่มา : https://sites.google.com/site/eggsandproductsatkmutnb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 คุณค่าทางโภชนาการของไข่ขาว

ไข่ เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารอาหารหลายชนิดอยู่ภายในไข่ในไข่ขาว มีโปรตีน และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง อีกทั้งยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential amino acid) แร่ธาตุและวิตามิน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 กรดอะมิโนที่พบในไข่ขาว (กรัมต่อร้อยกรัมน้ำหนักสด)

กรดอะมิโน	ปริมาณ
ทริปโตเฟน	0.125
ทริโอนีน	0.449
ไอโซลิวซีน	0.661
ลิวซีน	1.016
ไลซีน	0.806
เมทิโอนีน	0.399
ซีสทีน	0.287
เฟนิลอะลานีน	0.686
ไทโรซีน	0.457
วาลีน	0.809

ที่มา : Nation Agricultural Libraly (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แร่ธาตุและวิตามินที่พบในไข่ขาว (มิลลิกรัมต่อร้อยกรัมน้ำหนักสด)

ชนิด		ปริมาณ
แร่ธาตุ		
	โซเดียม	166
	โพแทสเซียม	163
	ฟอสฟอรัส	15
	แมกนีเซียม	11
	แคลเซียม	7
	เหล็ก	0.08
	เซเลเนียม	20
วิตามิน		
	วิตามินบี 1	0.004
	ไรโบฟลาวิน	0.0439
	ไนอะซิน	0.105
	วิตามินบี 6	0.005
	โฟเลต	4
	วิตามินบี 12	0.09

ที่มา : Nation Agricultural Library (2010)

2.3.2 การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไข่ขาว

โปรตีนแอลบูมินในไข่ขาว สูญเสียสภาพธรรมชาติ (Protein denaturation) ได้ง่ายด้วยความร้อน การสุกของไข่ขาวด้วยความร้อนทำให้ไข่ขาวเหลวแข็งตัว เกิดลักษณะเป็นเจลแข็งซึ่งจะย้อนกลับคืนไม่ได้ (Thermoirreversible gel) ไข่ขาวสุกซึ่งแข็งตัว มีสีขาวขุ่น ร่างกายจะย่อยได้ง่ายกว่าไข่ขาวดิบ ไข่ขาวยังสูญเสียสภาพธรรมชาติได้ด้วยการปรับ pH เช่น การผลิตไข่เยี่ยวม้า มีการดอง หรือพอกไข่ด้วยด่าง ทำให้ไข่ขาวมีค่า pH สูงขึ้น เป็น 9-12 ทำให้ไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ มีลักษณะเป็นเจลใส และไข่แดงมีลักษณะเป็นเป็นยางมะตูม

2.3.3 การตกตะกอนของโปรตีนในไข่

การตกตะกอน (Coagulation) หมายถึง โปรตีนเปลี่ยนคุณสมบัติจากที่ละลายน้ำได้ เป็นไม่ละลายน้ำ (ชมภู่, 2543) เมื่อเป็นไข่สดจะมีลักษณะเหลว แต่เมื่อไข่ได้รับความร้อนความสามารถในการละลายของโปรตีนในไข่ขาวจะลดลง เกลียวของโปรตีนจะเริ่มคลายตัว เกิดพันธะไฮโดรโฟบิก พันธะไฮโดรเจน และพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างโมเลกุล ทำให้โปรตีนไม่ละลายน้ำ แต่โอบอุ้มน้ำไว้ในตาข่ายของโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนลักษณะเป็นข้นเหลว และถ้าได้รับความร้อนสูงขึ้นจะยิ่งทำให้โปรตีนแข็งตัวมากขึ้น (นุชรี, 2529) ปัจจัยที่ทำให้โปรตีนของไข่ตกตะกอนมีหลายปัจจัย ได้แก่ ความร้อน เกลือ กรด และน้ำตาล เป็นต้น เมื่อไข่ได้รับความร้อน ส่วนของไข่ขาวจะเริ่มตกตะกอนและมีลักษณะเป็นเจล (Jellylike) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.3.4 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่ขาว

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน (Functional properties of protein) จากไข่ขาวที่สำคัญ คือ

1) การเกิดโฟม (Foaming) มีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ การตีไข่ขาวทำให้โปรตีนในไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ เพราะแรงกลทำให้โปรตีนคลายตัว และกักอากาศไว้ภายใน มีลักษณะเป็นโฟม โปร่งฟู ไข่ขาวใสตีได้ปริมาตรมากกว่าไข่ขาวข้น การผสมครีมออฟทาร์ทาร์จะช่วยให้โฟมไข่ที่ขึ้นฟูอยู่ตัวและมีปริมาณมากขึ้น

2) การเกิดเจล (Gel) คือ ของผสมที่มีลักษณะกึ่งแข็งคล้ายวุ้น เป็นระบบคอลลอยด์ชนิดหนึ่งที่มีน้ำเป็นตัวกลาง เจลในอาหารส่วนใหญ่จะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งมีอนุภาคของแข็ง เป็นพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ (Hydrophillic polymer) ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ กัม โปรตีน อนุภาคเหล่านี้กระจายตัวในน้ำและรวมตัวกับน้ำได้ดี เมื่อให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวลงจะสานจับตัวกันเป็นตาข่าย 3 มิติ เป็นของกึ่งแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid)

ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) หรือ กัม (Gum) หมายถึง สารประกอบที่มีลักษณะเป็นโพลีเมอร์สายยาวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อละลายหรือกระจายตัวในน้ำจะให้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น และบางชนิดสามารถเกิดเป็นเจล (Gel) ไฮโดรคอลลอยด์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด โดยสามารถใช้เพื่อเพิ่มความหนืด ช่วยทำให้เกิดเจล ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง ให้ความคงตัว และอื่นๆ

2.4.1 การแบ่งประเภทของไฮโดรคอลลอยด์

ไฮโดรคอลลอยด์สามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (อดิศักดิ์, 2547)

1) ไฮโดรคอลลอยด์จากธรรมชาติ (Natural hydrocolloid)

ไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากสาหร่ายทะเลและส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ด ยาง และหัว (Tuber) รวมทั้งบางชนิดได้มาจากหนัง กระดูกและเอ็นของสัตว์ เช่น เจลาติน (Gelatin) ไฮโดรคอลลอยด์ในกลุ่มนี้ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมากที่สุด

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายทะเล ได้แก่ อาการ์ (Agar) อัลจิเนต (Alginate) คาร์ราจีแนน (Carrageenan)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากยางพืช ได้แก่ กัมอะราบิค (Gum arabic) กัมทรากาแคนธ์ (Gum tragacanth) กัมคารายา (Gum karaya) และกัมกาตติ (Gum ghatti)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากหัวพืช ได้แก่ คอนยักกัมหรือแป้งบุก (Konjakgum or Konjak flour)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากเมล็ดพืช ได้แก่ กัวกัม (Guar gum) และโลคัสต์บีนกัม หรือคารอบกัม (Locust bean gum or Carob gum)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากเปลือกผลไม้ ได้แก่ เพกทิน (Pectin)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากจุลินทรีย์ ได้แก่ แซนแทนกัม (Xanthan gum)

ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากหนัง กระดูกและเอ็นของสัตว์ ได้แก่ เจลาติน (Gelatin)

2) ไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากการดัดแปรสารธรรมชาติ (Modified natural hydrocolloid) ได้มาจากการนำสารธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส มาดัดแปรให้มีสมบัติในการรวมกับน้ำดีขึ้น

3) ไฮโดรคอลลอยด์สังเคราะห์ (Synthetic hydrocolloid) ได้จากการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาทางเคมี เช่น โพลีไวนิลไพโรลิโดน (Polyvinylpyrrolidone, PVP) และโพลีเอธีนลีนออกไซด์โพลีเมอร์ (Polyethyleneoxide polymer) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีลักษณะโครงสร้างต่างกันจะมีสมบัติที่แตกต่างกันดังนี้ (Lahaye และ Rochas, 1991)

1) โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้น (Linear) เมื่อละลายน้ำหรือกระจายตัวจะให้ความหนืดสูง เกิดเจลและคืนตัว (Retrogradation) ได้ง่าย เช่น อะการ์ (Agar) อัลจิเนต (Alginate) เซลลูโลส (Cellulose) และเพกทิน (Pectin) เป็นต้น

โครงสร้างโพลิเมอร์แบบเชิงเส้นที่มีสายกิ่งก้าน (Linear with side chains) ให้ความหนืดสูง ปกติไม่เกิดเจล แต่จะเกิดเจลได้เมื่ออยู่ร่วมกับสารอื่นในสภาวะที่เหมาะสม เช่น กัวกัม (Guar gum) และโลคัสต์บีนกัม หรือคารอบกัม (Locust bean gum or Carob gum)

2) โครงสร้างโพลิเมอร์แบบมีกิ่งก้าน (Branched chains) ให้ความหนืดต่ำและคงตัวดี ไม่เกิดเจล มีความเหนียว เช่น กัมอะราบิก (Gum arabic)

2.4.2 ตัวอย่างของไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมใช้

1. คาร์ราจีแนน (Carrageenan)

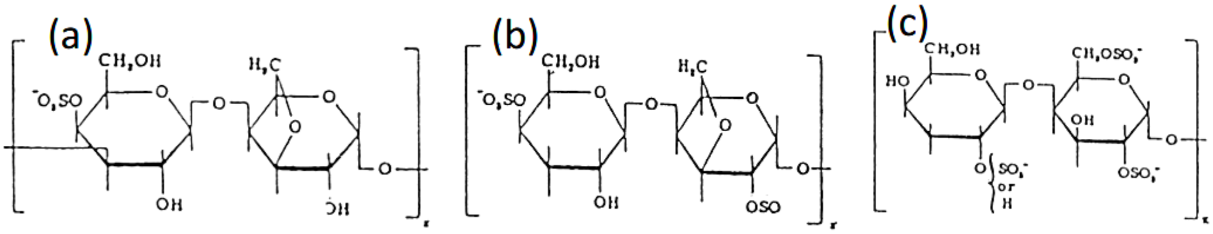
พบในสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) เช่น *Chondrus cripus, Eucheuma cottonii* และ *Eucheuma spinosum* คาร์ราจีแนนเป็นโพลีแซ็คคาไรด์ชนิดกาแลคแทนที่มีหมู่ซัลเฟต ไม่มีสายกิ่งมีเบตา-ดี-กาแลคโทส และ 3-6-แอนไฮโดร-ดี-กาแลคโทส เป็นหน่วยซ้ำในสาย จับกันด้วยพันธะแอลฟา-1,3 และเบตา-1,4-ไกลโคซิดิก และจะมีหมู่ซัลเฟตเป็นเอสเทอร์อยู่ ดังนั้นจึงมีสมบัติเป็นแอนไอออนิก คาร์ราจีแนนสามารถละลายได้ในน้ำร้อนอุณหภูมิสูงกว่า 75 องศาเซลเซียส คาร์ราจีแนนที่สำคัญมี 3 ชนิดได้แก่ แคปปา (κ)-,ไอออตา (i)-และ แลมบ์ดา-(λ)-คาร์ราจีแนน (ภาพที่ 2.2)

แคปปา-คาร์ราจีแนน จะมีหมู่ซัลเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ที่โมเลกุลของเบตา-ดี-กาแลคโทสทุกตัว ส่วนที่โมเลกุล 3-6-แอนไฮโดร-ดี-กาแลคโทส จะไม่มีหมู่ซัลเฟตเลย

ไอออตา-คาร์ราจีแนน มีหมู่ซัลเฟตมากกว่าชนิดแรก โดยจะพบหมู่ซัลเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ในโมเลกุลของ เบตา-ดี-กาแลคโทส และที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ในโมเลกุลของ 3-6-แอนไฮโดร-ดี-กาแลคโทสด้วย

แลมบ์ดา-คาร์ราจีแนน คาร์ราจีแนนชนิดนี้มีหมู่ซัลเฟตมากที่สุดคือ มีซัลเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของ เบตา-ดี-กาแลคโทส และที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งที่ 6 ของ ดี-กาแลคโทส ซึ่งน้ำตาลหน่วยที่สองไม่ใช่น้ำตาล 3-6-แอนไฮโดร เหมือนแคปปา- และไอออตา-คาร์ราจีแนน และการมีหมู่ซัลเฟตที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ทำให้คาร์ราจีแนนชนิดนี้ไม่สามารถเกิดเจลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 Structure of carrageenan (a) κ-carrageenan (b) ι-carrageenan (c) λ-carrageenan
ที่มา: Trius และคณะ (1994)

2. แซนแทนกัม (Xanthan gum)

แซนแทนกัม เป็นพอลีแซ็คคาไรด์ หรือกัมที่ละลายน้ำได้ สังเคราะห์โดยแบคทีเรีย *Xanthomonas* โดยเฉพาะ *Xanthomonas compestris* NRRL-B-1459 ด้วยกระบวนการหมักแบบใส่อากาศ (Submerged) มีดี-กลูโคส เป็นแหล่งอาหารคาร์บอนหลัก หรืออาจใช้น้ำตาลซูโครส หรือสตาร์ช กัมชนิดนี้แบคทีเรียสร้างหุ้มอยู่ภายนอกเซลล์เพื่อช่วยป้องกันเซลล์จากสภาวะภายนอก เมื่อผลิตได้กัมตามที่ต้องการแล้วต้องสเตอริไลซ์เพื่อฆ่าจุลินทรีย์แล้วจึงแยกกัมออกด้วยการตกตะกอน และล้างจนสะอาดและอบแห้ง

แซนแทนกัมมีโครงสร้างเป็นน้ำตาล 5 ตัวต่อกัน เป็นกลุ่มซ้ำอยู่ในโมเลกุล น้ำตาล 5 ตัวประกอบด้วย ดี-กลูโส 2 หน่วย ดี-แมนโนส 2 หน่วย และกรด ดี-กลูคูโรนิก 1 หน่วย ถ้าพิจารณาเฉพาะสายโซ่หลักจะเป็น เบตา-ดี-กลูโคส ต่อกันด้วยพันธะ 1,4-กลูโคซิดิก คล้ายของเซลลูโลส แล้วมีไตรแซคคาไรด์ (ดี-แมนโนส 2 หน่วย และกรด ดี-กลูคูโรนิก 1 หน่วย) เป็นสายกิ่ง จับต่อกับ ดี-กลูโคส ของโซ่หลักด้วยพันธะ แอลฟา-1,3-ไกลโคซิดิก โดยจับเว้นสลับไปทีละหนึ่ง ดี-กลูโคส

สายกิ่งไตรแซ็คคาไรด์ที่กล่าวมา ถ้าเริ่มจากด้าน Non-reducing end จะประกอบด้วย ดี-แมนโนไพแรโนซิล จับ เบตา-1,4 กับกรด ดี-แมนโนไพแรโนซิล ยูโรนิก (ดี-กลูโครูนิก) ซึ่งจับ เบตา-1,2 กับ ดี-แมนโนไพแรโนซิล และประมาณร้อยละ 50 ของไตรแซคคาไรด์นั้นที่ คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 อาจจะจับกับกรดไพรูวิก (Pyruvic acid) และคีทัล (Ketal) ทำให้มีวงแหวนหกเหลี่ยมปิดท้ายที่สายกิ่งและที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของ ดี-แมนโนไพแรโนซิล แซนแทนกัมจึงมีขนาดโมเลกุลใหญ่ มีสายกิ่งมากทำให้ไฮเดรทน้ำได้ดี นั่นคือโมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปซอลเวต (Solvate) อยู่มาก แซนแทนกัม จึงจัดเป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่งด้วย ปริมาณของกรดไพรูวิกในแซนแทนกัม จะแตกต่างกันตามสายพันธ์ของ *X. compestris* ที่ใช้ กัมจึงมีความหนืดแตกต่างกัน ถ้าปริมาณกรดไพรูวิกสูงกัมก็จะให้ความหนืดสูง องค์ประกอบของแซนแทนกัมจะส่งผลต่อความหนืดคือ ถ้ามีปริมาณของอะซิเตรท และไพรูเวทมากขึ้นจะทำให้สารละลายแซนแทนกัมมีความหนืดสูงขึ้น (Casas และคณะ, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แซนแทนกัม นิยมใช้กันมากในอาหาร เพื่อเพิ่มความหนืดและความคงตัวในผลิตภัณฑ์ (Mandala และคณะ, 2004) เพราะมีคุณสมบัติพิเศษที่สำคัญคือ กระจายตัว และสามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำเย็น และน้ำร้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงถึงแม้จะมีความเข้มข้นต่ำ และทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อน ในสภาวะที่เป็นกรด แซนแทนกัมสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้เกิดการตกตะกอนทั้งชนิดนอนก้น (Precipitation) และตกตะกอนแขวนลอย (Flocculation) (วรรณา, 2549)

3. สตาร์ช (Starch)

สตาร์ช เป็นพอลิเมอร์ของพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีสายยาว พบในข้าวโพด ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวโอต มันสำปะหลัง เป็นต้น สามารถใช้เดี่ยวๆ หรือผสมกันเพื่อลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น ไส้กรอก แฮมเบอร์เกอร์ ลักษณะของผลิตภัณฑ์เนื้อลดไขมันที่ได้ขึ้นกับชนิดของแป้ง วิธีการปรับปรุง (Modifications) สภาวะในการใช้และธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ที่เติมแป้ง แป้งสามารถดูดซับหรือยึดเกาะน้ำแต่ไม่สามารถยึดเกาะส่วนผสมอื่นๆ ให้ติดกันได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้เพื่อรักษาปริมาณน้ำให้มากกว่าเดิม

โดยทั่วไปเม็ดสตาร์ชจะมีขนาดตั้งแต่ 0.5-1.75 ไมครอน เม็ดสตาร์ชมีรูปทรงต่างกัน ขึ้นกับชนิดของแป้ง ในขณะที่เม็ดไขมันมีขนาด 0.1-3 ไมครอน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะดัดแปลงแป้งให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงเพื่อให้มีขนาดเท่าเม็ดไขมัน ส่งผลให้ต่อมรับรสรู้สึกเหมือนของเหลวคล้ายครีมที่มีความเนียนข้นเช่นเดียวกับไขมัน (Lucca และ Tepper, 1994)

3.1 แป้งดัดแปร (Modified starch)

แป้งดัดแปร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำสตาร์ชของ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี เป็นต้น มาเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีหรือทางกายภาพ โดยอาศัยเอนไซม์หรือสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ การใช้แป้งดัดแปรในอุตสาหกรรมอาหารนั้น เกณฑ์ที่กำหนดและลักษณะบ่งชี้ของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทต้องเป็นไปตามข้อกำหนดกระทรวงอุตสาหกรรม ปี 2535 และการทดสอบเกณฑ์ที่กำหนดให้เป็นไปตาม FAO Food and nutrition paper (1982)

แป้งดิบ มีลักษณะจำเพาะ เช่น ขนาด รูปร่าง การพองตัว แต่สิ่งที่แป้งทุกๆ ชนิดมีความคล้ายกัน คือ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงโดยมีปัจจัย ความร้อน แรงเฉือน และเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงสำหรับแป้งแต่ละชนิดคล้ายๆ กัน เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของสตาร์ชโดยเครื่อง Rapid visco analyzer; RVA) หรือเครื่อง Brabender viscoamylograph ถ้าสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัตินี้ได้ จะทำให้เราสามารถนำแป้งไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มากมาย การดัดแปรจึงมีผู้ค้นคว้าวิจัยทั้งกายภาพและทางเคมี ทั้งนี้เนื่องจากแป้งมีความพร้อมในการทำปฏิกิริยาต่างๆ ได้ดีมาก แป้งดิบโดยทั่วไปมีสมบัติบางประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ มีช่วงความหนืดแคบ มีเนื้อสัมผัสไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิต หรือความคงทนต่อสภาวะต่างๆ ต่ำ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นจึงมีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของแป้ง เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น คงทนต่อสภาวะในการผลิตได้ดี (Light, 1990) การเกิดเจลาติไนซ์ (Gelatinization) การคืนสภาพ (Retrogradation) และการสูญเสียน้ำของเจลลดลง ความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งและละลายน้ำแข็ง (Freeze-thaw) เพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อเจลดีขึ้น คุณสมบัติความเป็นกาวเพิ่มขึ้น คุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวละลายอื่นๆ เพิ่มขึ้น (BeMiller, 1997) การปรับปรับปรุงลักษณะทางเคมีและกายภาพของแป้งโดยกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ออกซิเดชัน (Oxidation) ครอสลิงกิง (Crosslinking) และการแทนที่ (Substitution) เกิดเป็นแป้งดัดแปร (Modified starch) สามารถใช้แทนไขมันได้โดยช่วยเพิ่มความคงตัว ให้เนื้อสัมผัสที่ดี ความรู้สึกในปาก เก็บกักน้ำได้ดี และให้ลักษณะปรากฏที่ดีทางสายตา สตาร์ชที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกันมีการผันกลับด้วยความร้อน (Thermo-reversibility) การกระจายตัว (Spreadability) ความคงทนของเจล ความคงทนต่อความร้อน กรด และแรงเฉือนต่างกัน (Lucca และ Tepper, 1994) ดังนั้นการนำไปใช้ของแป้งแต่ละชนิดจึงไม่เหมือนกัน

2.5 วิธีการพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface methodology) (อนุวัตร, 2552)

วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response surface method; RSM) เป็นการแสดงหรือตัวแทนทางเรขาคณิตที่ได้รับเมื่อผลตอบสนองของตัวแปร (Response) ถูกสร้างเป็นฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านั้น เทคนิคทางสถิตินี้ใช้แผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่สนใจ ผลที่ได้คือสามารถที่จะหาสูตร หรือสภาวะที่เหมาะสม (Optimization) จากความสัมพันธ์เหล่านั้นได้ เมื่อพิจารณาปัจจัยที่สนใจเหล่านั้นพร้อมๆ กันโดยความรู้พื้นฐานที่ต้องใช้คือ การวางแผนการทดลอง การวิเคราะห์สมการถดถอย และความรู้ในการใช้โปรแกรมที่สร้างแผนภาพคอนทัวร์ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวิธีการ RSM สามารถแสดงได้ดังสมการ $Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_k) + E$ โดยที่ Y คือ ค่าตอบสนอง (Response) ซึ่งเป็นตัวแปรตามและ $X_1, X_2, \ldots, X$ คือ ตัวแปรที่สนใจ ซึ่งเป็นตัวแปรต้น, E = Error term ของความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันของตัวแปรเหล่านี้ มักใช้สมการลำดับที่หนึ่ง (First order model) หรือสมการลำดับที่สอง (Second order model) หรือสมการโพลีโนเมียล (Polynomial model) เป็นตัวอธิบายโดยวิธีทางสถิติที่ใช้ คือ วิธีกำลังสองที่น้อยที่สุด (The least square method) เพื่อประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ โดยฟังก์ชันที่ใช้เรียกว่า Fitted response function : $Y = b_0 + b_1 X_1 + \ldots + b_n X_n$

แผนภาพคอนทัวร์เป็นอนุกรม (Series) ของเส้นหรือกราฟซึ่งมีค่าที่แน่นอนและคงที่สอดคล้องกับระดับของปัจจัยที่เปลี่ยนไป แผนภาพคอนทัวร์มีหลายแบบสอดคล้องกับสมการถดถอยที่ตรวจสอบได้ เช่น Mound-shaped, Stationary ridge, Rising ridge, Saddle โดยแผนภาพคอนทัวร์ที่สร้างเป็นแผนภาพ 3 มิติ เรียกว่า Surface plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ RSM ได้ถูกนำมาประยุกต์ในงานด้านอุตสาหกรรมเกษตรมากมาย เช่น ใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิต หรือพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการใช้วิธี RSM ในการพัฒนาสูตรและกระบวนการทำแห้งอาหารหลายชนิด เช่น ถั่ว Pistachio (Kahyaoglu, 2008), ขนุน (Pua และคณะ, 2005), มันฝรั่ง (Eren และ Kaymak-Ertekin, 2007), ใบมะกอก (Erbay และ Ieier, 2009)

2.5.1 ขั้นตอนในการทำ Response surface method; RSM (อนุวัตร, 2552)

1) เลือกแผนการทดลองที่เหมาะสม ที่สามารถให้ข้อมูลเพียงพอในการสร้างคอนทัวร์พล็อต

2) สร้างแบบจำลองหรือสมการเชิงเส้นที่ดีที่สุด

3) สร้างแผนภาพคอนทัวร์หรือ Surface Plot จากสมการที่หามาได้

4) ตรวจสอบหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (Optimization)

5) พิสูจน์แบบจำลอง (Validation) โดยการทำการทดลองใหม่จากจุดที่เหมาะสม ภายใต้ขอบเขตของตัวแปรแต่ละตัว แล้วเปรียบเทียบกับค่าการทดลอง และค่าที่ได้ทำนายจากสมการ

6) ถ้าแบบจำลองไม่เหมาะสม ให้สร้างแบบจำลองใหม่ (ทำซ้ำข้อ 2 ถึง 5)

2.5.2 การเลือกการจำลอง (Model selection)

การเลือกการจำลองที่ได้จาก RSM มีหลายเทคนิคในการสร้างและคัดเลือกแบบจำลอง (Model) ที่ดีที่สุด ขึ้นอยู่กับการวางแผนตั้งแต่เริ่มต้น ในกรณีที่มีแผนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง อย่างไรก็ตามบางการทดลองที่ไม่มีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะใช้แบบจำลองใด อาจดำเนินการดังนี้ซึ่งน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมมากที่สุด

1) วิธีการแบบจำลองแบบแบบสมบูรณ์ (Full model technique) วิธีการนี้จะระบุแบบจำลองที่ต้องการใช้ เช่น แบบจำลองอันดับหนึ่ง (First order model) หรืออันดับสอง (Second order model) หลังจากนั้นจึงใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยเพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรทุกตัวในแบบจำลอง

2) วิธีการแบบจำลองลดรูป (Reduced model technique) วิธีการนี้แสดงแบบจำลองแบบลดรูป โดยเลือกตัวแปรที่มีนัยสำคัญในแบบจำลองมาใช้สร้างแผนภาพคอนทัวร์ หรือ Surface plot เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยทั้งหมด เช่น Stepwise technique (อนุวัตร, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การวางแผนการทดลองสำหรับ Response surface method; RSM

นิยมใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล การทดลองแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional factorial) การทดลองแบบหมุน (Rotatable design), Central composite design; CCD, Box behnken design และการทดลองแบบผสม (Mixture design) ทั้งนี้การใช้การทดลองแบบใดขึ้นอยู่กับข้อจำกัดต่างๆ ชนิดของแบบจำลองที่จะเลือกใช้ และชนิดของตัวแปรต่างๆ ว่าเป็นตัวแปรในขั้นตอนของการพัฒนาสูตร หรือกรรมวิธี

การจัดการทดลองแบบ Central composite design; CCD เป็นการทดลองที่เพิ่มสิ่งทดลองระหว่างระดับของปัจจัยให้มากขึ้น เพื่อต้องการใช้แบบจำลองอันดับสูงจากเดิมที่ใช้ได้เพียงแค่อันดับหนึ่ง เป็นอันดับสองหรือสาม วิธีการสร้างสิ่งทดลองอย่างง่าย ให้เริ่มจากการสร้างสิ่งทดลองจากแฟคทอเรียล 2^k แล้วเพิ่มจุดบนแกน Coordinate โดยมีค่า Code level $+\alpha$ หลังจากนั้นเพิ่มจำนวน m ที่จุดกลาง (0, 0, 0,…0)

หลังจากนั้นสุ่มแต่ละสิ่งทดลองไปยังแต่ละหน่วยทดลอง จำนวนสิ่งทดลองทั้งหมด (n) จะมีค่า = $2^k + 2k + m$ ซึ่ง $n < 3^k$ เสมอ และถ้า $\alpha = F^{1/4}$ (F = จำนวนของสิ่งทดลองจากแฟคทอเรียลที่ใช้ เช่น แฟคทอเรียล 2^2 , ค่า F = 4) CCD นี้จะเป็น Rotatable design ด้วย

การทดลอง CCD นี้นิยมทำซ้ำที่ระดับกลางของปัจจัย เพื่อใช้ประมาณความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ซึ่งการเพิ่มจำนวนซ้ำจะมีผลกระทบต่อค่า α ซึ่งอาจจะต้องเปลี่ยนไปตามจำนวนซ้ำ เพื่อให้สิ่งทดลองเป็นอิสระต่อกัน (Orthogonal) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติมักจะกำหนดค่า α ก่อนแล้วจึงทำการทดลองซ้ำที่จุดกลาง ในบางกรณีที่ $\alpha = 1$ ซึ่งแต่ละจุดของการทดลองที่เพิ่มขึ้นจะอยู่บนแต่ละด้านของลูกบาศก์ 2^3 แฟคทอเรียล, Design แบบนี้จะเรียกว่า Face centered central composite design ซึ่งจะเห็นว่าจำนวนระดับในแต่ละปัจจัยจะน้อยลงไป ซึ่งจะช่วยลดจำนวนตัวอย่างลงเป็นอย่างมากทำ ให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดสอบ (อนุวัตร, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 การหาค่าจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (Optimization) โดยใช้ Desirability function

Desirability ฟังก์ชันคิดค้นโดย Harrington (1965) ต่อมา Derringer และ Suich (1980) ได้นำมาทำการพัฒนาการใช้งานเพิ่มขึ้น (Lazic, 2004) โดยค่า Desirability ซึ่งเป็นค่าความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีหน่วย สามารถคำนวณแยกเป็นส่วนๆ หรือทีละค่าตอบสนอง (Response) โดยสามารถแทนได้ด้วย *di* โดยค่า Desirability ของแต่ละค่าตอบสนองจะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และ สามารถคำนวณร่วมกันของแต่ละค่าตอบสนอง จะได้ฟังก์ชันใหม่เป็นค่า *D* ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 เช่นกัน ค่า Desirability function สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$D = \left[\prod_{i=1}^{n} d_i^{p_i}\right]^{1/n}$$

ค่ามาตรฐานของ Desirability ที่สัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานของค่า Desirability ที่สัมพันธ์กับระดับความพึงพอใจและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

Standard estimates	Desires	Quality of product
1.00	Excellent	The ultimate in satisfaction or quality and improvement beyond this point have no appreciable value
1.00-0.80	Very good	Acceptable and excellent. Represent unusual quality, or Performance, well beyond anything commercially available
0.80-0.63	Good	Acceptable and good, represent an improvement over the best commercially quality, the latter having the value of 0.63
0.63-0.37	Satisfactory	Acceptable but poor quality is acceptable to the specification limits, but improvement is desired
0.37-0.20	Bad	Unacceptable. Materials of this quality would lead of failure of the project.
0.20-0.00	Very bad	Completely unacceptable

ที่มา : Lazic (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhou และคณะ (2015) ศึกษาผลของการใช้อัลตราซาวนด์หรือไมโครเวฟ ก่อนการลดปริมาณเกลือออกจากไข่ขาวเค็มดิบด้วยวิธีการ Ultrafiltration พบว่า การใช้อัลตราซาวนด์และไมโครเวฟ ก่อนการกรองช่วยให้อัตราการดึงเกลือออกจากไข่ขาวเค็มเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และร้อยละ 3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ก่อนการกรอง นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้กระบวนการทั้งสอง ก่อนการกรองสามารถปรับปรุงสมบัติด้านหน้าที่ของไข่ขาวเค็มดิบ

Mhamadi และคณะ (2014) ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงในทางเคมีกายภาพ และสมบัติด้านหน้าที่ของไข่ขาวเค็มดิบ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างไข่ขาวเค็มที่มีการกำจัดเกลือออก และไม่กำจัดเกลือออก โดยกำจัดเกลือออกด้วยวิธีการ Electrodialysis desalination พบว่ากระบวนการกำจัดเกลือออกด้วยวิธีการดังกล่าวมีผลต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็มดิบ โดยค่า pH ลดลงจาก 8.07-7.40 และปริมาณเกลือลดลงจากร้อยละ 3.76 เป็น 0.18

Bicoksung (2013) ศึกษาเพื่อคัดเลือกตำรับพื้นฐานการทำขนมปังขาไก่ โดยการวางแผนการทดลองแบบ RCBD และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ พบว่าตำรับพื้นฐานตำรับที่ 1 ได้รับการยอมรับสูงสุด จากนั้นศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของไข่ขาวเค็มในขนมปังขาไก่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 5 10 และ 15 พบว่าปริมาณไข่ขาวเค็มที่ร้อยละ 10 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อขนมปังขาไก่เสริมไข่ขาวเค็ม (ร้อยละ 10) พบว่าผู้บริโภคยอมรับ ในระดับมาก และศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ พบว่าขนมปังขาไก่เสริมไข่ขาวเค็มมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากขนมปังขาไก่ตำรับพื้นฐาน

Doungpin และคณะ (2013) ศึกษากระบวนการผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมทและการนำไปใช้ประโยชน์ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง พบว่าประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้น เท่ากับร้อยละ 58.57, 6.07, 0.48, 31.08 และ 3.96 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และประกอบด้วยเกลือร้อยละ 28.31

Panyathitipong และ Puecthkamutr (2010) ศึกษาผลการเติมเต้าหู้ผงลงในผลิตภัณฑ์อิมัลชันเจลของหมู พบว่าการเติมเต้าหู้ผงในรูป Pre-emulsion สามารถทดแทนเนื้อหมูที่ใช้ได้ รวมทั้งพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำของอิมัลชันเจล มีความสอดคล้องอย่างมีนัยสำคัญกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของไขมัน

Rahardjo และคณะ (1994) ศึกษาการใช้นมถั่วเหลืองผงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการเติมคาร์ราจีแนน พบว่าเมื่อเติมนมถั่วเหลืองผงในไส้กรอกหมูร้อยละ 3 ของส่วนผสม จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ได้มีปริมาณไขมันน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่มีการเติมคาร์ราจีแนน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน และความชื้นสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อเติมนมถั่วเหลืองผงในผลิตภัณฑ์จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณความชื้นมากขึ้น และสัดส่วนของไขมันในสูตรที่เติมนมถั่วเหลืองลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trius และคณะ (1994) ศึกษาผลของคาราจีแนนและเกลือคลอไรด์ที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกโบโลญ่าที่เติมไขมันร้อยละ 10 พบว่าการใช้แลมด้า-คาราจีแนนร้อยละ 0.5 สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการต้มได้มากที่สุด และการใช้คาราจีแนนทำให้ความแน่นเนื้อของไส้กรอกลดลง เมื่อเทียบกับไส้กรอกไขมันสูง

นันทชัย และสรศักดิ์ (2559) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากไข่ขาวเค็มในไส้กรอกไก่ โดยนำไข่ขาวเค็มดิบมาเพิ่มมูลค่าโดยการเติมไข่ขาวเค็มลงในสูตรการผลิตไส้กรอกไก่ งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบระหว่างการเติมไข่ขาวเค็มสุกและดิบ พบว่าการเติมไข่ขาวเค็มดิบให้คุณภาพของไส้กรอกที่ดีกว่าการเติมไข่ขาวเค็มสุก

จุฑามาศ และสันธิลา (2556) ศึกษาคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงและผลการใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือในไก่ยอ พบว่าการใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือในปริมาณที่ให้เปอร์เซ็นต์เกลือเท่ากับสูตรควบคุม จะทำให้ค่าความแข็งของไก่ยอมีค่าน้อยกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อปรับปริมาณไข่ขาวเค็มผงที่ใช้เพิ่มมากขึ้น เพื่อทำให้ปริมาณเกลือในสูตรเพิ่มขึ้น จะทำให้การอุ้มน้ำของแบตเตอร์และเนื้อสัมผัสของไก่ยอดีขึ้น ซึ่งสัดส่วนของการใช้เกลือที่เหมาะสมจะทำให้แบตเตอร์ดีขึ้น คือ การใช้เกลือลดลงจากสูตรควบคุมร้อยละ 50 ซึ่งสัดส่วนเกลือนี้จะมีผลต่อการสกัดแอคตินและไมโอซิน ของเนื้อไก่ จึงไม่สามารถลดปริมาณเกลือได้ 100 เปอร์เซ็นต์

เดชศักดิ์ (2555) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มเหลวและผง ทดแทนเกลือต่อคุณภาพของเพรสแฮม โดยเตรียมไข่ขาวเค็มใน 2 ลักษณะ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ไข่ขาวเค็มเหลวมีโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4.35 ความชื้นร้อยละ 84.43 และโปรตีนร้อยละ 7.5 ส่วนไข่ขาวเค็มผงมีโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 30.06 ความชื้นร้อยละ 4.54 และโปรตีนร้อยละ 57.24 พบว่าเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงมีลักษณะใกล้เคียงกับเพรสแฮมที่ใช้เกลือมากกว่าเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มเหลว และเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือ ร้อยละ 0.31 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีที่สุด จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือร้อยละ 0.31 มีความแตกต่างจากเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือร้อยละ 0.35 และ0.39 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ยุพร และชื่นจิต (2552) ใช้เต้าหู้แข็งทดแทนเนื้อหมูในสูตรแพตตี้หมู ในปริมาณร้อยละ 60, 70 และ 80 ของเนื้อหมู พบว่าเมื่อใช้เต้าหู้แข็ง pH ของแบตเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลงเมื่อใช้เต้าหู้แข็งเพิ่มขึ้นเนื้อสัมผัสของแพตตี้นิ่มลง การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของแพตตี้เต้าหู้หมูที่ใช้เต้าหู้แข็งร้อยละ 80 ทำโดยการเติม คาร์ราจีแนนหรือโลคัสต์บีนกัมผสมคาร์ราจีแนน (อัตราส่วน 1:1) ที่ระดับร้อยละ 1.5, 2 และ 2.5 พบว่าการเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 1.5 ทำให้แพตตี้เต้าหู้หมูมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบหลักในการทดลอง

1) ไข่ขาวเค็มดิบ	บริษัท ณธกร ไข่เค็มมหาชัย สมุทรสาคร ประเทศไทย

3.1.2 วัตถุดิบสำหรับทำไส้กรอก

1) เนื้อหมูส่วนสะโพก	ตลาดสดอมรทรัพย์ เขตหนองจอก กทม. ประเทศไทย
2) มันหมูแข็ง	ตลาดสดอมรทรัพย์ เขตหนองจอก กทม. ประเทศไทย
3) น้ำแข็งบด	ตลาดสดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กทม. ประเทศไทย
4) ผงเพรก	บริษัท Welove-Cooking หลักสี่ กทม. ประเทศไทย
5) เกลือฟอสเฟต	บริษัท Welove-Cooking หลักสี่ กทม. ประเทศไทย
6) อิริโทรเบธ	บริษัท Welove-Cooking หลักสี่ กทม. ประเทศไทย
7) น้ำตาลทราย	บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด ประเทศไทย
8) ผงชูรส	บริษัท อายิโน๊ะโมะโต๊ะ จำกัด ประเทศไทย
9) ปาปริกาป่น	บริษัท คอนติเนนตัล ฟูด จำกัด ประเทศไทย ตราแม็กกาแรต
10) เครื่องเทศรวม	บริษัทยูไนเต็ด โพรเกรส จำกัด ประเทศไทย ได้แก่ พริกไทยดำป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น
11) คาร์ราจีแนน	บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด กทม. ประเทศไทย
12) แซนแทนกัม	บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด กทม. ประเทศไทย
13) แป้งดัดแปร	Siam Modified Starch Co., Ltd. ปทุมธานี ประเทศไทย
14) ไส้คอลลาเจน	ตรา Nippi เบอร์ 210 บริษัท Nippi.incorporated Tokyo, Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 อุปกรณ์การผลิต

1) หม้อสแตนเลส

2) ทัพพี

3) จานพลาสติก

4) ผ้ากรอง

5) ถ้วยพลาสติก

6) มีด

7) ถุงพลาสติก

8) ถาดสแตนเลส

9) ไม้พายพลาสติก

10) เชือก

11) ช้อน

12) กะละมังสแตนเลส

13) เตาแก๊ส

3.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องบดเนื้อ	US Berkel, German
2) เครื่องสับผสม	Sirman รุ่น C4VV-C6VV, Italy
3) เครื่องทำแห้ง (Tray dryer)	Progress, ประเทศไทย
4) เครื่องวัดค่าสี	Minota รุ่น CR400, Japan
5) เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง	Ohaus balance 2 decimal ohaus รุ่น ARC120, USA
6) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	Sartorius รุ่น TE214S, Switzerland
7) Hot plate stirrer	Cimaree 2, USA
8) เทอร์โมมิเตอร์	Leifheit, German
9) เครื่อง Centrifuge	Centrifuge thermo sorvall legend mach รุ่น 1.6R, Germany
10) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส	Stable micro systems texture analyzer, TA-XT plus, UK
11) เครื่องย่อยโปรตีน Gerhardt	Kjeldatherm digestion block รุ่น KB (KB-8S), Germany
12) เครื่องกลั่นโปรตีน	Gerhardt vapodest VAP30, Germany
13) เครื่องวิเคราะห์ไขมัน	รุ่น SOX406 SOX406 ; Soxhlet, China

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14) เตาเผา (Muffle furnance) Nabertherm LT40, Germany

15) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง Schott gerate, Germany

16) Stomacher Bag mixxer, 400 interscience, France

17) ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ Kendro, Heraeus, Germany

18) หม้อนึ่งอัดไอ Tomy, Es-315, Japan

19) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Memmert รุ่น UNB400, Germany

20) โถดูดความชื้น

21) นาฬิกาจับเวลา

22) เครื่องอัดไส้กรอก

23) ตู้ควบคุมความเย็น

24) ตู้ดูดควัน

25) อลูมิเนียมฟรอยด์

26) เครื่องแก้วสำหรับงานวิเคราะห์

27) กระดาษกรอง

28) ที่คีบ (Tong)

29) Boiling chip

30) Hot plate

3.1.5 สารเคมี

1) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)

2) กรดบอริก (H_3BO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3) สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (HCL) 0.1 หรือ 0.01 นอร์มอล

4) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 32 โดยน้ำหนักต่อลิตร

5) ปิโตรเลียมอีเทอร์

6) ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.1 โมลาร์

7) โพแทสเซียม ไทโอไซยาเนต (KSCN) 0.1 โมลาร์

8) เฟอร์ริก อินดิเคเตอร์

9) กรดไนตริก (HNO_3)

10) สารละลายฟีนอฟทาลีน

11) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 การเตรียมไข่ขาวเค็มดิบ

นำไข่ขาวเค็มดิบ ที่ได้จากโรงงาน ณธกร ไข่เค็มมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ขนส่งในสภาพแช่เย็นอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส นำมากรองด้วยผ้าขาวบางที่พับ 2 ชั้น ทำการบรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ถุงละ 50 กรัม ก่อนนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป รวมทั้งทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และเกลือ ตามวิธีของ AOAC (2012) (ภาคผนวก-ข)

3.2.2 การเตรียมไส้กรอกเวียนนา (ดัดแปลงมาจากจุฑารัตน์, 2539)

ไส้กรอก คือ ผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน ที่ได้จากการนำเนื้อมาบด ผสมกับเกลือ และเครื่องปรุงรส แล้วทำการบรรจุในไส้ โดยทำการเตรียมส่วนผสมต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และมีขั้นตอนการทำดังนี้

