ผลของความร้อนต่อคุณภาพของแฮ่กึ๊นกึ่งสำเร็จรูป

HEATING EFFECT ON QUALITY OF PRE-COOKED HEA-KUEN

กัญญาวีร์ โกลากุล

KANYAWI KOLAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2564

KMITL-2021-FI-M-054-393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEATING EFFECT ON QUALITY OF PRE-COOKED HEA-KUEN

KANYAWI KOLAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT

SCHOOL OF FOOD-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2021

KMITL-2021-FI-M-054-393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF FOOD-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของความร้อนต่อคุณภาพของแฮ่กึ๊นกึ่งสำเร็จรูป
นักศึกษา นางสาวกัญญาวีร์ โกลากุล
รหัสประจำตัว 58608052
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ.ศ. 2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.วิรามศรี ศรีพจนารถ

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้ศึกษาผลของความร้อนที่ใช้ในการปรับปรุงการผลิตแฮ่กึ๊นแบบดั้งเดิมต่อคุณภาพของแฮ่กึ๊นกึ่งสำเร็จรูป โดยเพิ่มขั้นตอนการให้ความร้อนก่อนทอด ทำการศึกษาผลของระดับความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส และระยะเวลาต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (Total Plate Count; TPC) และคุณลักษณะทางกายภาพของแฮ่กึ๊น ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ค่าปริมาณความชื้น ค่าเนื้อสัมผัส ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่า แฮ่กึ๊นที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ 6.69-9.64 log CFU/g เกินเกณฑ์มาตรฐานเชื้อก่อโรคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค คือ ต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที จะมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 1.72±1.78 log CFU/g และ 1.35±1.25 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที จะมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.67±1.50 log CFU/g และ 1.24±1.03 log CFU/g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพ พบว่า แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 และ10 นาที มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) และปริมาณความชื้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าอยู่ในช่วง 0.962-0.965 และ 70.91-71.57 % ตามลำดับ และมีค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น แรงที่ใช้ในการเคี้ยว และการยึดเกาะ ของแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิตทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณจุลินทรีย์ของแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU/g ในขณะที่แฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบดั้งเดิม (ชุดควบคุม) ที่มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ 6.89 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาไว้ 3 วัน จากผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 และ 10 นาที มีค่าลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การปรับปรุงการผลิตแฮ่กึ๊นกึ่งสำเร็จรูปด้วยการใช้ความร้อนสามารถทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Heating Effect on Quality of Pre-Cooked Hae-Kuen
Student	Miss Kanyawi kolakul
Student ID.	58608052
Degree	Master of Science
Program	Food Safety Management
Year	2021
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Wiramsri Sriphochanart

ABSTRACT

This research aims to study the heating effect on the quality of pre-cooked Hae-Kuen, a Thai traditional shrimp roll, by preheating process. The effect of heating temperature (80 and 85°C) and heating time (5 and 10 minutes) on the microbial contents (total plate count; TPC), the quality including water activity (a_w), moisture, texture were determined. Sensory evaluation and microbial content during storage was analyzed. The results indicated that the microbial contents of traditional Hae-Kuen (control) were 6.69-9.64 log CFU/g which were higher than the standard criteria of Department of Medical sciences issue 3, microbiological criteria of food and food contact in ready to cook and ready to eat food that must lower than 6 log CFU/g. The pre-cooked Hae-Kuen at 80°C for 5 and 10 minutes had the microbial contents of 1.72±1.78 and 1.35±1.25 log CFU/g, respectively. The microbial contents decreased to 1.67±1.50 and 1.24±1.03 log CFU/g after 5 and 10 minutes of pre-cooked at 85 °C, respectively which were lower than that of 80 °C for 5 and 10 minutes. The physical characteristics results revealed that water activity (a_w) and moisture content of pre-cooked Hae-Kuen at 80 and 85°C and heating time at 5 and 10 minutes were not significant in the range of 0.9618-0.9650 and 70.95-71.57% respectively. The results of texture profile analysis showed that all pre-cooked Hae-Kuen samples had significant higher values of hardness, springiness, cohesiveness and chewiness than the control sample. The microbial content of the pre-cooked Hae-Kuen samples storaged at 4-7 °C for 15 days was lower than 6 log CFU/g while the microbial content of control sample was 6.89 log CFU/g after 3 days. Sensory evaluation revealed that no significant difference in appearance, color, aroma, and taste scores between pre-cooked Hae-Kuen at 80 °C for 5 and 10 minutes and the control sample. The study concluded that the pre-cooked Hae-Kuen production could extend shelf-life and that product was accepted by consumers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วิรามศรี ศรีพจนารถ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ แนวทางการดำเนินงาน และแนวทางการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ KMITL Research Funding: Academic Melting Pot Fiscal Year 2019 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับการสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อังคณา วิภาตนาวิน ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร.วริพัสย์ อารีกุล และผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ ที่ให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำ แนวทางการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท คณะอุตสาหกรรมอาหาร ทุกท่าน คุณวิไลลักษณ์ จั่นจำรูญ คุณวิภาวี ใยโพธิ์ทอง คุณวรากรณ์ กูลสวัสดิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือคำแนะนำ และการอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคณะผู้บริหาร บริษัทห้องอาหารสีฟ้า จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในศึกษาต่อ รวมไปถึงผู้ใต้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานของข้าพเจ้า ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดีและคอยสนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ที่สำคัญที่สุดขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ที่รู้จัก เพื่อนนักศึกษาปริญญาโท ที่ทุกท่านเป็นแรงผลักดันและเป็นกำลังใจที่ดีของข้าพเจ้าเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชา ความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

กัญญาวีร์ โกลากุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..II
กิตติกรรมประกาศ……..III
สารบัญ……..IV
สารบัญตาราง……..VI
สารบัญภาพ……..VIII
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 แฮ่กึ๊น (มผช 142/2546).....4
2.2 ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน.....6
2.3 การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูป.....8
2.4 เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารแปรรูป.....10
2.5 การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน.....15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง……...17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์.....20
3.2 วิธีการทดลอง.....21
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์
4.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ในแฮ่กึ๊นก่อนทอด.....27
4.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ในแฮกึ๊นก่อนทอด.....29
4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแฮ่กึ๊น ที่ปรับปรุงการผลิตก่อนทอด.....34
4.4 ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวอย่างแฮ่กึ๊น.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง.....39