1) นำสะโพกหมู (เนื้อแดงล้วนๆ ไม่มีเอ็น ไม่มีมัน) หั่นเป็นชิ้นขนาด 2×2 นิ้ว บดละเอียดผ่านรูตะแกรงขนาด 1/8 นิ้ว 1 ครั้ง ชั่งน้ำหนักของสะโพกหมูบดที่ได้ นำไปแช่แข็งให้สะโพกหมูบดมีอุณหภูมิระหว่าง 0-4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้
2) นำมันหมูแข็ง บด 1 ครั้ง ด้วยเครื่องบดเนื้อ ชั่งน้ำหนักของมันบดที่ได้ แล้วนำไปแช่แข็งให้มันหมูบดมีอุณหภูมิระหว่าง 0-4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้
3) นำสะโพกหมูบดแช่แข็งใส่ลงในโถเครื่องสับผสม เดินเครื่องสับผสมเป็นเวลา 1 นาที เติมผงเพรก เกลือฟอสเฟต อิริโทรเบธ และน้ำแข็งบด 1/3 ส่วน ปิดฝา เดินเครื่องสับผสมเป็นเวลา 1.30 นาที (โดยโถสับผสมแช่เย็นที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้)
4) ใส่มันหมูบดแช่แข็ง น้ำตาลทราย ผงชูรส ปาปริกาป่น เครื่องเทศรวม และน้ำแข็งส่วนที่เหลือ สับผสมจนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 1.30 นาที
5) หยุดเดินเครื่อง กวาดเนื้อที่ติดอยู่ภายในโถเครื่องสับผสม
6) เดินเครื่องสับผสมต่อ สับผสมต่อเป็นเวลา 1.00 นาที (ควบคุมอุณหภูมิขณะสับผสมให้อยู่ระหว่าง 12-14 องศาเซลเซียส)
7) นำส่วนผสมที่ได้ใส่เครื่องบรรจุไส้ ทำการอัดส่วนผสมใส่ไส้คอลลาเจน มัดปล้องให้ได้ความยาวขนาดประมาณ 8 เซนติเมตร
8) นำไส้กรอกขึ้นแขวนบนราวและเข้าอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที อบต่อที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที อบต่อที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และอบต่อที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) หลังจากทำการอบเรียบร้อย จึงทำการฉีดน้ำเป็นละอองฝอยที่บริเวณผิวของไส้กรอก เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของไส้กรอกลงอย่างรวดเร็ว

10) ต้มไส้กรอกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที นำขึ้นมาทำให้เย็นในน้ำที่ผสมน้ำแข็งเป็นเวลา 10 นาที เพื่อเป็นการลดความร้อนที่สะสมในไส้กรอก และทำให้เนื้อภายในหดตัวอย่างรวดเร็ว สะเด็ดน้ำบรรจุในสภาวะบรรยากาศโดยใช้ถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีน แช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนผสมสูตรควบคุม

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)
สะโพกหมู	500
มันหมูแข็ง	280
น้ำแข็งบด	210
ผงเพรก[a]	10.50
เกลือฟอสเฟต	3.13
อิริโทรเบธ	0.94
น้ำตาลทราย	4.38
ผงชูรส	0.94
ปาปริกาป่น	1.25
เครื่องเทศรวม[b]	20

ที่มา : ดัดแปลงจากจุฑารัตน์ (2539)

[a]ผงเพรก เตรียมจาก เกลือโซเดียมคลอไรด์: ไนไตรท์ เท่ากับ (94:6) ต่อน้ำหนัก

[b]เครื่องเทศรวม ประกอบด้วย พริกไทยดำป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ศึกษาผลของปริมาณการใช้ไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณเกลือที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ทำการทดลองการเติมไข่ขาวเค็มดิบในสูตรไส้กรอกหมูเวียนนาปริมาณร้อยละ 30 ถึง 50 ของน้ำหนักเนื้อหมูในสูตร เทียบจากปริมาณของเนื้อหมูในตารางที่ 3.1 นอกจากนี้เกลือในสูตรบางส่วนถูกแทนที่ด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบในปริมาณร้อยละ 35 ถึง 75 ของปริมาณเกลือที่อยู่ในไข่ขาวเค็มดิบ โดยที่ปริมาณน้ำและเครื่องปรุงในสูตรทั้งหมดมีการปรับให้เท่ากัน ทำการผลิตไส้กรอกตามวิธีการในข้อ 3.2.2 โดยเติมไข่ขาวเค็มดิบแช่แข็งในขั้นตอนที่ 3 ทำการวิเคราะห์แบตเตอร์และไส้กรอกหมูที่ผลิตได้ดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพของอิมัลชันดิบ (Raw meat batter) โดยใช้วิธีของ Chen และคณะ (2015) เพื่อหาค่าความคงตัวอิมัลชันของแบตเตอร์ (ภาคผนวก ข-7)

2) การวัดค่าสีด้วยเครื่องมือ Minolta, CR-400 เพื่อวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเนื้อไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (ภาคผนวก ก-1)

3) การวิเคราะห์คุณภาพของเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่น TA-XT plus) ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม (Texture profile analysis; TPA) (โดยดัดแปลงจาก Fox และคณะ, 1983) (ภาคผนวก ก-2)

วางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface method; RSM) โดยค่าตัวแปรของปัจจัยแสดงดังตารางที่ 3.2 และสภาวะที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 3.3 เทคนิคทางสถิติใช้แผนภาพคอนทัวร์ (Contour plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่สนใจ ของปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและเกลือ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยวิธีทางสถิติ คือ วิธีการกำลังสองที่น้อยที่สุด (The least square method) เพื่อประมาณค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ โดยฟังก์ชันที่ใช้เรียกว่า Fitted response function

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_1X_2 + \beta_4X_1^2 + \beta_5X_2^2$$

เมื่อ Y คือ ค่าการทำนายค่าของตัวแปร (Response) ได้แก่ ค่าความคงตัวอิมัลชันของแบตเตอร์ ค่าเนื้อสัมผัส และค่าสี (ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง) เมื่อ X_1 คือ ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบ (Salted egg white level) และ X_2 คือ ปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ (Salt replacement level) และจากสมการทำนาย ทำการเลือกสภาวะที่ใช้ในการทดลองต่อไป โดยพิจารณาจากปริมาณของไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบที่มากที่สุด เพื่อให้ได้ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่มีเนื้อสัมผัสดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือ

ปัจจัย	(-1)	(0)	(+1)
Salted egg white level (%)	30	40	50
Salt replacement level (%)	35	55	75

ตารางที่ 3.3 สภาวะที่ใช้ในการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)

Run	Salted egg white level (%)	Salt replacement level (%)
1	30	35
2	30	55
3	30	75
4	40	35
5	40	55
6	40	55
7	40	55
8	40	55
9	40	55
10	40	75
11	50	35
12	50	55
13	50	75

3.2.4 ศึกษาการยอมรับของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาด้วยวิธีการทดสอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดลองทำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาตามสภาวะที่เลือกจากข้อ 3.2.3 เพื่อมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ซึ่งใช้วิธีทดสอบแบบให้คะแนนความชอบ (9-Point hedonic scale) โดย 9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด จำนวนผู้ทดสอบชิม 50 คน ให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (ภาคผนวก-ง) วิเคราะห์ผลทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อนำผลการชิมไปปรับปรุงคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในการทดลองต่อไป

3.2.5 ศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ทดลองเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คาราจีแนน แซนแทนกัม และแป้งดัดแปร ที่ปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 ลงในสูตรของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.4 เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ทำการวิเคราะห์ความเหนียวของแบตเตอร์ด้วยวิธี Back extrusion ดัดแปลงจากวิธีของ Leelayuthsoontorn และคณะ (2006) วิเคราะห์คุณภาพตามวิธีของข้อ 3.2.3 วิเคราะห์โครงสร้างสามมิติของไส้กรอกที่เตรียมได้ด้วยการถ่ายภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM) (ภาคผนวก-จ) ดัดแปลงตามวิธีของ Iwasaki และคณะ (1992) และทำการตรวจสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน (ภาคผนวก-ง)

3.2.6 ศึกษาการปรับปรุงกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ทำการปรับปรุงคุณภาพกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา โดยการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมจากสูตรไส้กรอกหมูเวียนนา (ตารางที่ 3.1) ขึ้นร้อยละ 10 และ 20 ทำการตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ตามวิธีข้อ 3.3.4 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด

3.2.7 ศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

นำไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาเก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ทำจากโพลิเอทธิลีน (Polyethylene; PE) โดยทำการเก็บรักษาที่สภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างตรวจสอบทุกๆ 2 วัน เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 20 วัน จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (มอก. 2549) (ภาคผนวก ค-1) นำมาวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุม โดยทำการตรวจสอบ

1) ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้เครื่อง pH-meter (ภาคผนวก ข-8)

2) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัม (ภาคผนวก ค-1)

3) ปริมาณเชื้อซาโมเนลลา (*Sallmonella sp*) (ภาคผนวก ค-2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

นำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ที่คัดเลือกจากข้อ 3.2.6 ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ทดลองเปรียบเทียบกับไส้กรอกหมูเวียนนา โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2012) (ภาคผนวก-ข)

3.2.9 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete randomize design; CRD) โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบด้วยวิธีประเมินโดยประมาณ (Proximate analysis) ที่ได้มาจากโรงงาน ณ ธกร ไข่เค็มมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่ามีองค์ประกอบที่เป็นน้ำอยู่มากถึงร้อยละ 84.00 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.65 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.22 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.56 และปริมาณเถ้าเท่ากับร้อยละ 2.57 และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณเกลือโดยวิธีการไตเตรท พบว่ามีปริมาณเกลือร้อยละ 4.96 (โดยน้ำหนักเปียก) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ เดชศักดิ์ (2555) ที่รายงานว่า ไข่ขาวเค็มเหลวมีปริมาณความชื้นร้อยละ 84.43 โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4.35 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงให้เห็นว่าไข่ขาวเค็มดิบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตไข่แดงเค็มดิบ มีปริมาณโปรตีนสูงมาก และมีปริมาณไขมันต่ำ จากปริมาณความชื้นและปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มดิบจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณ เพื่อปรับปริมาณน้ำและปริมาณเกลือที่ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบ

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	84.00±0.21
โปรตีน	11.65±0.02
ไขมัน	0.22±0.08
คาร์โบไฮเดรต	1.56±0.00
เถ้า	2.57±0.02

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณเกลือที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าเมื่อเติมไข่ขาวเค็มดิบลงในสูตรไส้กรอกหมูเวียนนา ปรับปริมาณน้ำในสูตรให้เท่ากัน และลดปริมาณเกลือในสูตรเท่ากับปริมาณของเกลือที่มีอยู่ในไข่ขาวเค็มดิบ พบว่าแบตเตอร์ที่เตรียมได้มีลักษณะเหลว ไส้กรอกหมูเวียนนามีเนื้อสัมผัสนิ่ม เละ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ จุฑามาศ และสันธิลา (2556) ที่รายงานว่า การใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือในปริมาณที่ให้เปอร์เซ็นต์เกลือเท่ากับสูตรควบคุม จะทำให้เนื้อสัมผัสของไก่ยอนิ่ม เละ แต่เมื่อปรับปริมาณไข่ขาวเค็มผง ที่ใช้เพิ่มมากขึ้น เพื่อทำให้ปริมาณเกลือในสูตรเพิ่มขึ้น จะทำให้การอุ้มน้ำของแบตเตอร์และเนื้อสัมผัสของไก่ยอดีขึ้น การที่เป็นเช่นนี้ อาจเกิดจากเกลือที่จับอยู่กับองค์ประกอบของไข่ขาวไม่สามารถละลายออกมาในแบตเตอร์ได้หมด ปริมาณเกลือจึงไม่เพียงพอ ทำให้การละลายแอคตินและไมโอซินออกจากกล้ามเนื้อของสัตว์ลดลง (Kaewmanee และคณะ, 2011) เป็นผลให้น้ำและไขมันในเนื้อสัตว์รวมตัวกันได้น้อยลง ส่งผลให้แบตเตอร์เหลว ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสนิ่ม ดังนั้นในการทดลองนี้จะทดลองศึกษาหาปริมาณของเกลือที่สามารถทดแทนด้วยเกลือจากไข่ขาวเค็มดิบควบคู่กับการศึกษาหาปริมาณของไข่ขาวเค็มดิบที่เติมได้

การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบ และปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบในการผลิตไส้กรอกเวียนนา วางแผนการทดลองแบบพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response surface method; RSM) โดยทำซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 5 ซ้ำ ออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central composite design (CCD) เมื่อ Y คือ ค่าการทำนายค่าของตัวแปร (Response) ได้แก่ ค่าความคงตัวของอิมัลชัน ค่าสี (ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง) และค่าเนื้อสัมผัส เมื่อ X คือปัจจัยที่ศึกษาโดย X_1 คือ ปริมาณของไข่ขาวเค็มดิบ (Salted egg white level) (ร้อยละ 30, 40 และ 50) และ X_2 คือ ปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ (Salt replacement level) (ร้อยละ 35, 55 และ 75) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การออกแบบการทดลองแบบ Central composite design และค่าตอบสนองของปัจจัย

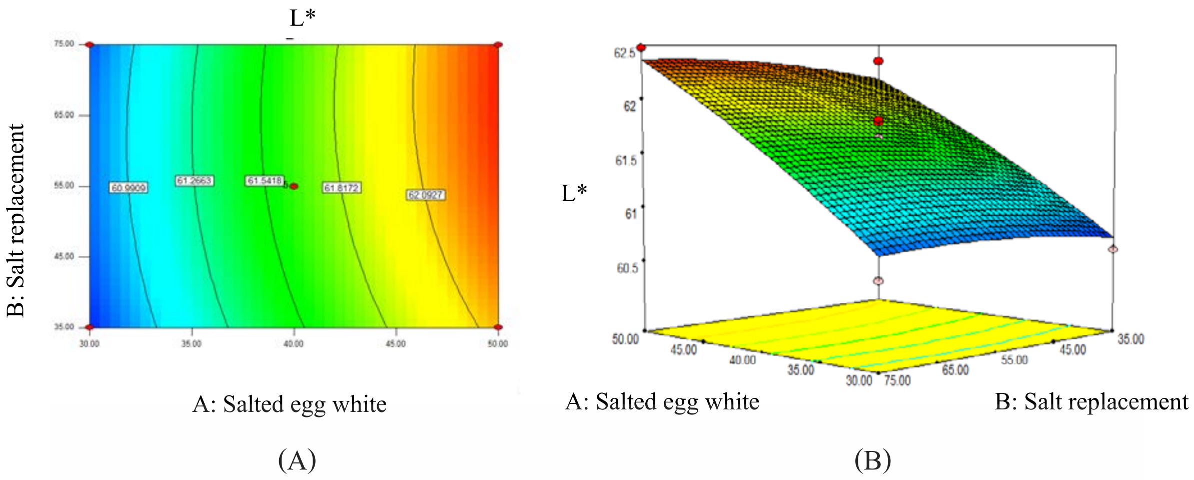
Run	Factor		ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่ปล่อยออก (TFR%)	Color			Texture				
	Salted egg white level (%)	Salt replacement level (%)		L*	a*	b*	Hardness (g×force)	Springiness (sec)	Cohesiveness	Gumminess (g×force)	Chewiness (sec)
1	30	35	ND	60.60	7.55	17.58	5292.75	0.83	0.80	4234.20	3514.39
2	30	55	ND	60.66	7.57	17.57	5312.46	0.81	0.77	4090.59	3313.38
3	30	75	ND	60.59	7.58	17.58	4856.13	0.81	0.77	3739.22	3028.77
4	40	35	ND	61.35	7.66	17.62	5033.11	0.81	0.80	4026.49	3261.46
5	40	55	ND	61.46	7.67	17.62	4991.11	0.81	0.82	4092.71	3315.10
6	40	55	ND	61.55	7.81	17.61	5009.84	0.81	0.81	4057.97	3286.96
7	40	55	ND	61.79	7.66	17.60	5032.47	0.81	0.81	4076.30	3301.80
8	40	55	ND	61.81	7.72	17.61	5017.14	0.81	0.81	4063.88	3291.74
9	40	55	ND	61.64	7.67	17.62	4947.78	0.81	0.81	4007.46	3246.04
10	40	75	ND	61.68	7.79	17.62	4727.48	0.81	0.82	3876.53	3139.99
11	50	35	ND	62.34	7.77	17.64	4963.62	0.81	0.77	3821.99	3095.81
12	50	55	ND	62.35	7.78	17.63	4943.94	0.83	0.83	4103.47	3405.88
13	50	75	ND	62.47	7.89	17.64	4664.07	0.81	0.80	3731.26	3022.32

หมายเหตุ : ND = Not detectable

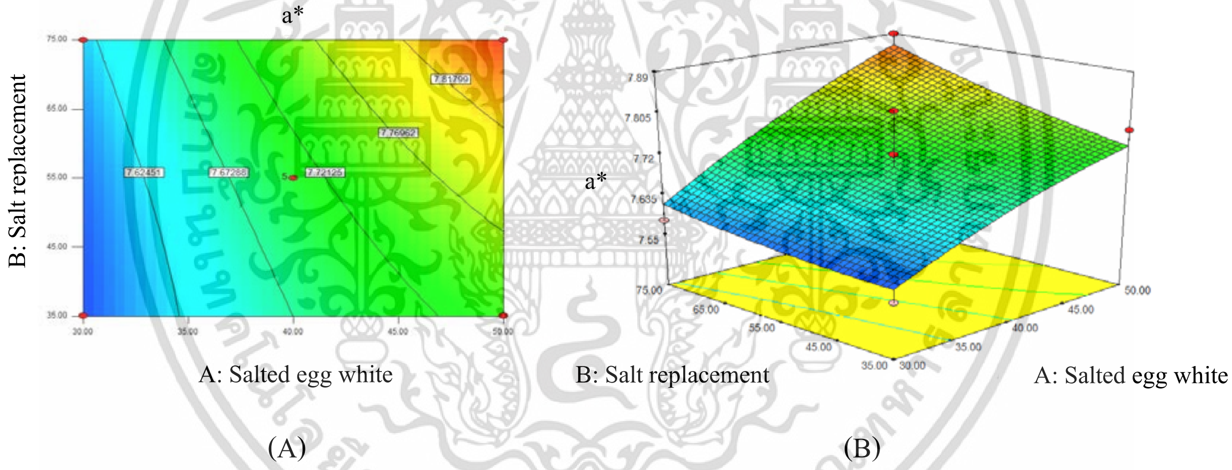
ไส้กรอกที่มีการเติมไข่ขาวเค็มดิบ ผู้วิจัยให้ชื่อว่า "ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา" เมื่อนำแบตเตอร์ของทุกตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าความคงตัวของอิมัลชัน โดยการวิเคราะห์หาปริมาณของเหลวที่แยกออกมา (Total fluid release; TFR) พบว่าทุกตัวอย่างไม่มีน้ำแยกออกมา เช่นเดียวกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมไข่ขาวเค็มดิบ โอวัลบูมิน ซึ่งเป็นโปรตีนหลักที่อยู่ในไข่ขาว เป็นโปรตีนประเภทฟอสโฟไกลโคโปรตีน Huntington และ Stein (2001) อาจมีส่วนช่วยทำให้น้ำและไขมันรวมตัวกันได้ รวมทั้งการเพิ่มเกลือบางส่วนเพื่อทดแทนเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ ช่วยให้มีปริมาณเกลืออิสระเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถสกัดแอคตินและไมโอซินออกจากกล้ามเนื้อ และช่วยให้น้ำกับไขมันรวมตัวกัน เป็นผลให้แบตเตอร์สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้

เมื่อนำผลของค่าตอบสนองปัจจัย คือ ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส มาเขียนแผนภาพคอนทัวร์พล็อตและแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.1 ถึง 4.8 พบว่าเมื่อปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบคงที่ การเพิ่มปริมาณของไข่ขาวเค็มดิบในสูตรการผลิตไส้กรอก ทำให้ค่าความสว่างของไส้กรอกเพิ่มขึ้น (L*) รวมทั้งค่าความแข็งของไส้กรอกมีแนวโน้มลดลง ค่าความเหนียว (Gumminess) น้อยลง ตัวอย่างเช่น ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เตรียมจากปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบที่ร้อยละ 35 เมื่อเพิ่มปริมาณของไข่ขาวเค็มดิบจากร้อยละ 30 ไปเป็นร้อยละ 50 ทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้นจาก 60.60 ไปเป็น 62.34 และค่าความแข็งลดลงจาก 5292.75 กรัม×แรง ไปเป็น 4963.62 กรัม×แรง ค่าความเหนียว (Gumminess) ลดลงจาก 4234.20 กรัม×แรง ไปเป็น 3821.99 กรัม×แรง การเพิ่มไข่ขาวเค็มดิบทำให้อัตราส่วนของเนื้อหมูในสูตรลดลง จึงเป็นผลให้ไส้กรอกมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ ยังส่งผลให้ปริมาณของไนไตรท์ลดลง ไนไตรท์สามารถรวมตัวกับไมโอโกลบินซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดงในเนื้อสัตว์ได้เป็นสารสีชมพูอมแดง เมื่อผ่านความร้อนจะทำให้สีคงทนไม่ซีดจาง (Ann, 1990) การลดปริมาณไนไตรท์ในสูตรไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา จึงส่งผลให้ไส้กรอกมีค่าความสว่างมากขึ้น รวมทั้งเมื่อให้ความร้อนแก่แบตเตอร์ เจลของไข่ขาวที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรงน้อยกว่าเจลของอิมัลชันจากเนื้อหมู เป็นผลให้ค่าความแข็งและค่าความเหนียวของไส้กรอกที่เติมไข่ขาวเค็มดิบลดลง Okada (1985) กล่าวว่า การเติมไข่ขาวจะมีผลต่อความแข็งแรงของเจล การใช้ไข่ขาวในปริมาณที่สูงจะทำให้เจลมีลักษณะอ่อนนุ่ม ความแข็งแรงของเจลจะลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

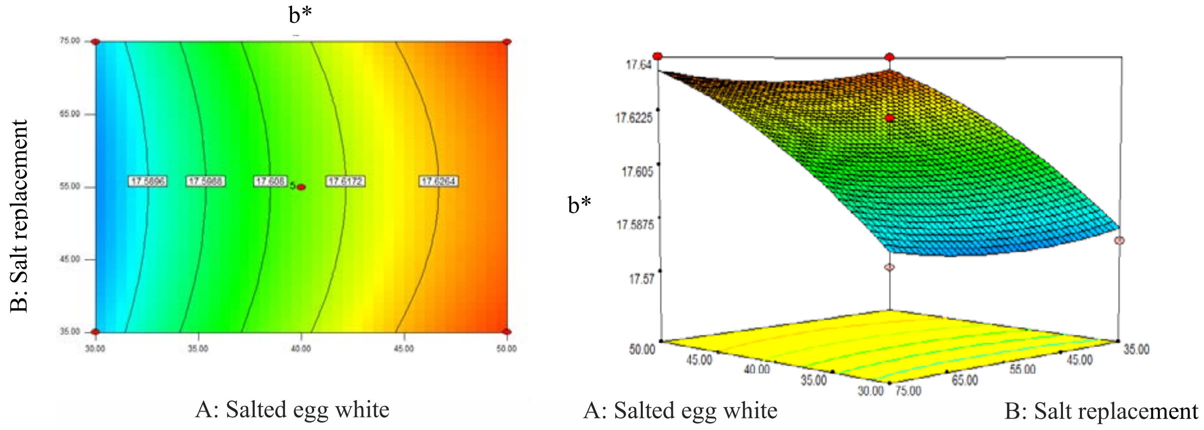


ภาพที่ 4.1 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อ**ค่าความสว่าง**ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา



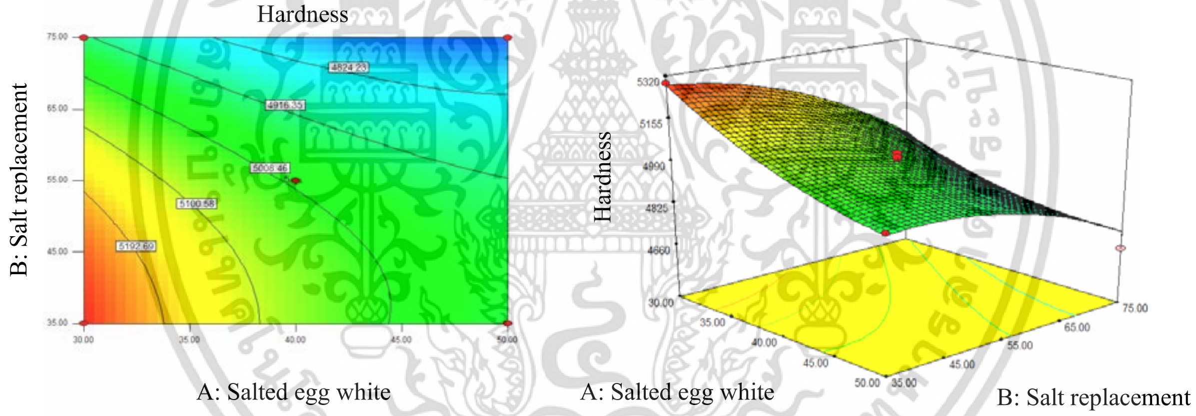
ภาพที่ 4.2 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อ**ค่าสีแดง**ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) (B)

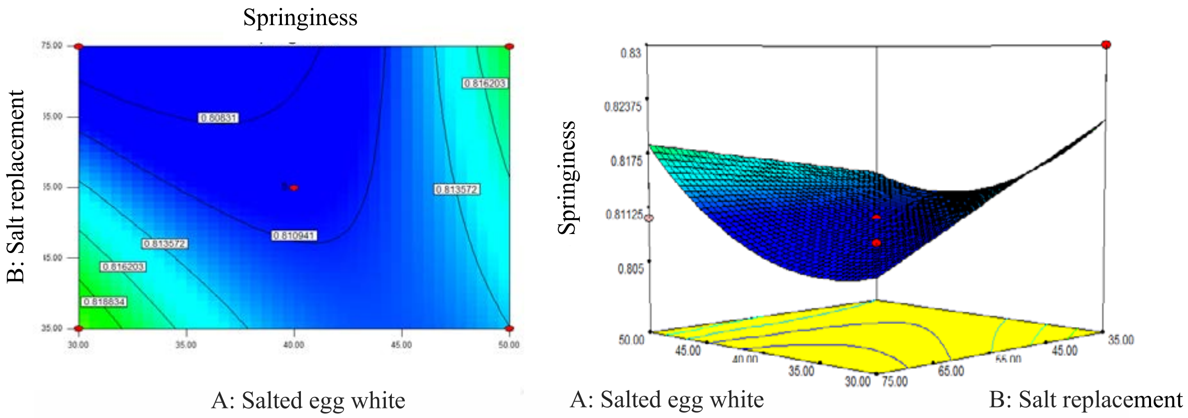
ภาพที่ 4.3 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อ**ค่าสีเหลือง**ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา



(A) (B)

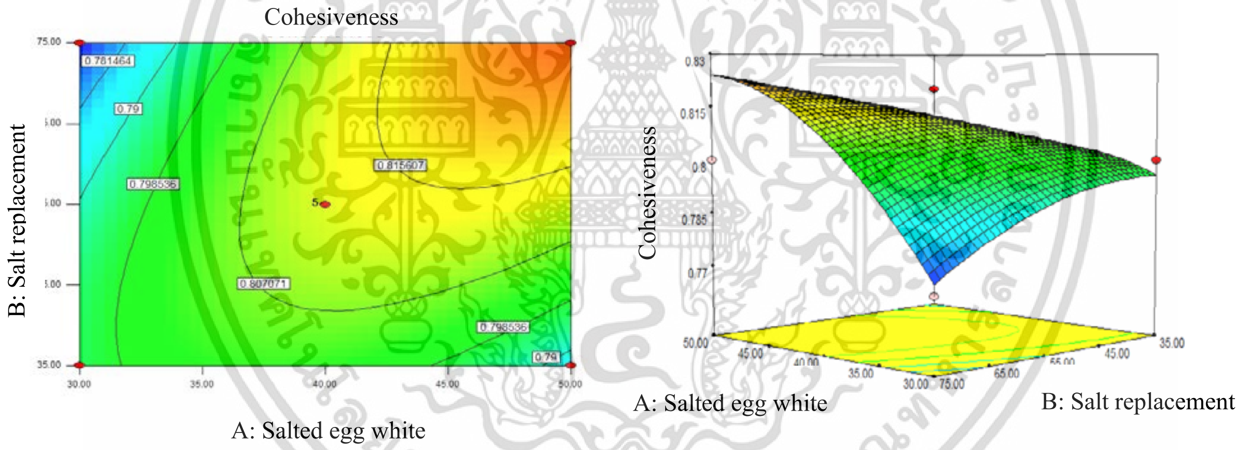
ภาพที่ 4.4 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อ**ค่า Hardness** ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) (B)

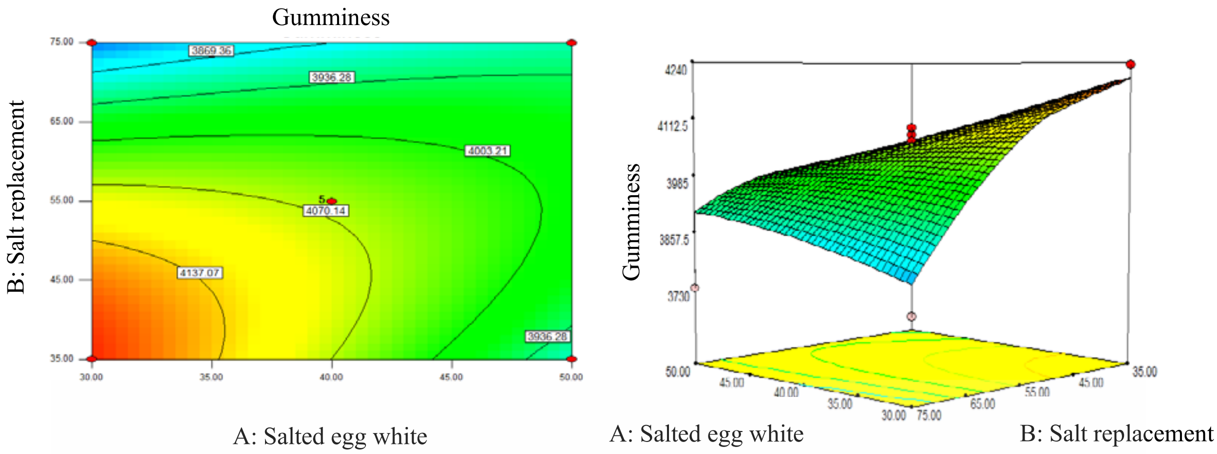
ภาพที่ 4.5 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า **Springiness** ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา



(A) (B)

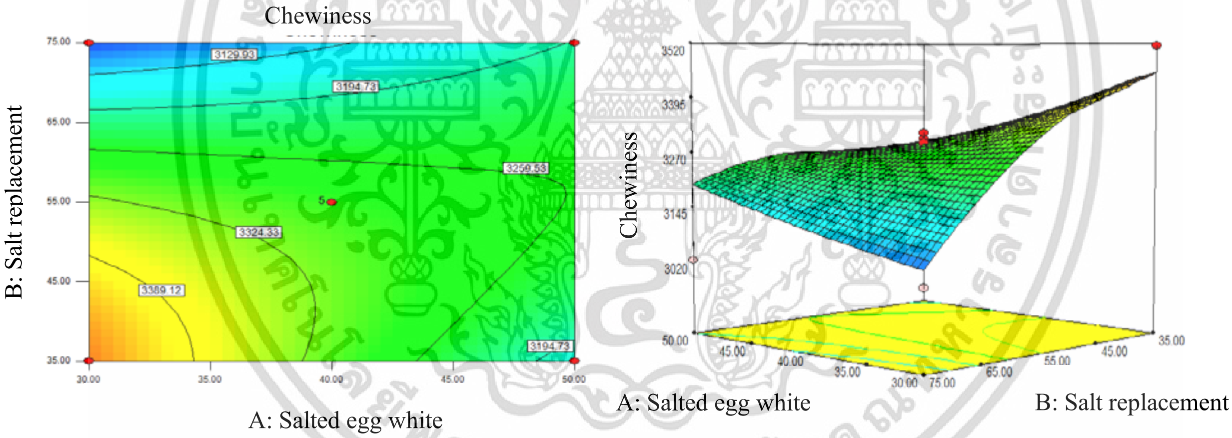
ภาพที่ 4.6 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า **Cohesiveness** ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) (B)

ภาพที่ 4.7 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า **Gumminess** ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา



(A) (B)

ภาพที่ 4.8 แผนภาพคอนทัวร์พล็อต (A) และแผนภาพพื้นที่ผิวตอบสนอง 3 มิติ (B) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไข่ขาวเค็มดิบและปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบต่อค่า **Chewiness** ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อปริมาณไข่ขาวเค็มดิบคงที่ การเพิ่มปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อค่าสีของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา แต่การเพิ่มปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบ ทำให้ค่าความแข็ง และค่าความเหนียวของไส้กรอกลดลง ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้ปริมาณไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 30 การเพิ่มปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 35 ไปเป็นร้อยละ 75 ทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 5295.75 กรัม×แรง ไปเป็น 4856.13 กรัม×แรง และค่าความเหนียวลดลงจาก 4234.20 กรัม×แรง ไปเป็น 3739.22 กรัม×แรง การเพิ่มปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบ เป็นผลให้มีปริมาณของเกลืออิสระน้อยลง ทำให้ค่าความเข้มข้นของไอออนิก (Ionic strength) ในแบตเตอร์ลดลง มีผลต่อการสกัดโปรตีนแอคตินและไมโอซินน้อยลง (Kaewmanee และคณะ, 2011) ความแข็งของเจลจึงลดลง

เมื่อนำผลของค่าตอบสนองของปัจจัยคือ ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อเลือกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับอธิบายผลการทดลองได้ดีที่สุด ด้วยโปรแกรม Design expert โดยประมวลผลด้วยวิธี (Response surface method; RSM) พบว่าได้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของแต่ละแบบจำลองของแต่ละปัจจัย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตอบสนองของปัจจัย

Source	df	Color			Texture				
		L*	a*	b*	Hardness (g×force)	Springiness (sec)	Cohesiveness	Gumminess (g×force)	Chewiness (sec)
		p-value Prob>F							
Model	5	0.0004*	0.0150*	0.0007*	0.0003*	0.3377 ns	0.1866 ns	0.0809 ns	0.1255 ns
A- Salted egg white level	1	<0.0001	0.0013	<0.0001	0.0004	0.6875	0.1272	0.2413	0.3804
B- Salt replacement level	1	0.3465	0.0767	1.0000	0.0002	0.3450	0.5891	0.0386	0.0530
AB	1	0.7434	0.4550	1.0000	0.2710	0.1953	0.1272	0.1114	0.1061
A^2	1	0.3679	0.4791	0.0845	0.0579	0.1009	-	0.6989	0.8739
B^2	1	0.3989	0.6931	0.2223	0.0109	1.0000	-	0.0705	0.1289
Lack of fit	3	0.1594 ns	0.6540 ns	0.5832 ns	0.0598 ns	-	0.0033*	0.0042*	0.0018*
R^2	-	0.9399	0.8212	0.9287	0.9421	0.4956	0.6058	0.6953	0.6471
Adjust R^2	-	0.8970	0.6935	0.8778	0.9007	0.1354	0.3242	0.4776	0.3951

หมายเหตุ : *Significant ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns Not significant ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าตอบสนองของปัจจัย พบว่ามีเพียงข้อมูลที่ได้จากค่าสีและค่าความแข็ง สามารถให้สมการที่นำไปใช้ทำนายผลได้ เนื่องจากสมการนั้นๆ มีค่า Lack of fit ที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (อนุวัตร, 2552) และสมการที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์การอธิบาย (Coefficient of correlation, R^2) ของค่าตอบสนอง มีค่ามากกว่า 0.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลจากการทดลองสามารถนำมาหาความสัมพันธ์ของปริมาณไข่ขาวเค็มดิบ และปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบที่มีต่อค่าสี และค่าความแข็งของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา โดยในการทดลองนี้สมการที่ทำนายแสดงอยู่ในรูปสมการกำลังสอง (Quadratic model) ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สมการที่ทำนายจากการใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนองของแต่ละปัจจัย

Dependent values	Equation quadratic models	R^2	
Color	$L^* = 61.65+0.75A+0.073B+0.035^*AB-0.075A^2-0.070B^2$	0.9399	(1)
	$a^* =7.71+0.10A+0.042B+0.023AB-0.016A^2+8.875E-003B^2$	0.8212	(2)
	$b^* = 17.61+0.026A+0.000B+0.000AB-6.000E-003A^2+4.000E-003B^2$	0.9287	(3)
Texture	$Hardness = 4999.67-130.29A-146.05B+34.27AB+49.24A^2-74.71B^2$	0.9421	(4)

หมายเหตุ : A คือ Salted egg white level (%) ; B คือ Salt replacement level (%)

ตารางที่ 4.5 แสดงข้อมูลโดยใช้ Response surface method (RSM) ที่ได้จากการทำนาย

Response variable	Optimization of condition				
	Goal	Lower limit	Upper limit	Predicted response	Desirability
Salted egg white level	Maximize	30	50	50	0.5920
Salt replacement level	Maximize	35	75	65.21	0.5920
Hardness (g×force)	Maximize	4664.07	5312.46	4842.10	0.5920

การทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา โดยใช้เทคนิคพื้นที่ผิวตอบสนองด้วยโปรแกรม Design expert ในการทดลองนี้จะพิจารณาจากค่า Desirability ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่นักวิจัยสามารถกำหนดค่าคุณลักษณะตัวแปรตามที่ต้องการได้ เช่น สูงสุด ต่ำสุด หรืออยู่ในช่วงกำหนด (In range) (Derring และคณะ, 1980) โดยในการทดลองนี้มีจุดประสงค์ที่จะใช้ไข่ขาวเค็มดิบในปริมาณมากสุด และให้มีเกลือในสูตรน้อยที่สุด และจากการวิเคราะห์เบื้องต้นค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมไข่ขาวเค็มดิบ พบว่ามีค่าความแข็งเท่ากับ 5608.37 กรัม×แรง ซึ่งมีค่าสูงกว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ทดลองทำในครั้งนี้มาก ดังนั้นในการทดลองนี้จึงกำหนดค่าคุณลักษณะของตัวแปรเพื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสมการทำนาย คือ ปริมาณไข่ขาวเค็มดิบ ปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบ และค่าความแข็งเท่ากับ สูงสุด (Maximize) ซึ่งจากการกำหนดช่วงของค่าตอบสนองดังกล่าว สามารถทำนายจุดหรือพื้นที่ที่เหมาะสม (Optimization) ผลการทำนายแสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา เมื่อพิจารณาจากสภาวะที่ให้ค่าความแข็งของไส้กรอกเวียนนาสูงสุด คือปริมาณการเติม ไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 และปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 65.21 โดยที่สภาวะนี้จะให้ค่า Desirability เท่ากับ 0.5920 ซึ่งหมายถึง มีค่าความพอใจและคุณค่าของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับน่าพอใจ (Harington, 1965) และให้ค่าความแข็งของไส้กรอกจากการทำนายเท่ากับ 4842.10 กรัม×แรง เมื่อนำสภาวะนี้ไปทดลองผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา พบว่าค่าความแข็งของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผลิตได้ มีค่าความแข็งเท่ากับ 4829.30 กรัม×แรง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนาย ตัวอย่างของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผลิตได้แสดงดังภาพที่ 4.9 เพื่อทดสอบความพึงพอใจต่อไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในสภาวะที่เลือกมา จึงทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในหัวข้อต่อไป

ภาพที่ 4.9 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผลิตจากการเติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50
และปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 65.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาการยอมรับของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาด้วยวิธีการทดสอบด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การศึกษาการยอมรับของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale จาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) จากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เพื่อทดสอบสภาวะที่คัดเลือกจากสมการทำนาย ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เตรียมจากสมการทำนาย คือ ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 และปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 65.21 (ภาพที่ 4.10 B) นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมไข่ขาวเค็มดิบ (ภาพที่ 4.10 A) คุณลักษณะที่ประเมิน ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.6

(A)

(B)

ภาพที่ 4.10 ไส้กรอกหมูเวียนนา (A) และ ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ลักษณะที่ทดสอบ	ไส้กรอกหมูเวียนนา	ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา
สี^{ns}	7.38±0.57	7.42±0.54
กลิ่นรส	6.78±0.97^{a}	6.32±0.99^{b}
รสชาติ^{ns}	6.88±0.82	6.92±0.88
เนื้อสัมผัส	7.64±0.75^{a}	6.60±0.57^{b}
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.34±0.52	7.46±0.61

x^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

x^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกหมูเวียนนา และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา พบว่าผู้ชิมให้คะแนนด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามคะแนนด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสนั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุม พบว่ามีค่าความแข็ง 5608.37 กรัม×แรง ในขณะที่ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนามีค่าความแข็ง 4829.30 กรัม×แรง การเติมไข่ขาวเค็มดิบที่มากขึ้น ส่งผลให้สูตรที่เติมไข่ขาวเค็มดิบนั้นมีกลิ่นรสที่อ่อน และมีเนื้อสัมผัสนิ่ม เป็นผลให้ได้รับคะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัสน้อยกว่าไส้กรอกหมูเวียนนา ดังนั้นในการทดลองต่อไปจึงนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาไปทำการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส

4.4 ผลการศึกษาสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา ทำโดยการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คาร์ราจีแนน แซนแทนกัม และแป้งดัดแปร ในปริมาณร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 นำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มาวิเคราะห์คุณภาพ โดยวิเคราะห์ค่าความเหนียวของแบตเตอร์ด้วยวิธี Back extrusion และวิเคราะห์ค่าสี ค่าความแข็งของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 ประกอบด้วย คาร์ราจีแนน แซนแทนกัม และแป้งดัดแปร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลของการเติมคาร์ราจีแนนในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของแบตเตอร์และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ตัวอย่าง (ร้อยละ)	Back extrusion force (kg)	Color			Texture				
		L*	a*	b*	Hardness (g×force)	Springiness (sec)	Cohesiveness	Gumminess (g×force)	Chewiness (sec)
Carrageenan 0%	0.71±0.24[d]	62.46±0.18[d]	7.85±0.16[a]	17.63±0.54[ab]	4829.30±107.07[e]	0.81±0.01[a]	0.80±0.01[a]	3863.44±60.07[b]	3121.66±17.27[c]
Carrageenan 1%	0.73±0.14[c]	63.47±0.21[c]	7.64±0.50[c]	17.65±0.60[a]	4984.87±176.72[d]	0.75±0.01[d]	0.76±0.01[b]	3788.53±63.72[c]	2848.90±52.46[d]
Carrageenan 1.5%	0.74±0.95[b]	64.34±0.13[b]	7.78±0.74[b]	17.53±0.63[b]	5838.23±196.19[c]	0.76±0.01[d]	0.76±0.01[b]	4437.05±41.26[a]	3354.53±41.26[b]
Carrageenan 2%	0.88±0.24[a]	64.35±0.55[b]	7.80±0.47[ab]	17.57±0.12[ab]	5914.34±135.93[b]	0.77±0.01[c]	0.75±0.01[b]	4435.76±49.98[a]	3436.67±49.98[a]
Carrageenan 2.5%	0.88±0.40[a]	65.34±0.11[a]	7.83±0.33[ab]	17.37±0.95[c]	5986.89±116.45[a]	0.79±0.01[b]	0.74±0.01[c]	4406.35±33.21[a]	3472.16±33.21[a]

x[a-e] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมคาร์ราจีแนน แสดงดังตาราง ที่ 4.7 พบว่าเมื่อปริมาณการเติมคาร์ราจีแนนมากขึ้น ส่งผลให้แบตเตอร์มีความเหนียวจับตัวกันเพิ่มขึ้น ค่าแรงของ Back extrusion ที่ใช้ดึงแบตเตอร์มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.71 กิโลกรัม×แรง ไปเป็น 0.88 กิโลกรัม×แรง เมื่อเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 2 Candogan และ Kolsarici (2003) ได้รายงานว่าการเติมคาร์ราจีแนนเป็นผลให้แบตเตอร์ของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ มีค่าความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเติมคาร์ราจีแนน ยังส่งผลให้ค่าความแข็งของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา และค่าความเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้น พบว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ มีค่าความแข็ง และค่าความเหนียวเท่ากับ 4829.30 กรัม×แรง และ 3863.44 กรัม×แรง ตามลำดับ และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5838.23 กรัม×แรง และ 4437.05 กรัม×แรง ตามลำดับ เมื่อมีการเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 1.5 การเกิดเจลของคาร์ราจีแนนร่วมกับการเกิดเจลของอิมัลชันในโปรตีนจากเนื้อหมู ทำให้ค่าความแข็งของไส้กรอกเพิ่มขึ้น Bater และคณะ (1992), Garcia และ Totosaus (2008) และ Russunen และคณะ (2003) ได้รายงานว่าการเติมคาร์ราจีแนนจะช่วยทำให้ไส้กรอกไขมันต่ำมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น จากการรายงานของ Ayadi และคณะ (2009) พบว่าไส้กรอกเนื้อไก่งวงเลาะกระดูก มีค่าความแข็งที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อเติมคาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0 ถึง 0.5 แต่เมื่อเติมคาร์ราจีแนนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.8 และ 1.5 ทำให้ไส้กรอกมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของการเติมแซนแทนกัมในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของแบตเตอร์และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ตัวอย่าง (ร้อยละ)	Back extrusion force (kg)	Color			Texture				
		L*	a*	b*^{ns}	Hardness (g×force)	Springiness (sec)	Cohesiveness	Gumminess (g×force)	Chewiness (sec)
Xanthan gum 0%	0.71±0.24^{a}	62.46±0.18^{d}	7.85±0.16^{a}	17.63±0.54	4829.30±107.07^{b}	0.81±0.01^{a}	0.80±0.01^{a}	3863.44±60.07^{a}	3121.66±17.27^{a}
Xanthan gum 1%	0.54±0.71^{d}	62.34±0.28^{e}	7.68±0.50^{c}	17.63±0.43	4937.34±123.71^{b}	0.71±0.01^{d}	0.66±0.01^{b}	3258.65±60.91^{c}	2313.83±54.95^{c}
Xanthan gum 1.5%	0.56±0.28^{c}	63.43±0.16^{b}	7.70±0.28^{bc}	17.58±0.17	5716.89±140.78^{a}	0.72±0.01^{c}	0.64±0.01^{c}	3648.84±60.90^{b}	2582.39±23.17^{b}
Xanthan gum 2%	0.57±0.18^{c}	63.48±0.61^{b}	7.72±0.54^{b}	17.56±0.38	5839.21±150.59^{a}	0.73±0.01^{c}	0.64±0.01^{c}	3653.74±31.74^{b}	2703.89±66.66^{b}
Xanthan gum 2.5%	0.64±0.64^{b}	64.87±0.15^{a}	7.74±0.38^{b}	17.57±0.21	5911.59±145.01^{a}	0.74±0.01^{b}	0.62±0.02^{d}	3641.02±76.75^{b}	2701.42±52.01^{b}

x^{a-e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

x^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแซนแทนกัม แสดงดังตาราง ที่ 4.8 พบว่าการเติมแซนแทนกัมไม่ได้ทำให้ความเหนียวของแบตเตอร์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มแซนแทนกัมเป็นร้อยละ 1.5 ทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์มีค่าความแข็งอยู่ที่ 4829.30 กรัม×แรง ในขณะที่ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแซนแทนกัมร้อยละ 1.5 มีค่าความแข็งเท่ากับ 5716.89 กรัม×แรง เนื่องจากแซนแทนกัมสามารถรวมตัวเป็นโครงสร้าง 3 มิติหรือสายม้วนขด (Helical structure) ซึ่งจะยึดเกาะกันเอง หรือยึดกับโมเลกุลโปรตีนด้วยพันธะไฮโดรเจน (Katzbauer, 1998) ทำให้โครงสร้างภายใน ยึดเกาะตัวกัน เพิ่มความแข็งของเจล (Gacia-Ochoa และคณะ, 2000) อย่างไรก็ตามการเติมแซนแทนกัมลงในไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาไม่ช่วยเพิ่ม หรือปรับปรุงคุณภาพด้านความยืดหยุ่นของเจล Ramírez และคณะ (2002) กล่าวว่าการเติมแซนแทนกัมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นของเจลเนื้อปลาคาร์พ Montero และคณะ (2000) ศึกษาลักษณะการเกิดเจลของโปรตีนในเนื้อปลาบลูไวท์ติ้งบดที่เติมแซนแทนกัม พบว่าแซนแทนกัมจะรวมตัวในโครงสร้างร่างแหของโปรตีน ทำให้โปรตีนกล้ามเนื้อรวมตัวกันได้ลดลง ส่งผลให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของเจลต่ำลง ในการทดลองนี้พบว่าการเติมแซนแทนกัมลงในไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาทำให้ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเกาะติดกัน ค่าความเหนียว และค่าการเคี้ยวมีแนวโน้มลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลของการเติมแป้งดัดแปรในปริมาณต่างๆ ต่อคุณภาพของแบตเตอร์และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ตัวอย่าง (ร้อยละ)	Back extrusion force (kg)	Color			Texture				
		L*	a*	b*	Hardness (g×force)	Springiness (sec)	Cohesiveness	Gumminess (g×force)	Chewiness (sec)
Modified starch 0%	0.71±0.24[d]	62.46±0.18[e]	7.85±0.16[a]	17.63±0.54[a]	4829.30±107.07[e]	0.81±0.01[c]	0.80±0.01[c]	3863.44±60.07[d]	3121.66±17.27[c]
Modified starch 1%	0.77±0.29[c]	67.23±0.15[d]	7.57±0.15[b]	17.63±0.70[a]	4967.18±115.97[d]	0.94±0.01[b]	0.77±0.01[d]	3824.72±69.86[d]	3603.19±89.61[d]
Modified starch 1.5%	1.00±0.55[b]	67.36±0.10[c]	7.75±0.32[a]	17.58±0.11[a]	5890.81±111.69[c]	0.95±0.01[b]	0.90±0.01[b]	5325.29±52.90[c]	5037.70±55.30[c]
Modified starch 2%	1.98±0.88[a]	67.43±0.38[b]	7.75±0.61[a]	17.45±0.13[b]	5924.73±114.72[b]	0.95±0.01[b]	0.94±0.01[a]	5545.55±53.04[b]	5268.04±31.32[b]
Modified starch 2.5%	1.99±0.97[a]	67.57±0.15[a]	7.82±0.54[a]	17.42±0.11[b]	5954.43±122.43[a]	0.96±0.01[a]	0.95±0.01[a]	5632.89±68.23[a]	5407.57±75.73[a]

x[a-e] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปร แสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่าการเติมแป้งดัดแปรมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1.5 ทำให้ค่าแรงที่ใช้ในการดึงแบตเตอร์ด้วยวิธีการ Back extrusion เพิ่มขึ้น แสดงว่าแบตเตอร์มีการจับตัวกัน มีความเหนียวมากขึ้น เมื่อนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรในปริมาณต่างๆ มาวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส พบว่าค่าเนื้อสัมผัสทุกค่า ไม่ว่าจะเป็นค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเกาะติดกัน ค่าความเหนียว และค่าการเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใช้แป้งดัดแปรมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1.5 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวัฒน์ และคณะ (2555) ที่รายงานว่าการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อไก่ ทำให้ไส้กรอกไก่เสริมเส้นใยสับปะรด มีค่าความแข็ง การเชื่อมติด ความเหนียว และการเคี้ยวดีขึ้น แป้งดัดแปร ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดในอาหาร (Thickening agent) ช่วยให้ส่วนประกอบมีการยึดเกาะกันเพิ่มขึ้น การให้ความร้อนในการทำให้สุก ช่วยให้เกิดกระบวนการเจลาติไนซ์ เกิดการฟอร์มเจลเป็นผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น (สราวุฒิ และอิสรา, 2551)

เมื่อเปรียบเทียบผลการใช้สารไฮโดรคอลลอยด์ทั้งสามชนิด เพื่อเลือกตัวที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป ปัจจัยที่พิจารณาคือ ราคา และคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส จากผลการทดลองตารางที่ 4.7 ถึง 4.9 พบว่าการใช้คาร์ราจีแนนและแป้งดัดแปรช่วยให้แบตเตอร์จับตัวกันดีขึ้น มีความเหนียวเพิ่มขึ้น ซึ่งการยึดเกาะของแบตเตอร์มีผลต่อการอัดไส้ โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้เครื่องอัดไส้ด้วยมือ ถ้าแบตเตอร์มีการจับกันดี จะทำให้ได้ไส้กรอกที่มีลักษณะเรียบเนียน (เยาวลักษณ์, 2536) ในการทดลองนี้พบว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแซนแทนกัม (ภาพที่ 4.12) เกิดลักษณะที่มีรูพรุนมากกว่าการเติมคาร์ราจีแนนและแป้งดัดแปร (ภาพที่ 4.11 และ 4.13) เมื่อเปรียบเทียบคาร์ราจีแนนและแป้งดัดแปร นอกจากราคาที่ต่ำกว่า พบว่าการใช้แป้งดัดแปรช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา โดยเฉพาะการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ทำให้ได้ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่มีค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเกาะติดกัน ค่าความเหนียว และค่าการเคี้ยวดีขึ้น พบว่าการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ทำให้ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา มีค่าความแข็งเท่ากับ 5890.81 กรัม×แรง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุม ที่มีค่าความแข็งเท่ากับ 5608.37 กรัม×แรง ดังนั้นผู้ทดสอบจึงเลือกไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ซึ่งมีค่าความแข็งใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ เปรียบเทียบกับไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่มีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.11 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมคาร์ราจีแนน (Carrageenan)
ที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ

ภาพที่ 4.12 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแซนแทนกัม (Xanthan gum)
ที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ

ภาพที่ 4.13 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปร (Modified starch)
ที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่เติมและเติมแป้งดัดแปร

ลักษณะที่ทดสอบ	0%	1.5%
สี^{ns}	7.18±0.60	7.50±0.51
กลิ่นรส^{ns}	6.76±0.89	6.36±0.88
รสชาติ	6.94±0.68^{b}	7.46±0.73^{a}
เนื้อสัมผัส	6.78±0.74^{b}	7.24±1.02^{a}
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.38±0.57	7.78±0.65

x^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

x^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ทำการทดสอบโดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9-Point hedonic scale ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้นจาก 6.78 ซึ่งเป็นคะแนนในช่วงชอบเล็กน้อย ไปเป็น 7.24 ซึ่งเป็นคะแนนในช่วงชอบปานกลาง แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบชิมชอบลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปร เนื่องจากแป้งดัดแปรทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืดในอาหาร จึงช่วยให้ไส้กรอกมีเนื้อแน่น และมีการยึดเกาะกันเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของธนวัฒน์ และคณะ (2555) ที่รายงานว่าการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 3 ของน้ำหนักเนื้อไก่ มีผลต่อค่าความแข็ง ความเหนียว และการเคี้ยวมากที่สุด ผู้ทดสอบยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลคะแนนความชอบในทุกด้านของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 พบว่าคะแนนในทุกด้านยกเว้นด้านกลิ่นรส มีคะแนนอยู่ในช่วงชอบปานกลาง อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนายังอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ดังนั้นในการทดลองต่อไปจะนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ไปปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรส

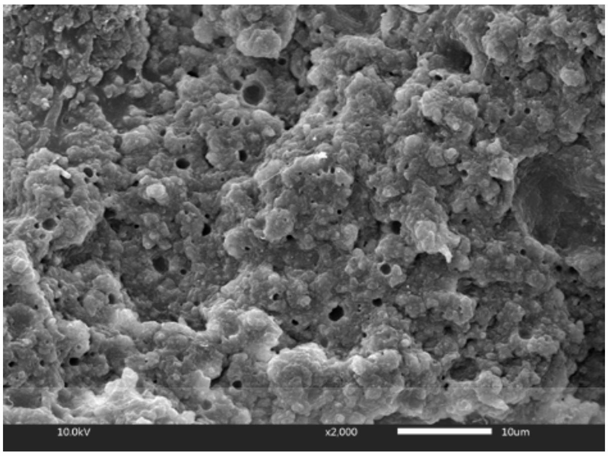
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

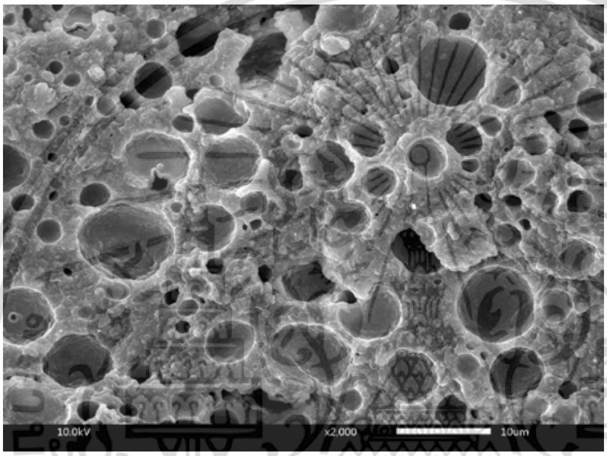
การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา ทำโดยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยายต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุม ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เตรียมจากการเติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 ปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบเป็นร้อยละ 65.21 ทั้งที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 และไม่เติม ผลการวิเคราะห์แสดงดังภาพที่ 4.14

ภาพที่ 4.14 (A) แสดงถึงโครงสร้างภายในของไส้กรอกหมูเวียนนาที่กำลังขยาย 2000X พบว่ามีโครงสร้างของอิมัลชันเจลที่จับกันอย่างแน่นหนา ประสานเป็นโครงสร้างร่างแหแข็งแรง ในขณะที่ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (ภาพที่ 4.14 (B)) มีโครงสร้างสามมิติที่มีความแน่นหนาน้อย ความเป็นระเบียบของโครงสร้างร่างแหมีน้อยกว่าไส้กรอกหมูเวียนนา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเติมไข่ขาวเค็มดิบอาจไปรบกวนการประสานกันเป็นร่างแหที่มีระเบียบของเนื้อหมู ไขมัน และน้ำ (ยุพร และอัจฉรา, 2553) เป็นผลให้ไส้กรอกที่เติมไข่ขาวเค็มดิบ มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มกว่าไส้กรอกหมูเวียนนา อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ลงในไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา พบว่าโครงสร้างภายในของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนนาเปลี่ยนไป ภาพที่ 4.14 (C) แสดงถึงโครงสร้างภายในของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 พบว่าการเติมแป้งดัดแปรทำให้โครงสร้างร่างแหสามมิติ มีความเป็นระเบียบและจับตัวกันแน่นมากขึ้น แป้งดัดแปร ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ช่วยประสานให้ร่างแหของโปรตีน ไขมัน และน้ำจับตัวกันได้ดีขึ้น (BeMiller, 1997) เป็นผลให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

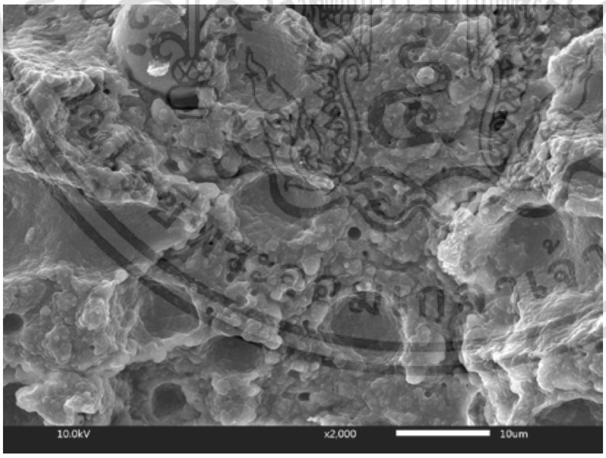
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 4.14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 2000X ของไส้กรอกหมูเวียนนา (A) ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการศึกษาการปรับปรุงกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพทางด้านกลิ่นรสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา ทำโดยการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นร้อยละ 10 และ 20 เทียบกับสูตรเริ่มต้น ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale ในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ทำการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นในปริมาณที่แตกต่างกัน

ลักษณะที่ทดสอบ	0%	10%	20%
สี^{ns}	7.11±0.64	7.30±0.54	7.44±0.57
กลิ่นรส	6.70±0.78^{c}	7.26±0.86^{b}	8.12±0.72^{a}
รสชาติ	6.89±0.80^{b}	6.96±0.71^{b}	7.85±0.86^{a}
เนื้อสัมผัส^{ns}	7.78±0.42	7.56±0.51	7.63±0.49
ความชอบโดยรวม	7.19±0.62^{b}	7.33±0.48^{b}	8.22±0.51^{a}

x^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

x^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

เมื่อนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนามาทำการปรับปรุงกลิ่นรสโดยการปรับยกสูตรเครื่องเทศรวม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่าผู้ชิมให้คะแนนด้านสี และเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก อย่างไรก็ตามเมื่อทำการปรับยกเครื่องเทศรวมในปริมาณร้อยละ 20 ส่งผลให้ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส และรสชาติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นไปได้ว่าการเพิ่มปริมาณของเครื่องเทศรวม ส่งผลให้ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนามีรสชาติ และมีกลิ่นหอมมากขึ้น เป็นผลให้ ผู้ชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมเท่ากับ 8.22 อยู่ในช่วงคะแนนชอบมาก ซึ่งมากกว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ไม่ได้ปรับยกสูตรเครื่องเทศรวม ได้คะแนนความชอบเท่ากับ 7.19 อยู่ในช่วงคะแนนชอบปานกลาง ดังนั้นจึงนำไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ทำการปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่นรสโดยการปรับยกสูตรเครื่องเทศรวมที่ปริมาณร้อยละ 20 ไปทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ทำการเตรียมไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุม และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 ปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบเป็นร้อยละ 65.21 เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 และเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นร้อยละ 20 บรรจุลงในถุงพอลิเอทิลีน (Polyethylene; PE) ถุงละประมาณ 100 กรัม และทำการฉีดแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 โดยทำการเก็บรักษาที่สภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในไส้กรอกทั้งสองชนิดทุกๆ 2 วัน เป็นระยะเวลา 20 วัน วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณเชื้อซาโมเนลลา ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.12 ถึง 4.14 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ

วันที่	ไส้กรอกหมูเวียนนา		ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา	
	สภาวะบรรยากาศ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะบรรยากาศ	สภาวะสุญญากาศ
0	$6.97±0.00^{a}$	$6.98±0.01^{a}$	$6.97±0.01^{a}$	$6.98±0.01^{a}$
2	$6.95±0.01^{a}$	$6.95±0.01^{b}$	$6.95±0.00^{a}$	$6.95±0.00^{b}$
4	$6.81±0.01^{b}$	$6.91±0.01^{c}$	$6.81±0.01^{b}$	$6.90±0.00^{c}$
6	$6.47±0.07^{c}$	$6.87±0.01^{d}$	$6.43±0.00^{c}$	$6.87±0.01^{d}$
8	$6.32±0.01^{d}$	$6.84±0.01^{e}$	$6.25±0.00^{d}$	$6.81±0.00^{e}$
10	$6.11±0.01^{e}$	$6.81±0.01^{f}$	$6.07±0.01^{e}$	$6.79±0.01^{f}$
12	$5.65±0.01^{f}$	$6.67±0.01^{g}$	$5.64±0.02^{f}$	$6.63±0.01^{g}$
14	$5.44±0.02^{g}$	$6.47±0.02^{h}$	$5.55±0.01^{f}$	$6.41±0.01^{h}$
16	$5.40±0.01^{g}$	$6.36±0.01^{i}$	$5.34±0.01^{g}$	$6.30±0.01^{i}$
18	$5.15±0.01^{h}$	$6.26±0.01^{j}$	$5.13±0.08^{h}$	$6.20±0.01^{j}$
20	$4.97±0.04^{i}$	$6.22±0.03^{k}$	$4.93±0.01^{i}$	$6.17±0.00^{k}$

x^{a-k} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนามีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์มีมากขึ้น ทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติก Smulders และ Woolthuis, (1983) รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของไส้กรอกลดลง เนื่องจากการที่เชื้อจุลินทรีย์มีการใช้น้ำตาลแลคโตสและน้ำตาลชนิดอื่นๆ แล้วได้กรดแลคติกออกมา โดยเฉพาะในสภาวะบรรยากาศ ค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะสุญญากาศ พบว่าในวันที่ 12 ค่าความเป็นกรดของไส้กรอกทั้งสองตัวอย่าง ที่เก็บในสภาวะบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นมาก ค่า pH ลดลงจาก 6.97 ไปเป็นประมาณ 5.64 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตารางที่ 4.13) พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น และในสภาวะบรรยากาศ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นมากกว่าการเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มมีโซฟิลิก (Mesophilic bacteria) แบคทีเรียที่อาศัยอากาศสามารถเจริญเติบโตได้ดี เป็นผลให้ค่าความเป็นกรดของไส้กรอกทั้งสองตัวอย่าง เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้นมาก (ยุพร และอัจฉรา, 2553) และในวันที่ 12 พบว่าไส้กรอกทั้งสองตัวอย่างที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาของสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม (2549) ที่กำหนดให้มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต่อกรัมน้อยกว่า 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ในขณะที่ไส้กรอกทั้งสองตัวอย่างที่เก็บในสภาวะสุญญากาศสามารถเก็บไว้ได้ถึงวันที่ 20 โดยที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังตรวจไม่พบเชื้อซาโมเนลลา (ตารางที่ 4.14) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผลการศึกษาอายุการเก็บแสดงให้เห็นว่าไส้กรอกที่เติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 20 วัน ในสภาพสุญญากาศเช่นเดียวกับสูตรควบคุม

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ

วันที่	ไส้กรอกหมูเวียนนา		ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา	
	สภาวะบรรยากาศ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะบรรยากาศ	สภาวะสุญญากาศ
0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
4	8×10^2	2×10^2	6×10^2	2×10^2
6	1.9×10^3	7×10^2	1.6×10^3	7×10^2
8	2.1×10^3	9×10^2	2.0×10^3	8×10^2
10	3.4×10^3	1.4×10^3	2.8×10^3	1.1×10^3
12	1.0×10^4	1.7×10^3	1.0×10^4	1.7×10^3
14	1.2×10^4	2.0×10^3	1.2×10^4	1.8×10^3
16	1.4×10^4	3.1×10^3	1.5×10^4	2.6×10^3
18	1.5×10^4	3.3×10^3	1.5×10^4	2.7×10^3
20	1.7×10^4	4.0×10^3	1.8×10^4	4.1×10^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงของเชื้อซาโมเนลลาของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศและสุญญากาศ

วันที่	ไส้กรอกหมูเวียนนา		ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา	
	สภาวะบรรยากาศ	สภาวะสุญญากาศ	สภาวะบรรยากาศ	สภาวะสุญญากาศ
0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
6	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
8	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
10	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
14	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
16	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
18	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
20	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ทำการเปรียบเทียบระหว่างไส้กรอกหมูเวียนนาสูตรควบคุม และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 ปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบเป็นร้อยละ 65.21 เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 และเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นร้อยละ 20 ทำการวิเคราะห์ค่าความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

องค์ประกอบ	ไส้กรอกหมูเวียนนา	ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา
ความชื้น^{ns}	52.88±0.05	52.55±0.06
โปรตีน	13.85±0.02^{b}	19.85±0.04^{a}
ไขมัน	24.60±0.02^{a}	19.60±0.05^{b}
คาร์โบไฮเดรต	6.12±0.00^{a}	5.40±0.00^{b}
เถ้า^{ns}	2.55±0.03	2.60±0.05

x^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน
x^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวนอน
± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าไส้กรอกไข่ขาวเวียนนามีปริมาณความชื้นร้อยละ 52.55 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 19.85 ปริมาณไขมันร้อยละ 19.60 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.40 และปริมาณเถ้าร้อยละ 2.60 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับไส้กรอกหมูเวียนนา พบว่าการเติมไข่ขาวเค็มดิบทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 6 และยังสามารถลดไขมันในไส้กรอกลงได้ ไข่ขาวเค็มดิบมีปริมาณไขมันน้อยเพียงร้อยละ 0.2 (ตารางที่ 4.1) เมื่อใช้ไข่ขาวเค็มดิบเป็นส่วนประกอบในการผลิตไส้กรอกเวียนนา จึงเป็นผลให้มีปริมาณไขมันในไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาลดลงถึงร้อยละ 5 นอกจากนี้การเติมไข่ขาวเค็มดิบเพื่อทดแทนเกลือบางส่วน ทำให้ปริมาณผงเพรกที่ใช้ลดลงมาก (ตาราง ฉ-2) จึงสามารถลดปริมาณการใช้ไนไตรท์ และช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของไส้กรอกหมูเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มดิบ พบว่าประกอบด้วยน้ำร้อยละ 84.00 โปรตีนร้อยละ 11.65 ไขมันร้อยละ 0.22 เถ้าร้อยละ 2.57 และเกลือร้อยละ 4.96 (โดยน้ำหนักเปียก) แผนภาพคอนทัวร์พล็อต และแผนภาพพื้นที่ตอบสนอง แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณการทดแทนเกลือของไข่ขาวเค็มดิบคงที่ การเพิ่มปริมาณไข่ขาวเค็มดิบในสูตรการผลิตไส้กรอก ทำให้ค่าความสว่างของไส้กรอกเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งและค่าความเหนียวมีแนวโน้มลดลง และเมื่อปริมาณไข่ขาวเค็มดิบที่เติมลงไปคงที่ การเพิ่มปริมาณการทดแทนของเกลือของไข่ขาวเค็มดิบ ทำให้ค่าความแข็งและค่าความเหนียวของไส้กรอกลดลง จากสมการทำนายคุณภาพ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา คือ ปริมาณการเติมไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 50 และปริมาณของเกลือที่ถูกทดแทนด้วยเกลือในไข่ขาวเค็มดิบเป็นร้อยละ 65.21 ผลของการปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าการเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ทำให้ความเหนียวของแบตเตอร์เพิ่มขึ้น และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผลิตได้มีค่าความแข็งใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ผลการวิเคราะห์โครงสร้างภายในของไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา พบว่าการเติมไข่ขาวเค็มดิบทำให้ความเป็นระเบียบ และความแน่นหนาของโครงสร้างร่างแหของโปรตีน ไขมัน และน้ำลดลง การเติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 ทำให้อิมัลชันเจลจับเป็นกลุ่มก้อน โครงสร้างร่างแหมีความแข็งแรงขึ้น ผลของการปรับปรุงกลิ่นรสโดยการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศรวมขึ้นร้อยละ 20 พบว่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส และรสชาติเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบมาก ผลของการเก็บรักษา พบว่าไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินเกณฑ์มาตรฐานในวันที่ 12 ในขณะที่ไส้กรอกที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นระยะเวลา 20 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และตรวจไม่พบเชื้อซาโมเนลลาในตัวอย่าง 25 กรัม ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าผลของการเติมไข่ขาวเค็มดิบที่ระดับร้อยละ 50 มีผลให้ค่าปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 6 ยังสามารถลดไขมันในไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาลดลงได้ถึงร้อยละ 5 และยังช่วยลดปริมาณการใช้ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลวรรณ โรจน์สุนทรกิตติ. 2550. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไข่ขาว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2997/egg-white. 25 ตุลาคม 2559.

กองโภชนาการ กรมอนามัย. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: คุณค่าทางอาหารของไส้กรอกเวียนนา http://www.urnurse.net/nutrition-meat.html. 25 ตุลาคม 2559.

ไข่เค็ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://pasusat.com/. 25 ตุลาคม 2559.

ชมภู่ ยิ้มโต. 2543. การพัฒนาไข่เค็มชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

จุฑามาศ จังสิริมงคล และสันธิลา มัดฮาซัน. 2556. การศึกษาคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงและผลการใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือในไก่ยอ. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ฐานเศรษฐกิจ. 2559. เขย่าตลาดไส้กรอก 3 หมื่นล้าน ‘เบทาโกร’ รีแบรนด์ใหญ่รอบ 5 ปีท้าชนเบอร์ 1 ‘ซีพี’ 36(3): 170 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thansettakij.com/content/66139. 17 มีนาคม 2560.

เดชศักดิ์ วิจิตต์พันธ์. 2555. ผลของการใช้ไข่ขาวเค็มเหลวและผงทดแทนเกลือต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ธานี พุทธวิถี. 2536. ไข่เค็มและไข่เยี่ยวม้า. รายงานวิชาการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ธนวัฒน์ มาปายะ, พีราภรณ์ เครือปาละ, นภาพร ดีสนาม และสุพัฒน์ ใต้เวชศาสตร์. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่เสริมเส้นใยสับปะรด. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. ลำปาง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2534. คอลลอยด์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นันทชัย แดงวิจิตร์ และสรศักดิ์ กรสุรัตน์. 2559. การใช้ประโยชน์จากไข่ขาวเค็มในไส้กรอกไก่. ปัญหาพิเศษ. ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

นุชรี เบญจานุวัตรา. 2529. เอกสารการสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ. หน่วยที่ 8-15 เล่ม 2. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพมหานคร.

มผช. 27/2546.ไข่เค็ม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.

ยุพร พืชกมุทร. 2555b. โปรตีนในอาหาร. เอกสารประกอบการสอนวิชาโปรตีน. พิมพ์ครั้งที่1. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

ยุพร พืชกมุทร และชื่นจิต พงษ์พูล. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แพตตี้เต้าหู้หมูเพื่อสุขภาพ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 27(3): 20-27.

ยุพร พืชกมุทร และอัจฉรา ควรประเสริฐ. 2553. การทดแทนเนื้อหมูด้วยเต้าหู้แข็งในไส้กรอกรมควัน. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 20(1): 115-124.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร.

รุจริน ลิ้มศุภวานิช และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2556. ผลิตภัณฑ์เนื้อประเภทต่างๆ [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://extension.dld.go.th/th1/index. 25 ตุลาคม 2559.

เรณู ปิ่นทอง, ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และพัชรีย์ พัฒนากูล. 2543. การผลิตไส้กรอกหมูโดยใช้อังคักช่วยเพิ่มสี. วารสารแก่นเกษตร. 28: 89-96.

วรรณา ตุลยธัญ. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

วรรณวิบูยล์ กาญจนกุญธร. 2539. ไข่ในเอกสารการสอนชุดวิชาอาหารและโภชนาการ (ฉบับปรับปรุง) หน่วย 8-15. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

วรรณวิบูยล์ กาญจนกุญธร. 2543. ไข่และผลิตภัณฑ์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 230-247.

สราวุฒิ ทองเจิม และอิสรา ธีระวัฒน์สกุล. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหมูโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 15(1): 50-55.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสาวภา ยุววุฑโฒ. 2538. การพัฒนาดินสำเร็จรูปในการผลิตไข่เค็ม3. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข. 2554. คู่มือการดำเนินงานโครงการหมู่บ้าน/ชุมชนลดหวาน มัน เค็ม. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/ main/index.php. 25 ตุลาคม 2559.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมไส้กรอกเวียนนา. ราชกิจจานุเบกษา ฉ.ประกาศและงานทั่วไป ล.124 ต.พิเศษ 26ง. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสัตว์-ไข่เค็ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dld.go.th/transfer/th1/. 29 ตุลาคม 2559.

ไส้กรอก. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://homecooking.about.com/od/cookingfaqs/f/faqsausage.htm. 25 ตุลาคม 2559.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. หลักการประกอบอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 247.

อาลักษณ์ ทิพยรัตน์ และมณฑิรา นพรัตน์. 2548. การผลิตไข่แดงเค็มโดยใช้ความดันสูง. ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

องค์ประกอบของไข่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/site/eggsandproductsatkmutnb/. 17 มีนาคม 2560.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2547. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. กรุงเทพมหานคร. หน้า 74-86.

อนุวัตร แจ้งชัด. 2549. สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนุวัตร แจ้งชัด. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

Akon, C. C. 1998. Fat replacers. Food Technology. 52: 47-52.

Ann Kaplan. 1990. Methemoglobinemia due to accidental sodium nitrite poisoning. South African Medical Journal. 300-301.

AOAC. 1999. Official Methods of Analysis International. 17th Edition. Association of Analytical Communities. Gaithersburg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC: U.S.A.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International (19th Edition). Washington D.C.: USA.

Ayadi, M. A., Kechaou, A. and Attia, H. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausage properties. Journal of Engineering. 93(3): 278-283.

Bater, B., Descamps, O. and Maurer, A. J. 1992. Quality characteristics of hydrocolloid added oven-roasted turkey breasts. Journal of Food Science. 57: 1068-1070.

BeMiller, J. N. 1997. Starch modifications: challenges and propects. Starch/starke. 49: 127-131.

Bicoksung, R. 2013. Development of Bread Stick Enriched with Salted Powdered Egg-White. Master of Home Economics. Home Economics.

Birch, G. G. and Priestley, R. J. 1973. Degree of gelatinization of cooked rice. Die Starke. 25(3): 98-101.

Bloukas, J. G., Pappa, I. C. and Arvanitoyannis, I. S. 2000. Optimization of salt, olive oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil. Meat Science. 56: 81-88.

Bourne, M. C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology. 32: 62-66.

Camacho, M. M., Martinez-Navarrete, N. and Chiralt, A. 1998. Influence of locust bean gum/Lamda-carrageenan mixtures on whipping and mechanical properties and stability of dairy creams. Food Research International. 31(9): 653-658.

Candogan, K. and Kolsarici, N. 2003. The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristic of low-fat beef frankferters. Meat Science. 64(2): 199-206.

Casas, J. A., Santos, V. and Garcia-Ochoa, F. 2000. Xanthan gum production under several operational conditions: molecular structure and rheological properties. Enzyme and Microbial Technology. 26: 282-291.

Chen, L., Peng, W., Zhuang-Li, K., Ke, L., Chong, X., Jing-Xin, S. and Xing-Lian, X. 2015. Effect of soybean oil emulsified and un-emulsified with chicken plasma protein on the physicochemical properties of frankfurters. Journal of Food Science. 13: 445-455.

Chi, S. P. and Tseng, K. H. 1998. Physicochemical properties of salted pickled yolks from duck and chicken eggs. Journal of Food Science. 63(1): 27-30.

Derringer, G. and Suich, R. 1980. Simultaneous Optimization of Several Response Variables. Journal of Quality Technology. 12: 214-219.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Doungpin, C., Pinsirodom, P. and Puechkamutr, Y. 2013. Effects of foam-mat drying on the qualities of salted egg white. 13th Asean Food Conference 2013. Proceedings: Meeting Future Food Demands: Security & Sustainability. Singapore.

Erbay, Z. and Icier, F. 2009. Optimization of Hot Air Drying of Olive Leaves Using Response Surface Methodology. Journal of Food Engineering. 91(4): 533-541.

Eren, L. and Kaymak-Ertekin, F. 2007. Optimization of Osmotic Dehydration of Potato Using Response Surface Methodology. Journal of Food Engineering. 79: 344-352.

FAO. 1982. Food Composition Tables for the Near East: FAO Food and Nutrition Paper (26). Rome: FAO and USDA.

Fox, J. B., Jenkins, R. K. and Ackerman, S. A. 1983. Texture of emulsified cooked meat products by tree different methods of measurement. Journal of Food Science. 48: 1025-1030.

Gacia-Ochoa, F., Santos, V. E., Casas, J. A. and Gomez, E. 2000. Xanthan gum: production, recovery and properties. Biotechnol Advences. 18: 549-79.

Garcia-Garcia, E. and Totosaus, A. 2008. Low-fat sodium-reduced sausages: effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and k-carrageenan by a mixture design approach. Meat Science. 78(4): 406-413.

Girard J. P., Denoyer, C., and Maillard, T. 1992. Coarse comminution and restructuring of sausage mix. In J. P. Girard(ed). Technology of meat and Meat Product. Eillis horwood limited, England. 234-236.

Hansen, W. F. and Maccance, W. E. 1960. Emulsion formation in finely comminuted sausage. Food Technology. 14: 565-569.

Harington, J. 1965. The Desirability Function. Industrial Quality Control. 21: 494-498.

Hautzinger, P. 1999. Regional Training on Meat Canning Technology. Chiang Mai, Thailand.

Hoogenkamp, H. 1979. Practical Application of Milk Protein in Meat Product. The Netherlands: DMV Veghel.

Huang, J. J., Tsai, J. S. and Pan, B. S. 1999. Picking time and electrodialysis affects functional properties of salted duck egg white. Journal of Food Biochem. 23: 607-618.

Huntington, J. A. and Stein, P. E. 2001. Structure and properties of ovalbumin. Journal of chromatography b biomedical. Science. 756: 189-198.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Iwasaki, T., Noxshiroya, K., Saitoh, N., Okano, K. and Yamamoto, K. 2006. Studies of the effect of hydrostatic pressure pretreatment on thermal gelation of chicken myofibrils and pork meat patty. Journal of Food Chemistry. 95: 474-483.

Kaewmanee, T., Benjakul, S. and Visessanguan, W. 2011. Effects of Salting Processes and Time on the Chemical Composition, Textural Properties, and Microstructure of Cooked Duck Egg. Journal of Food Science.76: 139-147.

Kahyaoglu, T. 2008. Optimization of the Pistachio Nut Roasting Process Using Response Surface Methodology and Gene Expression Programming. LWT-Food Science and Technology. 41(1): 26-33.

Kramlich, W. E., Pearson, A. M. and Tauber, F. W. 1973. Processed meat. The AVI Publishing Company, Inc., Westport.

Kramlich, W. E., Pearson, A. M. and Tauber, F. W. 1980. Processed Meats. The AVI Publishing Company, Inc., Weatport, Connecticut.

Katzbauer, B. 1998. Properties and applications of xanthan gum. Polymer Degrade Stability. 59: 81-84.

Lahaye, M. and Rochas, C. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. Hyhrobiologia. 137-148.

Lazic, Z. R. 2004. Design of Experiments in Chemical Engineering-A Practical Guide, WILEY VCH, Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim.

Leelayuthsoontorn, P. and Thipayarat, A. 2006. Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. Food Chemistry. 96: 606-613.

Light, J. M. 1990. Modification food starch: why, what, where and how. Cereal Food World. 35(11): 1081-1092.

Lucca, P. A. and Topper, B. J. 1994. Fat replacers and the functionality of fat in foods. Trends in Food Science and Technology. 5: 12-19.

Lyon, B. G., Champagene, E. T., Vinyard, B. T. and Windham, W. R. 2000. Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and post-harvest handling practices. Cereal Chemical. 77(1): 64-69.

Mandala, I. G., Savvas, T. P. and Kostaropoulos, A. E. 2004. Xanthan and locust bean gum influence on the rheology and structure of a white model-sauce. Journal of Food Engineering. 64: 335-342.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mhamadi, M., Tidjani, A., YuChuan, W. and Min, Z. 2014. Effect of Desalination on Physicochemical and Functional Properties of Duck (*Anas plotyrhyncus*) Egg Whites. Advance Journal of Food Science and Technology. 6(6): 784-791.

Montero, P., Hurtado, J. and Pérez-Mateos, M. 2000. Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosystem protein gels interacting with hydrocolloids. Food Hydrocolloid. 14: 455-461.

Nation Agricultural Library. 2010. The USDA National Nutrient Database for Standard Reference. [Online]. Available: http://www.nal.usda.gov. 25 October 2015.

Okada, M., Martin, R.E. and R.L. Collette. 1985. Ingredients on Gel Texture. In: Proceedings of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi. National Fisheries Institute. Washington. DC. 513-530.

Panyathitipong, W. and Puecthkamutr, Y. 2010. Functional effects of tufu powder in pork emulsion gel. Proceeding of 56th International Congress of Meat Science and Technology. Korea. 44: 671-679.

Pua, C. K., Abd. Hamid, N. S. and Abd. Rahman, R. 2005. Production of Drum Dried Jackfruit (Artocarpus heterophyllus) Powder with Different Concentration of Soy Lecithin and Gum Arabic. Journal of Food Engineering. 78: 630-636.

Rahardjo, R., Wilson, L. A. and Sebranek, J. G. 1994. Spray dried soymilk used in reduced fat pork sausage patties. Journal of Food Science. 59: 1286-1290.

Ramírez, J. A., Barreva, M., Morales, O. G. and Vázquez, M. 2002. Effect of xanthan and locust bean gums on the gelling properties of myofibrillar protein. Food Hydrocolloid. 16: 11-16.

Russunen, M., Vainionpaa, J., Puolanne, E., Lyly, M., Lahteenmaki, L., Niemisto, M. and Ahvenainen, R. 2003. Effect of sodium citrate, carboxymethylcellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages. Meat Science. 64(4): 371-381.

Smulders, F. J. M. and Woolthuis, C. H. J. 1983. Influence of two levels of hygiene on the microbiological condition of veal as a product of two slaughtering/processing sequences. Journal of Food Science. 46: 1032-1035.

Trius, A., Sebranek, J. G., Rust, R. E. and Carr, J. M. 1994. Low-fat bologna and beaker sausage. Effect of carageenan and chloride salt. Journal of Food Science. 59: 941-945.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhou, B., Zhou, M. Z., Zhong-xiang, F. and Yaping, L. 2015. Effects of ultrasound and microwave pretreatments on the ultrafiltration desalination of salted duck egg white protein. Food and Bioproducts Processing. 96: 306-313.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก-1 การวัดค่าสี (Minolta CR-400, Japan)

1. นำไส้กรอกมาหั่นความยาวขนาด 6 เซนติเมตร
2. ปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดย
   2.1 ต่อปลั๊กไฟเข้าด้านหลังเครื่อง บริเวณช่อง DC
   2.2 เปิด Power ไปที่ ON กด Calibrate รอประมาณ 5 วินาที
   2.3 วางปลายหัววัดแนบกับผิวหน้าของแผ่น Calibrate (แผ่นกระเบื้องสีขาวมาตรฐาน) (White blank; L* = 97, a* = -0.18, b* = 1.84)
   2.4 กดปุ่ม Measuring head อย่ายกหัววัดออกจนกว่าจะ Calibrate เสร็จ โดยหน้าจอจะแสดง 'END'
3. นำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่างและวัดค่า ทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของการวัด
4. บันทึกค่าสีในค่า L*, a* และ b* โดยค่า

L* คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
a* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวกเป็นสีแดง
	เมื่อ a* มีค่าเป็นลบเป็นสีเขียว
b* คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวกเป็นสีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าเป็นลบเป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; L* = 97, a* = -0.18, b* = 1.84) แล้วจึงวัดสีของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-2 การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส (ดัดแปลงจากวิธีของ Fox และคณะ, 1983)

วิธีการทดลอง

ตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของไส้กรอกด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT plus โดยใช้หัววัดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร No. P/35 ทำการตั้งค่าดังต่อไปนี้

เลือกรูปแบบหัววัดเป็น Compression

กำหนดการเคลื่อนที่ของหัววัดเป็น Return to start

กำหนดค่า	Return distance	25	mm
	Return speed	10	mm/s
	Contact force	1	g
กำหนดค่า	Pre-test speed (ความเร็วหัววัดก่อนทดสอบ)	1	mm/s
	Test speed (ความเร็วหัววัดระหว่างทดสอบ)	1	mm/s
	Post-test speed (ความเร็วหัววัดหลังการทดสอบ)	1	mm/s