5.2 ข้อเสนอแนะ.....40

บรรณานุกรม.....41

ภาคผนวก ก.....46

ภาคผนวก ข.....49

ภาคผนวก ค.....51

ภาคผนวก ง.....53

ประวัติผู้เขียน.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร....4
2.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนนผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น….....5
2.3 แสดงสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น....6
2.4 คุณสมบัติของอาหารพร้อมรับประทานและอาหารพร้อมปรุง....7
3.1 ค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส....25
4.1 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของแฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบดั้งเดิมของ
ร้านอาหาร 3 ร้าน ที่ระยะเวลาเริ่มต้นและ เมื่อผ่านการเก็บรักษาครบ 3 วัน....28
4.2 ผลของอุณหภูมิที่ 80 และ 85 องศาเซลเซียส และระยะเวลาของการให้ความร้อน
ต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแฮ่กึ๊น....30
4.3 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของแฮ่กึ๊น....32
4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของแฮ่กึ๊น....34
4.5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของแฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนก่อนทอดที่อุณหภูมิและ
ระยะเวลาต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน....35
4.6 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 เชื้อ *Salmonella* spp....11
2.2 เชื้อ *Staphylococcus aureus* 12
2.3 เชื้อ *E. coli* O157:H7....13
2.4 เชื้อ *Clostridium perfringens*....15
2.5 การเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนด้วยความร้อน (Denaturation)....16
3.1 วิธีการผลิตแฮ่กึ๊นแบบวิธีดั้งเดิม....21
3.2 วิธีการผลิตแฮ่กึ๊นผลิตแบบปรับปรุงการผลิต....23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

แฮ่กึ๊น จัดเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ทำจากเนื้อกุ้งทะเล ซึ่งเมนูดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มอาหารทานเล่นหรือเป็นเมนูเรียกน้ำย่อย ของร้านอาหารสไตล์ไทย-จีนหลายๆ แห่ง ในปัจจุบันใช้กระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม เป็นการผลิตแบบห่อสดหน้าร้านเตรียมไว้ โดยนำเนื้อกุ้งมาบดผสมกับส่วนประกอบต่างๆ แล้วตีผสมให้เข้ากันจนเนื้อเนียน นำห่อด้วยฟองเต้าหู้ แล้วเก็บใส่กล่องหลังจากนั้น เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น 2-3 วัน เมื่อลูกค้าสั่งจึงนำมาทอดในน้ำมันที่ร้อน ก่อนเสิร์ฟให้กับลูกค้า ซึ่งวิธีการเตรียมวัตถุดิบ มีขั้นตอนปรุงส่วนผสมที่ซับซ้อน ต้องใช้ทักษะและความชำนาญในการปรุง ส่งผลให้คุณภาพการผลิตต่อรอบไม่คงที่ มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปผลิตภัณฑ์เริ่มเกิดเมือก ทำให้ไม่สามารถนำแฮ่กึ๊นมาทอดให้กับผู้บริโภคได้ จากข้อจำกัดและความสำคัญของอาหารพร้อมทานดังกล่าว ทำให้การขยายสาขาของร้านอาหารเป็นไปได้ยาก เพราะอาจส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพและผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง

เพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านความปลอดภัย ความรวดเร็วในการเตรียม และการรับประทาน ผู้ผลิตจึงให้ความสำคัญกับอาหารพร้อมปรุง-พร้อมทาน เพื่อเพิ่มความสะดวกและง่ายในการเตรียมอาหาร (Easy preparation) และการเพิ่มอายุของผลิตภัณฑ์ คุณภาพอาหาร ตลอดจนรสชาติ และความพิถีพิถันในการปรุงให้ใกล้เคียงกับ อาหารปรุงสดให้มากที่สุด (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 237, 2544) โดยใช้ความเย็นในการรักษาคุณภาพอาหารให้คงความสดเหมือนอาหารปรุงสดใหม่ โดยทำให้อาหารมีอุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และต้องนำมาอุ่นก่อนรับประทาน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจปรับปรุงกระบวนการผลิตแฮ่กึ๊น โดยเพิ่มกระบวนการให้ความร้อนเพื่อช่วยลดอันตรายจากจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อน มาจากการเตรียมวัตถุดิบ ระหว่างขั้นตอนการผลิต การจัดเก็บรักษา เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแฮ่กึ๊นก่อนทอดให้ได้นานยิ่งขึ้น มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพการผลิตคงที่ และมีความปลอดภัยในการบริโภค โดยอ้างอิง : ประกาศกรมวิทยาศาตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโรคนำเกณฑ์มาตรฐานเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคของกรมวิทยาศาตร์การแพทย์ มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ในแฮ่กึ๊นก่อนทอด

1.1.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต

1.1.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการเก็บตัวอย่างแฮ่กึ๊นจำนวน 3 ตัวอย่าง จากร้านอาหารทั้งหมด 3 สาขา (สาขา A, B และ C) ตัวอย่างละ 2 ชิ้น ๆ ละ 120 กรัม โดยในระหว่างการขนส่งเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (แช่เย็นหรือใส่กล่องเก็บรักษาด้วยแผ่นเก็บความเย็น) เพื่อศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในแฮ่กึ๊น ที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม และเก็บตัวอย่างแฮ่กึ๊น มาวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) *Staphylococcus aureus, Salmonella* spp., *Clostridium perfringens, Escherichia coli,* ยีสต์ และรา ของวันเริ่มต้นการผลิต และเมื่อครบ 3 วัน

ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตแฮ่กึ๊นแบบดั้งเดิมเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยเพิ่มกระบวนให้ความร้อน ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิของไอน้ำที่ 80 องศาเซลเซียส และ 85 องศาเซลเซียส และที่เวลา 5 นาที และ 10 นาที ต่อปริมาณ TPC และคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ A_w, ความชื้น และค่าเนื้อสัมผัส ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ของแฮ่กึ๊นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยนำแฮ่กึ๊นที่ได้จากการศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว มาวิเคราะห์ปริมาณ TPC, *S. aureus, Salmonella* spp., *C. perfringens, E. coli,* ยีสต์และรา โดยอ้างอิง: ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโรคทำการเปรียบเทียบทั้งก่อนปรับปรุงและหลังจากปรับปรุงกระบวนการแล้ว

เลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแฮ่กึ๊น นำไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น โดยทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 ท่านที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว เป็นผู้ให้คะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.3.1 ทราบถึงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น โดยการนำตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ได้ผ่านการเตรียมจากร้านอาหารมาทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ก่อโรคโดยอ้างอิงตาม ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค) เช่น พิซซ่า ขนมจีบ ซาลาเปา ลูกชิ้น และหมูยอ เป็นต้น

1.3.2 ทราบกระบวนการ เวลาและอุณหภูมิ ที่ใช้ในการผลิตต่อลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของแฮ่กึ๊นให้นานขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

1.3.3 สามารถนำความรู้จากงานวิจัยไปปรับใช้และพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์กุ้งแปรรูปได้ อาทิเช่น ทอดมันกุ้ง ขนมจีบ และแฮ่จ๊อ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แฮ่กึ๊น (มผช 142/2546)

2.1.1 ความหมายของแฮ่กึ๊น

"แฮ่กึ๊น" หมายถึง อาหารที่ทำจากเนื้อกุ้ง และเนื้อหมูบด บดผสมกับเกลือจนเหนียวเติมมันหมูแข็ง พริกไทย รากผักชี กระเทียม น้ำตาลทราย ไข่ แป้งมัน แป้งสาลี นวดต่อไปให้เข้ากันจนเหนียว อาจเติมผัก เช่น แครอท มันแกว ถั่วฝักยาว ผสมให้เข้ากันแล้วห่อด้วยฟองเต้าหู้ชนิดแผ่นให้มีลักษณะเป็นท่อนยาว นำไปนึ่งจนสุก (มผช 142/ 2546)

2.1.1.1 คุณลักษณะที่ต้องการของแฮ่กึ๊น (มผช 142/2546)

1. ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน ส่วนที่เป็นฟองเต้าหู้สามารถหุ้มห่อไส้ได้หมดและไม่แตกทะลุออกมาภายนอก เมื่อทอดแล้วเนื้อต้องไม่แยกจากกัน

2. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์

4. ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องแน่น ไม่ร่วน ผิวนอกค่อนข้างกรอบสิ่งแปลกปลอมต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด

2.1.1.2 เกณฑ์เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร

รายละเอียดการควบคุม	หน่วย	ตารางเกณฑ์เชื้อ
TPC	log CFU/g	<6
Escherichia coli	MPN/g	<3
Staphylococcus aureus	CFU/g	<100
Clostridium perfringens	CFU/g	<100
Bacillus cereus	log CFU/g	<100
Salmonella spp.	/25 g	Not Detected
Vibrio parahaemolyticus	/25 g	Not Detected
Listeria monocytogenes	/25 g	Not Detected

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง: ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค) เช่น พิซซ่า ขนมจีบ ซาลาเปา ลูกชิ้น และหมูยอ เป็นต้น

2.1.1.3 การทดสอบ (มผช 142/ 2546)

1. การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อ

2. ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบแฮ่กึ๊นอย่างน้อย 5 คนแต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

3. วางตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ทอดแล้วลงในจานกระเบื้องสีขาวตรวจสอบลักษณะทั่วไปโดยการตรวจพินิจ

4. ส่วนรายการสี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อ ให้ใช้ตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ทอดแล้วตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

2.1.1.4 หลักเกณฑ์การให้คะแนน เป็นไปตามตารางที่ 2.1 (มผช 142/ 2546)

ตารางที่ 2.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนนผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสินใจ(คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีรูปทรงเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน ส่วนที่เป็นฟองเต้าหู้สามารถหุ้มห่อไส้ได้หมดและไม่แตกทะลุออกมาภายนอก เมื่อทอดแล้วเนื้อต้องไม่แยกจากกัน	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	4	3	2	1
ลักษณะเนื้อ	ต้องแน่น ไม่ร่วน ผิวนอกค่อนข้างกรอบ	4	3	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การผลิตแฮ่กึ๊นของร้านอาหารไทยจีน

จากการสำรวจกระบวนการผลิตแฮ่กึ๊น ณ หน้าร้านอาหารไทย จีน แห่งหนึ่ง โดยเริ่มจากการเตรียมกุ้ง แกะเปลือก ผ่าหลังชักเส้นดำออก ล้างน้ำให้สะอาด นำฟองเต้าหู้มาตัดเป็นแผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาด 6 × 6 นิ้ว หลังจากนั้นนำเนื้อกุ้งที่เตรียมไว้มาบดผสมกับเกลือ แป้งอเนกประสงค์ พริกไทย น้ำตาลทรายขาว ไข่ไก่ ตีให้เข้ากันจนเนื้อเนียน หลังจากนั้นนำฟองเต้าหู้มาพรมน้ำเล็กน้อย วางส่วนผสมที่เตรียมไว้ลงบนแผ่นเต้าหู้ตามแนวยาว ค่อยๆ ม้วนให้เสมอกัน เก็บใส่กล่องแล้วนำเข้าตู้เย็นเมื่อมีลูกค้าสั่งทางร้านจะนำมาทอดในน้ำมันที่ร้อน ก่อนนำเสิร์ฟให้กับลูกค้า

สูตรพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.3 สูตรการผลิตผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น

ส่วนที่ 1 ส่วนผสม	หน่วย (กรัม)
- เนื้อกุ้ง	500
- เกลือป่น	13
- พริกไทยป่น	5
- แป้งสาลี	50
- ไข่ไก่	50
ส่วนที่ 2 เครื่องห่อ/1 ชิ้น	
- เนื้อกุ้ง (ส่วนที่ 1)	240
- ฟองเต้าหู้	12

ที่มา: อนุชิต วงศ์สันเที๊ยะ, ผู้ให้สัมภาษณ์, 13 สิงหาคม 2562

2.2 ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน

สังคมในปัจจุบันมีรูปแบบการใช้ชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป โดยขนาดของครอบครัวมีแนวโน้มเล็กลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อลักษณะการบริโภค ทำให้ผู้ประกอบการด้านธุรกิจอาหารเห็นความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปพร้อมรับประทาน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านความสะดวกสบาย ความรวดเร็วในการเตรียม และการรับประทาน โดยเทคโนโลยีการผลิตในปัจจุบันยังช่วยทรงคุณค่าของสารอาหารได้อย่างครบถ้วน ซึ่งแตกต่างจากอาหารกระป๋องหรืออาหารแห้งที่ไม่สามารถทำได้ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ในปัจจุบัน สามารถพัฒนาและสร้างคุณภาพที่ใกล้เคียงกับอาหารปรุงสด ทั้งด้านรสชาติของอาหารและความสดใหม่ ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภค อาหารพร้อมรับประทาน (Ready-to-eat food) เป็นอาหารที่สามารถรับประทานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากผ่านขั้นตอนการละลายหรือปรุงแล้ว โดยสามารถแบ่งตามเทคโนโลยีการผลิตได้ 2 รูปแบบ คือ อาหารพร้อมรับประทานแช่แข็ง (Frozen food) และอาหารพร้อมรับประทานแช่เย็น (Chilled food) โดยใช้ความเย็นรักษาคุณภาพอาหารให้คงความสดเหมือนอาหารปรุงสดใหม่ๆ โดยทำให้อาหารมีอุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และต้องนำมาอุ่นก่อนรับประทาน (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552)

อาหารพร้อมปรุง (Ready-to-cook food) หมายถึง อาหารที่ได้จัดเตรียมส่วนประกอบต่างๆ บรรจุไว้ในหน่วยภาชนะที่พร้อมบริการโดยตรงต่อผู้บริโภคเพื่อนำไปปรุงเป็นอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะหรืออาหารสดที่จัดไว้เป็นชุด ๆ อาจเป็นเครื่องแกงสำเร็จรูป โดยบรรจุไว้ในถาดโฟม ห่อหุ้มด้วย พลาสติกใส (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 237, 2544) โดยผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญกับอาหารพร้อมปรุง-พร้อมทานใน 2 ส่วนได้แก่ ความสะดวกและง่ายในการเตรียมอาหาร (Easy preparation) และการเพิ่มอายุของผลิตภัณฑ์ คุณภาพอาหาร ตลอดจนรสชาติ และความพิถีพิถันของผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมปรุงหรือพร้อมรับประทานให้ใกล้เคียงกับอาหารปรุงสดมากที่สุด ในส่วนอาหารพร้อมปรุง พร้อมรับประทานแบบแช่เย็น (Chilled ready meals) ยังสามารถขยายตัวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม ผู้บริโภคที่ต้องการความสดใหม่ของอาหารควบคู่ไปกับการสร้างรสชาติ และความสะดวก ง่ายในการบริโภค (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552) ดังตารางที่ 2.3 แสดงถึงคุณสมบัติของอาหารพร้อมรับประทานและอาหารพร้อมปรุง ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต วิธีการเก็บรักษา วิธีการปรุง ตลอดจนวิธีการปรุงที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของอาหารพร้อมรับประทานและอาหารพร้อมปรุง

รายละเอียด	อาหารพร้อมรับประทาน	อาหารพร้อมปรุง
ขั้นตอนการผลิต	ผ่านกระบวนการปรุงสุกและนำไปผ่านการแช่แข็ง/แช่เย็น	อาหารที่ได้จัดเตรียมส่วนประกอบต่างๆ และบรรจุไว้ในภาชนะที่พร้อมจำหน่ายเพื่อให้ผู้บริโภคนำไปปรุงสุก
วิธีการเก็บรักษา	อาหารแช่แข็ง: เก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส อาหารแช่เย็น: เก็บรักษาในอุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส	อาหารแช่แข็ง: เก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส อาหารแช่เย็น: เก็บรักษาในอุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการปรุง	อาหารแช่แข็ง: ใช้เวลาอุ่น 4-7 นาที อาหารแช่เย็น: ใช้เวลาอุ่น 1-2 นาที	ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์และความต้องการของผู้บริโภค
อายุการเก็บรักษา	อาหารแช่แข็ง: 18 เดือน อาหารแช่เย็น: ไม่เกิน 7 วัน	อาหารแช่แข็ง: 18 เดือน อาหารแช่เย็น: ไม่เกิน 7 วัน

ที่มา : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (2552)

2.3 การเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูป

2.3.1. คุณภาพและการเสื่อมสภาพของอาหารกึ่งสำเร็จรูป (Ready to cook

คุณภาพส่วนประกอบของอาหารพร้อมปรุงประเภทเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะอาหารทะเลสด ซึ่งเสื่อมเสียได้ง่ายด้วยจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมา หรือจุลินทรีย์ที่อาจแทรกซึมเพิ่มเติมจากส่วนประกอบอื่น เช่น จากจำพวกพืชผักหรือเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสหรือสิ่งแวดล้อมระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา รวมทั้งการหยิบยกพิจารณาเลือกของผู้บริโภคเอง ดังที่หน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้เคยสุ่มตัวอย่างตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารในอาหารพร้อมปรุงบางชนิด ซึ่งหากทำการหุงต้มเพียงสุกๆ ดิบๆ อาจทำให้ผู้บริโภคมีอาการอุจจาระร่วง ท้องเดิน คลื่นไส้ อาเจียนได้ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552)

นอกจากนี้ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ยังอาจเกิดขึ้นได้เมื่ออาหารพร้อมปรุงที่ซื้อมาอาจแปรสภาพไปแล้วจากจำนวนจุลินทรีย์และสิ่งปนเปื้อนที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ ก่อนจะถึงเวลาหุงต้มเพื่อปรุงพร้อมบริโภคก็เป็นได้ อาหารพร้อมปรุงแต่ละชนิดต้องการการดูแลรักษาที่แตกต่างกัน และแตกต่างจากผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหารที่อาจมีสิ่งที่ไม่เหมาะสมแก่การบริโภคปนเปื้อน แทรกซึมเข้าไปในอาหารพร้อมปรุงบางชนิด ซึ่งอาจเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ ดังนั้น พนักงานลูกจ้างที่เกี่ยวข้องกับการประกอบธุรกิจผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมปรุงต้องมีความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับสภาพของอาหารพร้อมปรุงด้วย (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2552)