กำหนดจุดเริ่มทดสอบ (Trigger) เป็น

Type : auto　　Force : 40 g

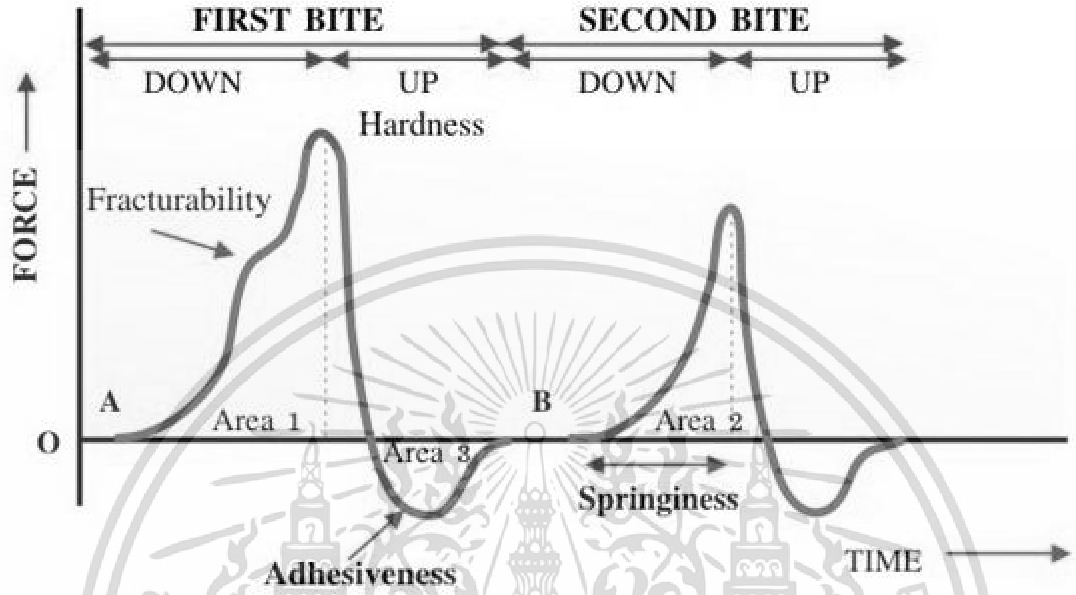
Time : 0.01 s　　Distance 10 %

Data acquisition rate : 200 pps

ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Texture profile analysis (TPA) ทำการวัด 5 ซ้ำ และบันทึกค่าที่ได้จากกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดวิธี Texture profile analysis (TPA) จะได้ค่าตัวแปรทางเนื้อสัมผัสซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัส โดยจะแสดงผลออกมาดังภาพตัวอย่างกราฟจากการวัด Texture profile analysis (TPA)



ภาพที่ ก-1 กราฟแสดงการวัดเนื้อสัมผัส โดย Texture profile analysis (TPA)

ที่มา : Bourne (1978)

จากภาพมีนิยามเกี่ยวกับ Texture profile analysis (TPA) ต่างๆ ดังต่อไปนี้ (Lyon และคณะ, 2000)

ความแน่น (Hardness) คือ ความสูงของจุดสูงสุดของโค้งแรกของกราฟ

ความยืดหยุ่น (Springiness) คือ อัตราส่วนของเส้นทางระหว่างเส้นทางการกดของหัวกดเส้นโค้งที่สอง และเส้นโค้งแรก

ความเกาะติดกัน (Cohesiveness) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ระหว่างเส้นโค้งที่สองกับเส้นโค้งแรก (Area2/Area1)

ความเหนียวติดกัน (Adhesiveness) คือ แรงที่มีค่าลบที่เกิดจากแรงดึงขึ้นของหัวกดขึ้นจากตัวอย่าง (Area3)

ความเหนียวยึดติด (Gumminess) คือ ผลคูณระหว่างค่าความแน่นแข็งกับค่าความเกาะติด Hardness×Cohesiveness

การเคี้ยว (Chewiness) คือ ผลคูณระหว่างค่าความเหนียวยึดติดกับความยืดหยุ่น Gumminess×Springiness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-3 การทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้วิธีการวัดค่าต้านแรงกด (Back extrusion test) (ดัดแปลงจากวิธีของ Leelayuthsoontorn และคณะ, 2006)

วิธีการทดลอง

ตรวจวัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของแบตเตอร์ไส้กรอกด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT plus โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตั้งให้ห่างจากตัวอย่าง 5 มิลลิเมตร ทำการตั้งค่าดังต่อไปนี้

กำหนดค่า	Return distance	40	mm
	Return speed	10	mm/s
	Contact force	1	g
กำหนดค่า	Pre-test speed (ความเร็วหัววัดก่อนทดสอบ)	1	mm/s
	Test speed (ความเร็วหัววัดระหว่างทดสอบ)	1	mm/s
	Post-test speed (ความเร็วหัววัดหลังการทดสอบ)	10	mm/s

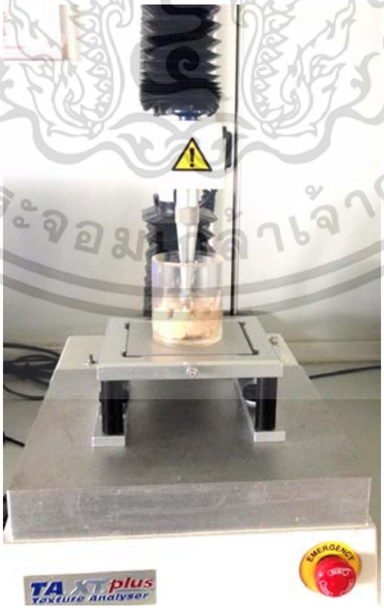
กำหนดจุดเริ่มทดสอบ (Trigger) เป็น

Type : auto　　Force : 40 g

Time : 0.01 s　　Distance 10 %

Data acquisition rate : 200 pps

ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Texture profile analysis (TPA) ทำการวัดและบันทึกค่าที่ได้จากกราฟ



ภาพที่ ก-2 แสดงการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสแบตเตอร์โดยใช้วิธีการวัดค่าต้านแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางเคมี

ข-1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
2. Aluminium can
3. โถดูดความชื้น (Desicators)
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. ช้อนตักสารสแตนเลส
6. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. อบภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำภาชนะอลูมิเนียมออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมฝาจนน้ำหนักคงที่ (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งไส้กรอกที่บดแล้วน้ำหนักประมาณ 10 กรัม (ชั่งให้ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียมที่ผ่านการอบและจดบันทึกน้ำหนักแล้ว โดยทำทั้งหมด 5 ซ้ำ
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาทิ้งไว้
4. นำไปใส่ในโถที่มีสารดูดความชื้น (Desicator) ทิ้งให้เย็น แล้วนำไปชั่งน้ำหนักทำการจดบันทึกผล
5. นำไปอบใหม่ ทำซ้ำอย่างเดิมจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักที่หายไปคือความชื้น นำมาคำนวณเป็นร้อยละ คิดเทียบจากน้ำหนักของตัวอย่างอาหารเริ่มต้น

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ-น้ำหนักหลังอบ(กรัม)}\times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) พร้อม Rack

3. ชุดเครื่องย่อย (Digestion apparatus) และเครื่องกลั่นไนโตรเจน (Distillation apparatus)

4. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร และขาตั้ง (Stand)

5. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250-500 มิลลิลิตร

6. เม็ดกันเดือด (Boiling chip) 2-3 เม็ด

7. กระบอกตวง (Cylinder)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (H_2SO_4)

2. กรดบอริก (H_3BO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (HCL) 0.1 นอร์มอล

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยน้ำหนักต่อลิตร

5. สารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) (เตรียมจาก 1 : 8 ของ $CuSO_4$: K_2SO_4)

6. สารละลายอินดิเคเตอร์ (Mixed indicator)

6.1 เตรียม Bromocresol green ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ใน Alcohol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ เตรียม Methyl red ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ใน Alcohol ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์

6.2 นำ Bromocresol green ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับ Methyl red ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัมบนกระดาษชั่งสารใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติมสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ Boiling chip 2-3 ลูก ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน

2. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับชุดเครื่องย่อย ซึ่งใช้อุณหภูมิในการย่อย 400 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส โดยปล่อยให้เครื่องดูดควันจนหมด ทิ้งหลอดย่อยไว้ให้เย็น

3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน จากนั้นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 ลงไป 50 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร เพื่อละลายตะกอนที่เกิดขึ้น ใช้กรดบอริกร้อยละ 2 เป็นตัวจับแอมโมเนีย ตวงกรดบอริกร้อยละ 2 ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด Mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จประมาณ 4 นาที หรือจนไอของ NH_3 ถูกกลั่นจนหมด

4. นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใสมาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B)\times N\times 14.007\times \text{Factor}\times 100}{Wt._{sample}}$$

เมื่อ A = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง หน่วย มิลลิลิตร

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับ Blank หน่วย มิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก หน่วย นอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่าง หน่วย กรัม

14.007 = น้ำหนักสมมูลย์ของไนโตรเจน

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)
3. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน ประกอบด้วย
   - ถ้วยสกัด (Extraction cup) พร้อม Rack
   - ที่คีบถ้วยสกัด (Extraction cup holder)
   - ทิมเบิล (Thimble)
   - ตัวล็อกทิมเบิล (Thimble holder)
   - เครื่องควบคุมความร้อน
   - เครื่องปั๊มลม
   - เครื่องทำความเย็น (Cooling tower)
4. กระดาษกรองเบอร์ 1
5. เม็ดกันเดือด (Boiling chip) 2-3 เม็ด
6. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
7. โถดูดความชื้น (Desicator)

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petrolium ether) ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้น (อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง) แล้วประมาณ 3 กรัม บนกระดาษกรอง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทำการห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล (Extraction thimble)
3. ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 150 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนแห้งเพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ จดบันทึก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ข-4 การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
3. เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้ (Furnace muffle)
4. Hot plate
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักละเอียด จดบันทึก
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง โดยทำ 5 ซ้ำ และจดบันทึก
3. เผาตัวอย่างบน Hot plate (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน
4. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีขาวหรือสีเทา
5. คีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน คำนวณหาเปอร์เซ็นต์เถ้า ดังสมการ

การคำนวณ

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

ข-5 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1999)

การคำนวณ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) = 100 - ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) - โปรตีน (ร้อยละ) - ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) - ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-6 การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือในรูปคลอไรด์ (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. Hot plate stirrer
2. Magnetic
3. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร และขาตั้ง (Stand)
4. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. กรวยกรอง
6. กระดาษกรองเบอร์ 1
7. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
8. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
9. แผ่นฟรอยด์
10. ปิเปต
11. ช้อนตักสาร

สารเคมี

1. ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 0.1 โมลาร์
2. โพแทสเซียม ไทโอไซยาเนต (KSCN) 0.1 โมลาร์
3. Ferric indicator
4. กรดไนตริก (HNO_3)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างไข่ขาวเค็มดิบ 1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ จดบันทึกน้ำหนัก จากนั้นเติมซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) 10 มิลลิลิตร และกรดไนตริก (HNO_3) 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. ใส่ Magnetic ลงในขวดรูปชมพู่ปิดด้วยฟรอยด์ นำมาต้มบน Hot plate จนละลาย ประมาณ 10 นาที จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
4. เติม Ferric indicator 5 มิลลิลิตร
5. นำไปไตเตรทกับโพแทสเซียม ไทโอไซยาเนต (KSCN) จนเปลี่ยนเป็นสีแดงอิฐ บันทึกปริมาณโพแทสเซียม ไทโอไซยาเนตที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเกลือ (ร้อยละ)} = \frac{5.8(V_1 \times N_1)-(V_2 \times N_2)}{W}$$

V_1 = ปริมาณของซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$) ที่ใช้

N_1 = ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNO_3$)

V_2 = ปริมาณของโพแทสเซียม ไทโอไซยาเนต (KSCN) ที่ใช้

N_2 = ความเข้มข้นของโพแทสเซียม ไทโอไซยาเนต (KSCN)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-7 การวิเคราะห์คุณภาพของอิมัลชันดิบ (Raw meat batter) (Chen และคณะ, 2015)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Centrifuge
2. หลอด Centrifuge
3. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
4. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. ช้อนสแตนเลส
6. กระดาษกรองเบอร์ 1
7. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

วิธีการ

1. เปิดอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส
2. ชั่งน้ำหนักหลอด Centrifuge และบันทึกผล
3. ชั่งน้ำหนักแบตเตอร์ 3 กรัม ใส่ในหลอด Centrifuge และบันทึกผล
4. นำหลอด Centrifuge ไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที
5. นำตัวอย่างเข้าหมุนเหวี่ยงที่ 500 rpm เป็นเวลา 3 นาที
6. ทำการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองเบอร์ 1 ทำการจดบันทึก
7. คว่ำหลอด Centrifuge ลงบนกระดาษกรอง (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน)
8. นำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนักและจดบันทึก

การคำนวณ

ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่ปล่อยออก (Total fluid release : TFR)

$$\%TFR = \frac{\text{Weight of towel paper and fluid release} - \text{Weight of towel paper} \times 100}{\text{Weight of sample}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-8 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Bloukas และคณะ, 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter
2. เครื่อง Blender
3. น้ำกลั่น
4. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ทิชชู

วิธีการ

1. ชั่งแบตเตอร์ 20 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ด้วยเครื่อง Blender เป็นเวลา 30 วินาที
2. วัดด้วยเครื่อง pH meter ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำ 5 ซ้ำ และจดบันทึก

วิธีการวิเคราะห์

1. กด Cal ที่เครื่อง pH meter จนกระทั่งขึ้น Ctl
2. จุ่ม Probe ลงใน pH7 กด Enter รอจน Ct2 ปรากฏ ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยทิชชู
3. จุ่ม Probe ลงใน pH4 กด Enter รอจนปรากฏค่า Slope ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น ซับด้วยทิชชู
4. จุ่ม Probe ลงในบีกเกอร์ตัวอย่าง กด Enter จะปรากฏค่า pH ทำการจดบันทึก

หมายเหตุ

- pH buffer ต้องมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- ในขั้นตอนการวัด ต้องใช้เวลาไม่เกิน 10 นาที ถ้าเกินต้องปิดเครื่องและทำการ Calibrate ใหม่
- ถ้าไม่ขึ้น Ct2 แต่ขึ้น Et3 ให้ปิดเครื่องและทำการ Calibrate ใหม่ ถ้ายังไม่ได้ให้เปลี่ยน pH buffer ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ค-1 การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (Total plate count; TPC) (AOAC, 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหาร 25 กรัม
2. 0.1% Peptone water ที่ฆ่าเชื้อแล้ว 225 มิลลิลิตร
3. 0.1% Peptone water ที่ฆ่าเชื้อแล้ว 9 มิลลิลิตร
4. จานอาหารแข็ง Plate count agar (PCA plate)
5. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ที่หลอมเหลว
6. จานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว
7. แท่งแก้วงอ
8. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
9. ที่ใส่ปิเปตที่ใช้แล้ว
10. 70% แอลกอฮอล์
11. ตะเกียงแอลกอฮอล์
12. หลอดทดลอง
13. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Waterbath)
14. ตู้บ่มเชื้อ (Incubater)
15. หม้อนึ่งความดัน (Autoclave)
16. ช้อนสแตนเลสฆ่าเชื้อ
17. เครื่อง Stomacher

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารละลายสำหรับเจือจาง

1. สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ความเข้มข้นร้อยละ 0.1
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. เตรียม Peptone water 0.1% โดยชั่ง Peptone 1.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตรให้เป็นเนื้อเดียวกันปรับ pH ให้ได้ 7.2 ± 0.2 แบ่งใส่ขวด จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที

2. ชั่งอาหารเลี้ยง PCA 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

3. ทำการต้มจนกระทั่งอาหารเลี้ยงเชื้อละลายหมด

4. นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121-124 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที

5. อาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จะมีความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายเท่ากับ 7.0±0.2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมตัวอย่างอาหาร

1. เตรียมตัวอย่างไส้กรอก โดยทำการชั่งน้ำหนัก 25 กรัม ใช้ช้อนสแตนเลสที่ฆ่าเชื้อแล้วตักใส่ถุงพลาสติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เติม 0.1% Peptone water ลงไป 225 มิลลิลิตร

2. นำไปตีปั่นด้วยเครื่อง Stomacher ประมาณ 2 นาที ในขั้นตอนนี้สารละลายตัวอย่างจะถูกเจือจางเป็น 1:10

3. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างอาหาร 1:10 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดบรรจุ 0.1% Peptone water 9 มิลลิลิตร จะได้ความเจือจาง $1:10^{-2}$ ทำ Dilution ต่อเป็น 10^{-3}

การตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยเทคนิค Pour plate

1. ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างอาหารความเจือจางที่เหมาะสม ความเจือจางละ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว ความเจือจางละ 3 ซ้ำ

2. เททับด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่หลอมเหลวอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้ตัวอย่างอาหารกระจายทั่วจานโดยหมุนไปทางซ้ายและทางขวา รอให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง

3. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

4. ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/จาน จากนั้นหาค่าเฉลี่ยในความเจือจางที่เหมาะสมในการตรวจนับจุลินทรีย์ แล้วคำนวณหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (CFU/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

หลังจากบ่มเชื้อตามกำหนดเวลาแล้ว ตรวจนับโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ที่มีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 300 โคโลนี คำนวณจำนวนโคโลนีต่ออาหาร 1 กรัม (N) ตามสูตรดังนี้

$$N = \frac{C}{V(n_1+0.1n_2)d}$$

เมื่อ C = ผลรวมของจำนวนโคโลนีที่นับได้ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด

V = ปริมาตร (ml) ของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน

n_1 = จำนวนจานที่ระดับเจือจางแรกที่นำมานับจำนวนโคโลนี

n_2 = จำนวนจานที่ระดับเจือจางที่สองที่นำมานับจำนวนโคโลนี

d = ระดับเจือจางแรกที่นำมานับจำนวนโคโลนี

รายงานผลการคำนวณเป็นจำนวนที่มีเลขนัยสำคัญ 2 ตำแหน่ง ระหว่าง 1.0-9.9 คูณด้วย 10^x เมื่อ x คือ เลขยกกำลัง ดังตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้

เช่น จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่ระดับเจือจางระดับแรก (10^{-3}) = 171 และ 194

จำนวนโคโลนีที่นับได้ที่ระดับเจือจางระดับสอง (10^{-4}) = 14 และ 20

ปริมาตรของอาหารที่ใส่ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละจาน = 1 มิลลิลิตร

$$N = \frac{(171+194+14+20)}{1\times(2+(0\times12))\times10^{-3})} = \frac{399}{0.0022} = 181,363$$

ดังนั้นจึงรายงานผลการตรวจนับได้เป็น 1.8×10^5 โคโลนีต่อกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค-2 การตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Sallmonella sp.* (AOAC, 2000)

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างอาหาร 25 กรัม
2. ปิเปต ขนาด 1 และ 10 มิลลิลิตร
3. หลอดแก้วพร้อมฝาปิด
4. จานเพาะเชื้อ (Plate)
5. ลูกยาง
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์
7. ห่วงถ่ายเชื้อ (Loop)
8. ช้อนสแตนเลส
9. ที่วางหลอดทดลอง
10. ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร
11. ปากคีบ
12. ไสลด์ (Slide)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Trypticase soy broth (TSB)
2. KOVAC's indole reagent
3. Rappaport-vassiliadis borth RV 10
4. Xylose lysine deoxycholate (XLD) agar
5. Trypticase soy ager (TSA)
6. Triple sugar iron (TSI) agar slant
7. Motility indole lysine (MIL)
8. Selenite cystine borth (SCB)
9. Nutrient agar (NA)
10. Salmonella-shigella (SS) agar
11. Lysine-indole-motility (LIM) medium
12. Antiserum salmonella (polyvalent) A-I
13. Muller-kauffmann-tetrathionate-novobiocin borth (KMTTn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการตรวจวิเคราะห์ *Salmonella sp.* ที่อาจปนเปื้อนในไข่ขาวเค็มดิบ

1. นำไข่ขาวเค็มดิบ 25 กรัม บรรจุลงในถุงปลอดเชื้อ เติมอาหารเลี้ยงเชื้อ Trypticase soy broth (TSB) ปริมาณ 225 มิลลิลิตร ตีปั่นให้ส่วนผสมเข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

2. ปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในอาหาร Muller-kauffmann-tetrathionate-novobiocin borth (KMTTn) และ Rappaport-vassiliadis borth RV 10 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

3. เขี่ยเชื้อจากหลอดตัวอย่างเชื้อ 1 ลูป (Streak) ลงบนอาหารแข็ง Xylose lysine deoxycholate (XLD) agar และ Salmonella-shigella (SS) agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. เขี่ยโคโลนีที่มีลักษณะกลม ขอบเรียบ ใส มีหรือไม่มีจัดสีดำตรงกลางของการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟต์ และสงสัยว่าอาจเป็นเชื้อ *Salmonella sp.* ลงบนอาหารแข็ง Xylose lysine deoxycholate (XLD) agar และ Salmonella-shigella (SS) agar อย่างละ 5 โคโลนี

5. แทง (Stab) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Lysine-indole-motility (LIM) medium และขีด (Streak) ลงบนผิวหน้าอาหารในหลอดอาหารเอียง Triple sugar iron (TSI) agar slant บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6. หยดสารละลาย KOVAC’s indole reagent ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Lysine-indole-motility (LIM) medium และตรวจผลเชื้อ *Salmonella sp.*

7. เชื้อที่สงสัยว่าเป็น *Salmonella sp.* มาทำการทดสอบทางซีโรวิทยา โดยวิธี Slide agglutination โดยทำการทดสอบระหว่างเชื้อกับแอนติเซรัม (Antiserum)

8. หยด Antiserum salmonella (Polyvalent) A-I บนสไลด์อย่างละ 1 หยด และเขี่ยเชื้อจาก Triple sugar iron (TSI) agar slant มาทดสอบกับ Antiserum กวนให้เข้ากันดีไปมาหลายๆ ครั้ง สังเกตปฏิกิริยาการจับกลุ่ม ที่เกิดขึ้นจะเห็นภายในเวลา 30-60 วินาที ถ้าตกตะกอนต่อ Antiserum อาจเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งระหว่าง *Salmonella* group A ถึง *Salmonella* group I

TSI				LIM		
slant	butt	H_2S	gas	lysine	indole	motile
K	A	+/-	+/-	+	-	+/-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบจากอาหารเลี้ยงเชื้อ TSI

K = Alkaline ปลายหลอด (Slant) ของ TSI จะมีสีแดงหรือชมพูบานเย็น

A = Acid ก้นหลอด (Butt) ของ TSI จะมีสีเหลือง

H_2S + = ในหลอด TSI จะเกิดตะกอนสีดำของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเชื้อ *Salmonella* ส่วนใหญ่จะต้องให้ผล +

H_2S - = ไม่เกิดตะกอนสีดำในหลอด TSI เนื่องจากไม่เกิดการสร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

Gas + = มีฟองอากาศดันวุ้นของ TSI เนื่องจากเชื้อ *Salmonella* ส่วนใหญ่สามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสแล้วได้กรดและก๊าซเพียงเล็กน้อย

Gas - = ไม่พบฟองอากาศในหลอด TSI (มีบางซีโรวาร์ให้ผล -)