2.3.2 สาเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสีย

การเสื่อมเสียของอาหารเกิดจากจุลินทรีย์ที่เจริญในอาหารส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การทำให้สีและรสชาติ และรสชาติของอาหารเปลี่ยนไป อาหารมีกลิ่นเหม็น จุลินทรีย์บางชนิดไม่ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยตรง แต่จะไปทำลายจุลินทรีย์ที่ต้องการในอาหารชนิดนั้น ๆ จึงเป็นสาเหตุของอาหารเสีย และเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค (รังสินี, 2550) จึงเป็นที่มาของการค้นพบวิธีการถนอมอาหารแบบใหม่ๆ เช่น การทำอาหารกระป๋อง และการทำลายเชื้อโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความร้อน ดังนั้น การเรียนรู้ถึงสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อการเน่าเสียของอาหาร เพื่อที่จะได้หาวิธีการป้องกันไม่ให้อาหารเกิดการเน่าเสีย (นวลจิต, 2539)

สาเหตุที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพมีสาเหตุมาจากสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติในอาหารแต่ละชนิด และเกิดจากจุลินทรีย์

1. เกิดจากสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติในอาหารแต่ละชนิด โดยอาหารที่เน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพที่เกิดจากสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติในอาหารแต่ละชนิดได้แก่ เอนไซม์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ ส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีนมีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในอาหารอยู่ตลอดเวลา สำหรับการทำงานของเอนไซม์จะทำงานได้ดีเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 35-55 องศาเซลเซียส และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ กิจกรรมของเอนไซม์จะค่อย ๆ ลดลงและจะหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิถึง 90–100 องศาเซลเซียส เนื่องจากเอนไซม์มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นโปรตีน โดยโปรตีนของสัตว์น้ำ ได้แก่ ปลา และสัตว์น้ำที่มีเปลือกหุ้มตัว ปลามีเนื้อที่บริโภคได้ร้อยละ 40-60 และมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 10-21 ขึ้นอยู่กับชนิดปลา ในกลางตัวปลาหลายชนิดมีกล้ามเนื้อสีน้ำตาลแดง จะมีโฮโมโปรตีนอยู่สูง เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ โปรตีนในเนื้อปลาไม่ค่อยเสถียรเมื่อเทียบกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ เกิดการเสียสภาพธรรมชาติและโคแอกกูเลต (Coagulate) ได้ง่าย ส่วนสัตว์น้ำที่มีเปลือกหุ้มตัว ได้แก่ หอย ปู กุ้ง สัตว์น้ำเหล่านี้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7-20 ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำ (รังสินี, 2550) โดยในกระบวนการแปรรูปอาหารมักนิยมใช้ความร้อนเพื่อทำลายการทำงานของเอนไซม์จึงช่วยทำให้อาหารไม่เกิดการเน่าเสีย

2. จุลินทรีย์ในอาหาร จุลินทรีย์ที่สำคัญแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ซึ่งแต่ละชนิดมีบทบาทหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นที่มาของการเน่าเสียของอาหาร จุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ และเมื่อโดนความเย็นก็เพียงแต่หยุดชะงักการเจริญเติบโตเท่านั้น เชื้อราเจริญเติบโตได้ช้ากว่ายีสต์และแบคทีเรีย โดยราจะสร้างสปอร์ขึ้นในอาหารและใช้สารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้อาหารเสื่อมเสียโดยทำให้อาหารมีสีและกลิ่นรสเปลี่ยนไป หรือสร้างสารพิษในอาหาร บางชนิดมีเส้นใยเกาะกันอย่างหลวม ๆ หรือติดกันแน่น หรือผงฟูแผ่กระจาย หรือสร้างเม็ดสีในอาหาร ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของรา มีดังนี้ อาหารที่มีน้ำมากจะเน่าเสียได้เร็วกว่าอาหารที่มีน้ำน้อย ราเจริญได้ในที่ที่มีความชื้นต่ำกว่ายีสต์และแบคทีเรีย ราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิห้อง คือ 25-32 องศาเซลเซียส เช่นอาหารที่วางตามท้องตลาด ในครัวที่อับชื้น และราบางชนิดสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำถึง 5 องศาเซลเซียส เช่น อาหารที่เก็บไว้ในตู้เย็น ราเจริญได้ในอาหารที่มี pH 2.0-8.5 แต่ส่วนใหญ่เจริญได้ดีในอาหารที่ค่อนข้างเป็นกรด โดยราต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตและจะเกิดขึ้นที่ผิวของอาหารที่มีความชื้นสูง สามารถใช้อาหารได้หลายชนิด เนื่องจากมีเอนไซม์หลายชนิด เช่น อะมิเลส โปรตีเนส ไลเปส และเพกติเนส เชื้อราจึงย่อยสลายอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน อีกทั้งรายังสามารถทำลายได้ง่ายโดยการต้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในน้ำเดือด ใช้เวลาประมาณ 2–3 นาที มีบางชนิดที่อาจใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 5–10 นาที ซึ่งต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ทนความร้อนได้ต่ำ ฉะนั้นจึงต้องทำลายเชื้อราด้วยความร้อน และป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปในภาชนะ เชื้อราจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้

เนื่องจากวัตถุดิบจำพวกปลา หอยลาย กุ้งสดมีเอนไซม์ไทอามิเนส (Thiaminase) สามารถไปทำลายวิตามินบีหนึ่ง หรือไทแอมีน (Thiamine) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์จำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่บริโภค อีกทั้งมีหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ทำให้เกิดพลังงานเพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้จึงต้องมีการทำให้สุกเพื่อทำให้เอนไซม์ไทอามิเนสเสื่อมสภาพก่อนบริโภค (รังสิณี, 2550)

อาหารที่มีสารทำลายวิตามินบีหนึ่ง ชนิดที่ไม่ทนต่อความร้อน (Heat labile) ซึ่งเป็นเอนไซม์ ที่เรียกว่า thiaminase พบได้ในอาหารจำพวกปลาน้ำจืดหอยลาย และปลาร้า กุ้ง ซึ่งวิตามินบีหนึ่งที่ได้รับจากอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไทแอมินอิสระ และไทแอมินไพโรฟอสเฟต (Thiaminpyrophosphate, TPP) หรือรวมอยู่กับโปรตีน-ฟอสเฟต เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งจะต้องถูกย่อยสลายในระบบทางเดินอาหารก่อนที่จะดูดซึมผ่านผนังลำไส้ ร่างกายจะสะสมไทแอมินไว้ได้เพียงเล็กน้อย โดยกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่อต่างๆ ได้แก่ ตับ ไต หัวใจ สมอง และกล้ามเนื้อ (กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข)

2.4 เชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารแปรรูป

2.4.1 แบคทีเรีย *Salmonella* spp.

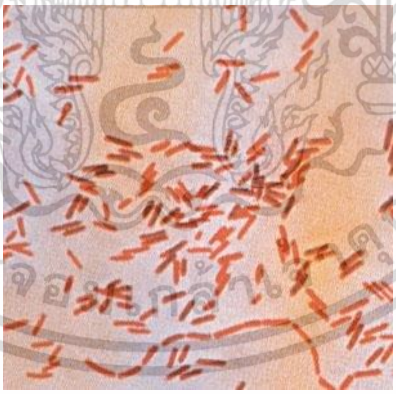
Salmonella เป็นแบคทีเรียในตระกูล Enterobacteriaceae ติดสีแกรมลบ รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ทั้งสภาวะทั้งที่มีและไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิที่สามารถเจริญได้ดีอยู่ระหว่าง 37-45 องศาเซลเซียส Salmonella เจริญได้ดีที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิร่างกายคือ 37 องศาเซลเซียส a_w ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.93-0.99 เจริญในช่วงความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 4.5-9.0 สามารถถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 60 องศาเซลเซียส ในเวลา 15-20 นาที สายพันธุ์ *Salmonella* Senftenberg ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ทนอุณหภูมิได้สูงที่สุด ที่อุณหภูมิต่ำเช่น 5 องศาเซลเซียส ไม่สามารถทำลายเชื้อนี้ได้ เพียงแต่ไปยับยั้งการเจริญของเซลล์เท่านั้น จึงก่อให้เกิดโรคเนื่องจากผลิตสารพิษชนิด Endotoxin ซึ่งอยู่ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรีย (Varnam และ Evans, 1991) สารพิษนี้ถูกกระตุ้นทำให้เกิดการอักเสบที่ผนังลำไส้เล็ก เมื่อบริโภคอาหารที่มีเซลล์ปริมาณมากพอจะเกิดอาการของโรค salmonellosis ภายใน 6-36 ชั่วโมง

โรคที่เกิดจาก *Salmonella* มี 3 กลุ่ม แตกต่างกันตามอาการของโรค ได้แก่ ไข้ไทฟอยด์ (Typhoid fever) เป็นกลุ่มของโภคที่มีอาการรุนแรงที่สุด พบ *Salmonella* Typhi ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค และมีแหล่งมาจากคนเท่านั้น การติดต่อเกิดจากการปนเปื้อนอุจจาระร่วงสู่แหล่งน้ำและอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอาการของโรค จะรุนแรง มีการติดเชื้อในกระแสเลือด (Septicemia) มีไข้สูง ปวดหัว ท้องเสีย อาเจียน ท้องร่วง พบจุดสีแดงบริเวณหน้าอกและลำคอ ส่วนอาการของโรคกลุ่มที่สอง เรียกว่า ไข้แอนเทอริค (Enteric fever) เกิดจาก *Salmonella* Paratyphi ไทป์ เอ บี และซี อาการของโรคคล้ายคลึงกับไข้ไทฟอยด์ แต่รุนแรงน้อยกว่า ส่วนอาการของโรคกลุ่มสุดท้าย คือ โรคกระเพาะอาหารและลำไส้อักเสบ Gastroenteritis ที่มีสาเหตุจาก *Salmonellae* หลายซีโรไทป์มีอาการท้องร่วง ปวดท้องน้อย ตัวเย็น มีไข้ อาเจียน ปวดหัว พบอัตราการตายสูงในผู้ป่วยเด็กและคนชราร้อยละ 0.1-0.2 ในขณะที่อัตราการตายของไข้ไทฟอยด์สูงถึงร้อยละ 10 (พูลทรัพย์, 2547)

ทุกสายพันธุ์ของ *Salmonella* เป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหารของมนุษย์ (Beuchat, 1996) สัตว์น้ำได้แก่ ปลาและกุ้ง พบว่าเป็นพาหะของโรคนี้ จากรายงานการสำรวจการปนเปื้อนของ *Salmonella* ในกุ้งกุลาดำจากแหล่งต่าง ๆ พบว่ากุ้งกุลาดำที่เก็บจากบ่อเลี้ยงพบปนเปื้อนร้อยละ 1.45 (พบปนเปื้อน 1 ตัวอย่างจาก 69 ตัวอย่าง) และกุ้งกุลาดำที่จำหน่ายในสะพานปลาต่าง ๆ พบปนเปื้อนร้อยละ 26.92 (พบปนเปื้อน 7 ตัวอย่างจาก 26 ตัวอย่าง) (Wongchinda, 2000) และยังพบ *Salmonella* ในวัตถุดิบ โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่ผ่านการขนถ่ายจากสะพานปลา ที่สุขลักษณะไม่ได้มาตรฐาน พบการปนเปื้อนในกุ้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบของโรงงานผลิตอาหารแช่เยือกแข็งร้อยละ 0.93 (อุรารัตน์ และ อรุณี, 2537) การปนเปื้อนของ *Salmonella* มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยมีการตรวจพบการปนเปื้อนในวัตถุดิบกุ้งกุลาดำของโรงงานผลิตอาหารแช่เยือกแข็งถึงร้อยละ 11.34 ในปี 2543 (สุวิมล และ ศันสนีย์, 2543)



ภาพที่ 2.1 เชื้อ *Salmonella* spp.