ตรวจสอบจากอาหารเลี้ยงเชื้อ LIM

Lysine + = หลอดอาหารจะมีสีม่วงทั้งหมด เนื่องจากเชื้อ *Salmonella* จะมีเอนไซม์ Lysine decarboxylase ไปย่อย Lysine ส่งผลให้อาหารเลี้ยงเชื้อ Lysine มีความเป็นด่างมากขึ้นมีผลทำให้ Bromcresol purple ซึ่งใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในอาหารดังกล่าวและมีสีม่วงซึ่งมี pH เป็นกลาง เปลี่ยนเป็นสีม่วงมากขึ้น ซึ่งเชื้อ *Salmonella* มีเอนไซม์ตัวนี้

Lysine - = หลอดอาหารจะมีสีเหลือง เนื่องจากเชื้อที่ทำการทดสอบไม่มีเอนไซม์ Lysine decarboxylase แต่มีเอนไซม์ Lysine deaminase ซึ่งจะไปย่อย Lysine ทำให้ pH ของอาหารต่ำลง มีผลทำให้ Bromcresol purple เปลี่ยนเป็นสีเหลือง

Indole + = จะมีสีแดงบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยาโคแวค

Indole - = ไม่เกิดสีแดงบนอาหารเลี้ยงเชื้อหลังหยดน้ำยาโคแวค ซึ่งเชื้อ *Salmonella* จะไม่มีเอนไซม์ Trytophanse จึงม่เกิดปฏิกิริยากับน้ำยาโคแวค

Motile + = หลอดอาหาร LIM จะขุ่นทั้งหลอด เนื่องจากเชื้อ *Salmonella* ส่วนใหญ่จะมีแฟรกเจลลาใช้ในการเคลื่อนที่ ดังนั้นเมื่อทำการ stab เชื้อลงในอาหาร LIM แล้วบ่มเพาะเชื้อโดยเชื้อ *Salmonella* ที่เจริญจะเคลื่อนที่ออกจากรอบ Stab ไปทุกทิศทุกทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9-Point hedonic scale test

ชื่อผู้ทดสอบ นาย /นาง/ นางสาว____

อายุ ____________________ **วันที่** ____________________

ชื่อผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ การชิมตัวอย่างผู้ชิมต้องล้างปากด้วยน้ำสะอาดก่อนการชิมตัวอย่างใหม่เสมอ

โดยกำหนดให้ระดับสเกลความชอบ

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

คุณลักษณะ	**รหัสตัวอย่าง**		
	860	245	573
สี			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
เนื้อสัมผัส			
ความชอบโดยรวม			

คำแนะนำ

____

____

____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างสำหรับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM)

ง-1 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM)

หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน ซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (Condenser lens) เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการหากต้องการภาพที่มีขนาดความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens) ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงาน จะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงไปเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ จากนั้นถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไป และสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้ทันที

สารเคมี

1. สารละลาย Glutaraldehyde ร้อยละ 2.5
2. สารละลาย Phosphate buffer เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 7.2
3. สารละลาย Acetone ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30, 50, 70, 90 และ 100

วิธีวิเคราะห์

1. ตัดตัวอย่างให้มีขนาดไม่เกิน 1 ตารางมิลลิเมตร และหนาไม่เกิน 5 มิลลิเมตร
2. แช่ตัวอย่างใน 2.5 เปอร์เซ็นต์ Glutaraldehyde ใน Phosphate buffer เข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 7.2 ข้ามคืนในตู้เย็น
3. ล้างด้วย Phosphate buffer 2 ครั้ง ครั้งละ 30 นาที แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 1 ครั้ง
4. Dehydrate ด้วย Acetone ที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ 50 เปอร์เซ็นต์ 70 เปอร์เซ็นต์ 90 เปอร์เซ็นต์ และ 100 เปอร์เซ็นต์ (3 ครั้ง) ตามลำดับ ขั้นตอนละ 30 นาที
5. ทำตัวอย่างให้แห้ง ณ จุดวิกฤต ด้วยเครื่อง Critical point dryer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หักตัวอย่างแล้วติดตัวอย่างบนแท่นวางตัวอย่าง (Stub) ด้วยเทปกาวสองหน้า

7. นำตัวอย่างไปฉาบทอง (Sputter coater, Balzers model SCD040, Liechtenstein) ด้วยเครื่อง Ion stutter

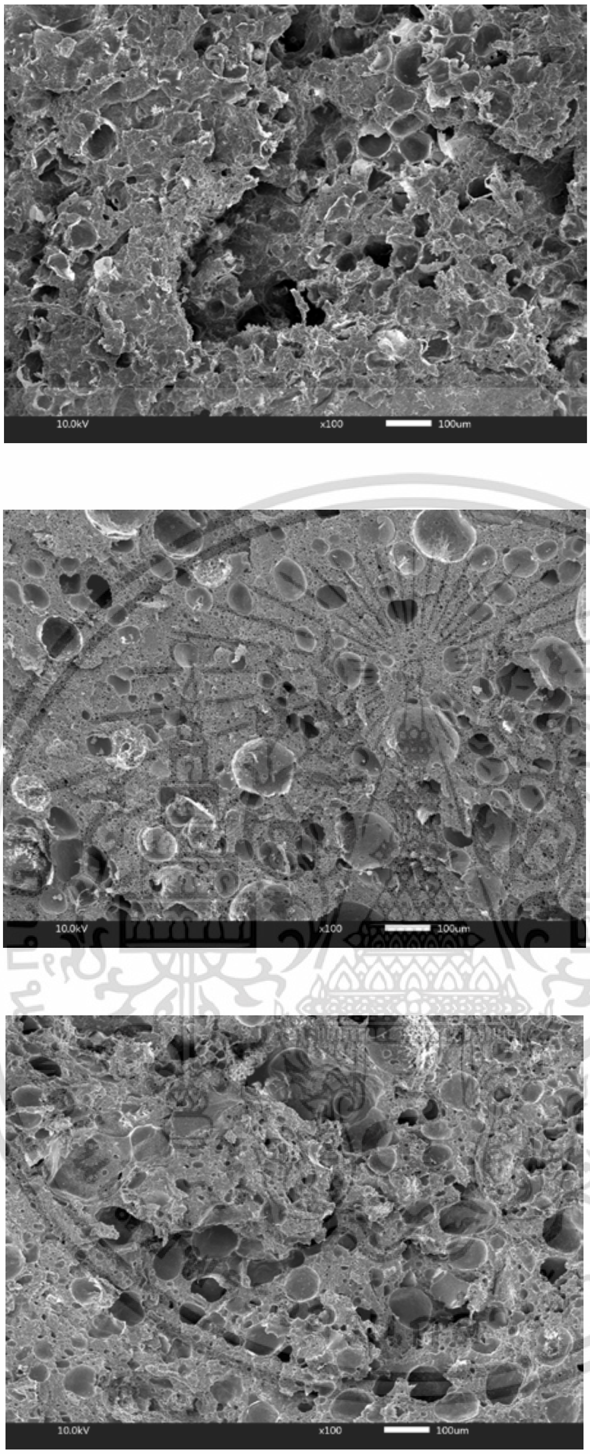
8. นำตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM): JEOL รุ่น JSM-IT300 TOKYO, JAPAN

ภาพที่ จ-1 ตัวอย่างสำหรับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)

ภาพที่ จ-2 กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM)

JEOL รุ่น JSM-IT300 TOKYO, JAPAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



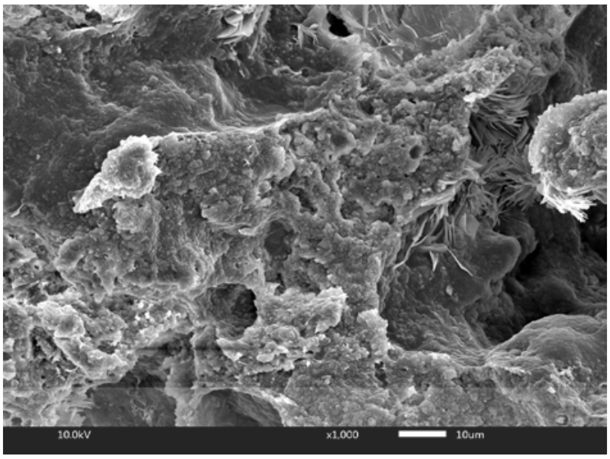
(A)

(B)

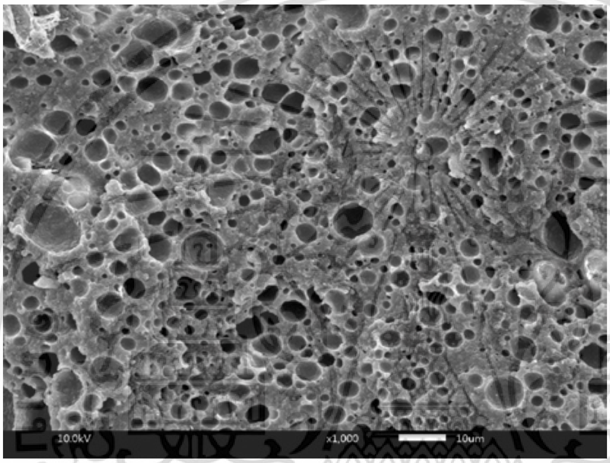
(C)

ภาพที่ จ-3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100X ของไส้กรอกหมูเวียนนา (A) ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 (C)

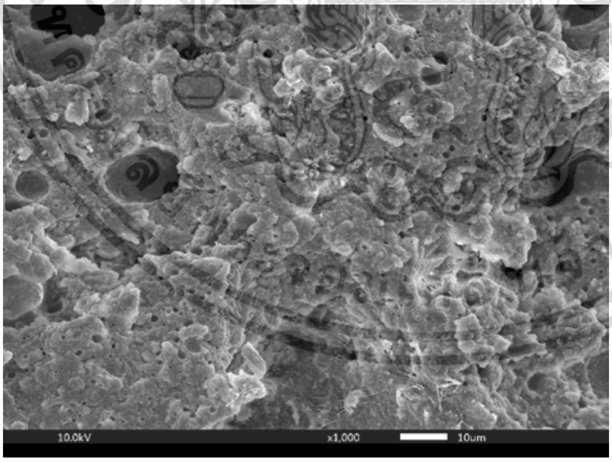
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ จ-4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1000X ของไส้กรอกหมูเวียนนา (A) ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (B) และไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมแป้งดัดแปรร้อยละ 1.5 (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ตารางที่ ฉ-1 สูตรการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาในปริมาณต่างๆ เมื่อใช้ปริมาณการทดแทนด้วยเกลือจากไข่ขาวเค็มดิบร้อยละ 75

ส่วนผสม	สูตรควบคุม	สูตรไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา		
		30%	40%	50%
สะโพกหมู	500	500	500	500
ไข่ขาวเค็มดิบ	-	150	200	250
มันหมูแข็ง	280	280	280	280
น้ำแข็งบด	210	84	42	0
ผงเพรก	10.50	4.29	2.43	0.57
เกลือฟอสเฟต	3.13	3.22	3.25	3.28
อิริโทรเบธ	0.94	0.97	0.98	0.99
น้ำตาลทราย	4.38	4.51	4.55	4.59
ผงชูรส	0.94	0.97	0.98	0.99
ปาปริกา	1.25	1.29	1.30	1.31
เครื่องเทศรวม[x]	20	20.59	20.78	20.97
แป้งดัดแปร	-	-	-	-

ที่มา : ดัดแปลงจากจุฑารัตน์ (2539)

[a]ผงเพรก เตรียมจาก เกลือโซเดียมคลอไรด์:ไนไตรท์ เท่ากับ (94:6) ต่อน้ำหนัก

[b]เครื่องเทศรวม ประกอบด้วย พริกไทยดำป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ-2 สูตรการผลิตไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่ผู้ทดสอบยอมรับ

ส่วนผสม	สูตรไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา (กรัม)
สะโพกหมู	500
ไข่ขาวเค็มดิบแข็ง	250
มันหมูแข็ง	280
น้ำแข็งบด	0
ผงเพรก	1.78
เกลือฟอสเฟต	3.29
อิริโทรเบธ	0.99
น้ำตาลทราย	4.59
ผงชูรส	0.99
ปาปริกา	1.31
เครื่องเทศรวม[x]	24
แป้งดัดแปร	7.5

[a]ผงเพรก เตรียมจาก เกลือโซเดียมคลอไรด์:ไนไตรท์ เท่ากับ (94:6) ต่อน้ำหนัก

[b]เครื่องเทศรวม ประกอบด้วย พริกไทยดำป่น มาโจแรมป่น ไทม์ป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น กานพลูป่น เมล็ดผักชีป่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ-3 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาและไส้กรอกทางการค้า

ตัวอย่าง	Color			Texture				
	L*	a*	b*	Hardness (g×force)	Springiness (sec)	Cohesiveness	Gumminess (g×force)	Chewiness (sec)
Salted egg white	67.36 ± 0.10^{b}	7.75 ± 0.32^{e}	17.58 ± 0.11^{b}	5890.81 ± 111.69^{d}	0.95 ± 0.01^{a}	0.90 ± 0.01^{a}	5325.29 ± 52.90^{cd}	5037.70 ± 55.30^{bc}
Vienna sausage								
7-FRESH	64.33 ± 0.59^{d}	11.67 ± 0.26^{b}	17.80 ± 0.50^{b}	8323.87 ± 464.51^{b}	0.92 ± 0.01^{ab}	0.77 ± 0.01^{c}	6411.04 ± 408.50^{b}	5926.29 ± 192.68^{b}
BKP	66.02 ± 0.56^{c}	11.09 ± 0.31^{c}	25.84 ± 0.70^{a}	6173.01 ± 829.77^{cd}	0.91 ± 0.02^{c}	0.72 ± 0.02^{d}	4461.71 ± 542.13^{d}	4084.94 ± 580.15^{c}
BUCHER	56.62 ± 0.62^{e}	13.42 ± 0.80^{a}	14.26 ± 0.53^{c}	16310.88 ± 1736.68^{a}	0.95 ± 0.03^{a}	0.66 ± 0.02^{e}	10848.73 ± 1367.60^{a}	10349.20 ± 1566.41^{a}
CP	71.89 ± 0.76^{a}	10.38 ± 0.41^{d}	25.39 ± 0.80^{a}	7288.13 ± 261.06^{bb}	0.95 ± 0.02^{a}	0.83 ± 0.01^{b}	6061.21 ± 140.92^{bc}	5770.16 ± 160.69^{b}

x^{a-e} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในแนวตั้ง

± หมายถึง ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 5 ซ้ำ

ตารางที่ ฉ-4 ต้นทุนการผลิตไส้กรอกหมูเวียนนาและไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

ส่วนผสม	ไส้กรอกหมูเวียนนา		ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา	
	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)	ปริมาณ (กรัม)	ราคา (บาท)
สะโพกหมู	500	70	500	70
ไข่ขาวเค็มดิบแข็ง	-	-	250	0.25
มันหมูแข็ง	280	18.20	280	18.20
น้ำแข็งบด	210	0.25	0	-
ผงเพรก	10.50	0.74	1.78	0.12
เกลือฟอสเฟต	3.13	0.23	3.28	0.25
อิริโทรเบธ	0.94	0.09	0.99	0.10
น้ำตาลทราย	4.38	0.10	4.59	0.11
ผงชูรส	0.94	0.08	0.99	0.09
ปาปริกา	1.25	0.07	1.31	0.07
เครื่องเทศรวม[x]	20	6	24	7.20
แป้งดัดแปร	-	-	7.5	0.56
ราคารวมต่อสูตร	-	95.77	-	96.95
ราคาต่อชิ้น	-	4.79	-	4.85

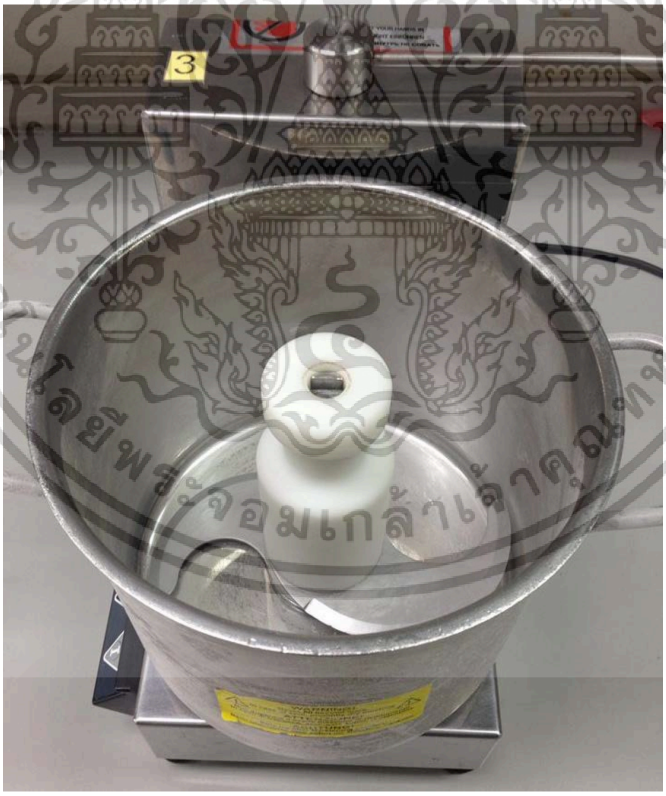
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ-1 การบดละเอียดสะโพกหมู (ซ้าย) และมันหมู (ขวา) ผ่านรูตะแกรง

ภาพที่ ฉ-2 ไข่ขาวเค็มดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ-3 ไข่ขาวเค็มดิบแช่แข็ง



ภาพที่ ฉ-4 เครื่องสับผสม

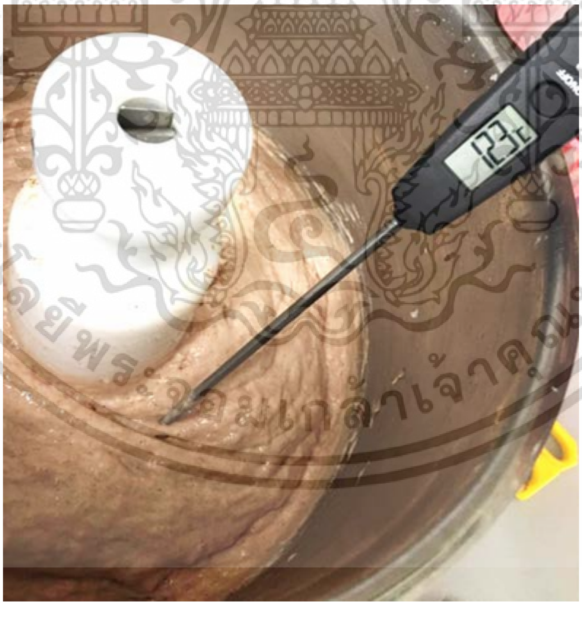
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ-5 ลักษณะส่วนผสมก่อนสับผสมให้ละเอียด

ภาพที่ ฉ-6 การเติมมันหมูบดแช่แข็งลงในโถสับผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ฉ-7 การเติมเครื่องปรุงรส และเครื่องเทศรวมลงในโถสับผสม



ภาพที่ ฉ-8 ลักษณะแบตเตอร์ของไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(A)

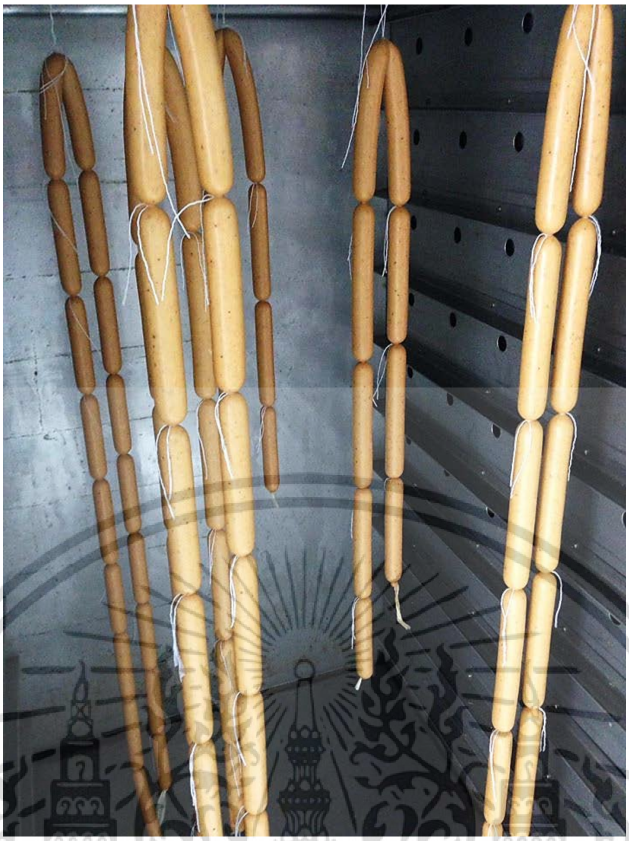
(B)

(C)

ภาพที่ ฉ-9 ลักษณะแบตเตอร์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่เติมสารไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน
แถว A ลักษณะแบตเตอร์ที่เติมคาร์ราจีแนนที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ
แถว B ลักษณะแบตเตอร์ที่เติมแซนแทนกัมที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ
แถว C ลักษณะแบตเตอร์ที่เติมแป้งดัดแปรที่ระดับร้อยละ 1, 1.5, 2 และ 2.5 จากซ้ายไปขวาตามลำดับ

ภาพที่ ฉ-10 การอัดส่วนผสมแบตเตอร์ใส่ไส้คอลลาเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฉ-11 ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนาที่แขวนบนราวและนำเข้าตู้อบ

ภาพที่ ฉ-12 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไข่ขาวเวียนนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชนนิกานต์ สุโฆษสมิต
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2536
ที่อยู่	77 ซอย อยู่วิทยา 15 แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีการศึกษา 2558 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา พ.ศ. 2558 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2561
การนำเสนอผลงาน	Sukodsamit, C. and Puechkamut, Y. 2017. Application of Raw Salted Egg White in Vienna Sausage Production. The 19th Food Innovation Asia Conference 2017. 15-17 June 2017 at BITEC, Bangkok, Thailand. (FIAC 2017) Innovative Food Science and Technology for Mankind: Empowering Research for Health and Aging Society

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้