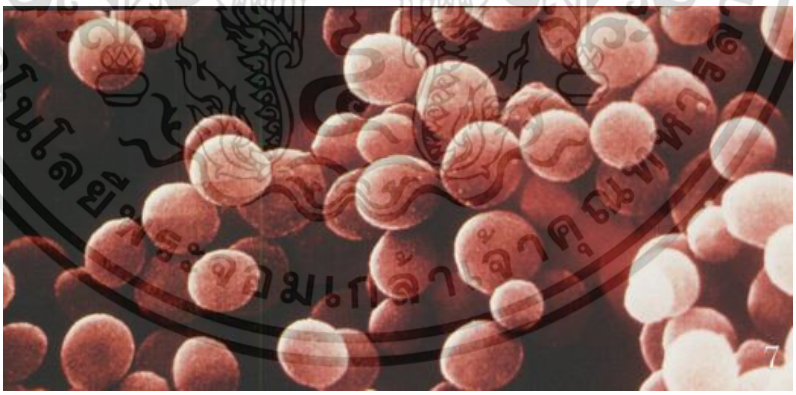
ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Salmonella-typhi-the-agent-of-typhoid-Gram-stain_fig25_290911856/download (4/6/2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แบคทีเรีย *Staphylococcus aureus*

S. aureus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม จับกันเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น พบอยู่เป็นคู่ หรือจับกันเป็นเส้นสายสั้นๆ เมื่อเจริญบนอาหารแข็งจะมีสีเหลืองทองหรือสีเหลือง และบางสายพันธุ์ไม่มีสี สามารถเจริญได้ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ แต่จะเจริญได้ดีในสภาวะที่มีอากาศ สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญและสร้างพิษจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของอาหารที่เกี่ยวข้อง โดยเชื้อสามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 4-46 องศาเซลเซียส เมื่อเจริญในสภาวะที่มีอากาศ ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30-37 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดที่เชื้อเจริญคือ 5.5 และความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่เชื้อยังคงเจริญคือ 6.0 สามารถเจริญในอาหารที่มีปริมาณ a_w ที่เหมาะสมคือ 0.96 และสามารถทนเกลือสูงถึงร้อยละ 19 ซึ่งเป็นสภาพที่สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อชนิดอื่น ๆ (Loken, 1995) สร้างสารพิษได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส

S. aureus สร้างสารพิษ (Toxtin) ชนิดเอนทีโรทอกซิน (Enterotoxin) สารพิษที่สร้างมีคุณสมบัติทนความร้อน ส่วนใหญ่จะทำให้พลาสมาของเลือดแข็งตัว (Coagulation blood plasma) มนุษย์และสัตว์เป็นแหล่งของ *S. aureus* พบได้จากจมูก ในคอ ผม ผิวหนัง ประมาณร้อยละ 50 ของผู้มีสุขภาพดี อย่างไรก็ตาม ยังสามารถพบได้ในอากาศ ฝุ่น ของเสีย และพื้นผิวของเครื่องมือที่ใช้ทำอาหาร ซึ่งบางสายพันธุ์เมื่อเจริญในอาหารจะสร้างสารพิษ (Enterotoxin) ซึ่งมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร ถ้าปล่อยให้เจริญในอาหาร สารพิษของเชื้อนี้ไม่สามารถทำลายได้ด้วยความร้อนจากการหุงต้ม



ภาพที่ 2.2 เชื้อ *Staphylococcus aureus*

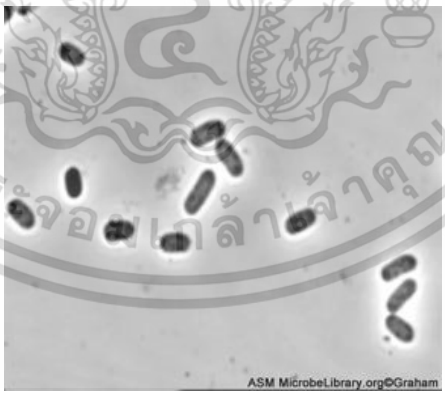
ที่มา : http://textbookofbacteriology.net/pathogenesis.html (4/6/2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 แบคทีเรีย *Escherichia coli* O157:H7.

E. coli เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นรูปท่อน ติดสีแดง เจริญได้ดีที่สุดที่ pH ประมาณ 6.6.-7.5 ซึ่งเนื้อสัตว์และอาหารทะเลมี pH $\leq$ 5.6 จึงเกิดการเน่าเสียจากแบคทีเรีย รวมทั้งยีสต์และรา ส่วนผักจะมี pH สูงกว่าผลไม้ จึงเกิดการเน่าเสียจากแบคทีเรียมากกว่ายีสต์และรา ค่า a_w ต่ำสุดสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ อยู่ที่ 0.96 โดย *E. coli* มีถิ่นที่อยู่อาศัยในลำไส้ตอนปลาย และลำไส้ใหญ่ของสัตว์เลือดอุ่นจึงมักพบปนเปื้อนในอุจจาระของคนและสัตว์ โดยปกติ *E. coli* ไม่ก่อให้เกิดโภคทางเดินอาหาร ยกเว้น สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรคเรียกว่า Pathogenic *E. coli* แยกโดยใช้ O (Somatic), H (Flagella) และ K (Capsular) ความรุนแรงของโรคมีตั้งแต่อุจจาระร่วงเป็นน้ำ (Water diarrhea) ไปจนถึงอุจจาระมีมูกเลือด เนื่องจากมีการอักเสบของลำไส้ (Inflammatory diarrhea) (รังสินี, 2550)

นอกจากนี้ในประเทศไทยได้มีการสำรวจการปนเปื้อนของ *E. coli* ในตัวอย่างอาหารทะเลแช่เยือกแข็งส่งออกจำนวน 220 ตัวอย่าง พบว่า ตัวอย่างที่สุ่มตรวจจากโรงงานไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อนี้ จากการตรวจสอบพบ Coliform bacteria ในผลิตภัณฑ์ประมงบางชนิด เช่น ปลาแห้ง ปลาเค็ม หอยแห้ง กุ้งแห้ง ลูกชิ้นปลา และปลาหมึกแห้งปรุงรสชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถรับประทานได้ทันที การตรวจพบ Coliform bacteria ในอาหารกลุ่มนี้แสดงว่าอาหารมีการปนเปื้อน ซึ่งแสดงถึงความไม่สะอาด โดยทั่วไปการควบคุมสุขลักษณะของอาหาร Coliform จะถูกใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินว่า อาหารผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะหรือไม่ โดยมาตรฐานอาหารทั่วไป จะกำหนดปริมาณ *E. coli* ตั้งแต่ 0-10 MPN/g (กรมประมง, 2547)



ภาพที่ 2.3 เชื้อ *E. coli* O157:H7.

ที่มา : http://www.textbookofbacteriology.net/e.coli.html (4/6/2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 แบคทีเรีย *Clostridium perfringens*

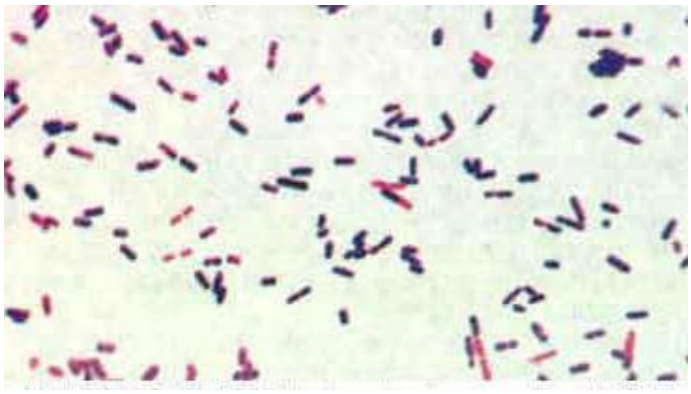
C. perfringens เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน เจริญได้โดยไม่ต้องการออกซิเจน ไม่เคลื่อนที่ และสามารถสร้างสปอร์ได้ ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหารทั้งในสัตว์และคน เป็นจุลินทรีย์ทั่วไปที่พบในทางเดินอาหาร สปอร์ของ *C. perfringens* พบได้ในอาหารสด เช่นเดียวกับที่ตรวจสอบในดิน น้ำเสียและ อุจจาระของสัตว์ สปอร์ทนความร้อนได้ดีที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 1 ชั่วโมง การปรุงอาหารอาจทำลายเซลล์และสปอร์บางสายพันธุ์ได้ แต่ถ้าสปอร์ยังรอดชีวิตอยู่และเกิดการงอก จะมีการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ในระหว่างการหุงต้มที่ไม่ถูกวิธี หรือการเก็บอาหารในตู้เย็นที่มีอุณหูมิไม่เหมาะสม และหากมีเซลล์ของ *C. perfringens* ในปริมาณมากพอ และมีการสร้างสปอร์สารพิษขึ้นทำให้ผู้บริโภคมีอาการอาหารเป็นพิษเกิดขึ้น (พูลทรัพย์, 2547)

สำหรับสายพันธุ์ที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเป็นพิษ เช่น ไทป์เอ นั้น สปอร์ที่สร้างขึ้นสามารถทนความร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญอยู่ในช่วง 15–50องศาเซลเซียส และเจริญดีที่สุดในช่วง 43–47 องศาเซลเซียส สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม อยู่ระหว่าง 5–9 ถ้าในอาหารมีเกลืออยู่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 หรือมีโซเดียมไนเตรทอยู่ร้อยละ 2.5 จะสามารถหยุดหรือชะลอการเจริญของ *C. perfringens* (พูลทรัพย์, 2547)

อาการของโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจาก *C. perfringens* จะเกิดขึ้นเมื่อบริโภค *C. perfringens* จำนวน 10^6 เซลล์ต่อกรัมอาหาร จากนั้นเชื้อที่บริโภคเข้าไปจะไปสร้างสารพิษและปล่อยออกมาในลำไส้เล็กทำให้เกิดอาการผิดปกติขึ้น อาการของโรคที่เกิดขึ้นเริ่มจากการเป็นตะคริวที่ท้อง ท้องเดินอย่างแรง มักไม่ค่อยพบอาการคลื่นไส้หรืออาเจียน ระยะฟักตัวสำหรับแบคทีเรียชนิดนี้อยู่ในระหว่าง 9–12 ชั่วโมง หลังการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนเข้าไป อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นมักจะเป็นระยะสั้นๆ จะหายภายใน 24 ชั่วโมง หรือน้อยกว่านั้น แต่สำหรับคนไข้ที่สูงอายุหรือเด็กเล็ก อาจเสียชีวิตได้ นอกจากนี้ยังพบว่า *C. perfringens* สามารถสร้างฮีโมไลซิน (Haemolysin) ที่เป็นสาเหตุให้เม็ดเลือดแดงแตกได้ (พูลทรัพย์, 2547)

อาหารที่มักพบว่าจะเป็นสาเหตุของการระบาด ได้แก่ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ ไก่และผลิตภัณฑ์ไก่ ที่มีเซลล์สปอร์ของแบคทีเรียชนิดนี้ปนเปื้อนมา นอกจากนี้ผักชนิดต่างๆ และเครื่องเทศที่มีการปนเปื้อน ก็อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการระบาดของโรคได้เช่นเดียวกัน สำหรับการปนเปื้อนบางครั้งอาจมาจากฝุ่น ผง ดิน มูลสัตว์ อุปกรณ์เครื่องมือที่ไม่สะอาด หรือจากพนักงาน ที่มีสุขอนามัยส่วนบุคคลไม่ดี ซึ่งวิธีการป้องกันแก้ไขอาจทำได้โดยการควบคุมการสุขาภิบาลโรงงานอย่างเหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดนี้สามารถเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีปริมาณที่มากพอที่ทำให้เกิดโรคได้ในระยะเวลาอันสั้น ในอาหารประเภทเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อเป็นอาหารซึ่งมีคุณค่าทางอาหารต่างๆ ครบถ้วนและถ้าเมื่อสภาวะแวดล้อมอื่นเหมาะสม *C. perfringens* ก็จะสามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 เชื้อ *Clostridium perfringens*

ที่มา : http://textbookofbacteriology.net/clostridia.html (4/6/2020)

2.5 การถนอมอาหารโดยใช้ความร้อน

การถนอมอาหารเป็นกรรมวิธีที่ทำให้อาหารไม่เน่าเสียและสามารถเก็บไว้ได้นาน โดยควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่การให้ความร้อน ความเย็น การทำแห้ง การใช้สารเคมี และการใช้รังสี ซึ่งการเลือกใช้วิธีการถนอมอาหารต้องเหมาะสมเพื่อทำให้อาหารเป็นที่ต้องการและมีความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค ป้องกันการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น แบคทีเรีย และเชื้อรา เช่น การควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงจุลินทรีย์เหล่านี้ ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ตลอดจนการปรับปรุงคุณภาพอาหาร วิธีการผลิต การเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงลักษณะอาหารให้มีมากขึ้น ใช้ประโยชน์มากขึ้น และมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น (สมเพียร, 2542)

2.5.1 ความร้อนกับการทำลายจุลินทรีย์

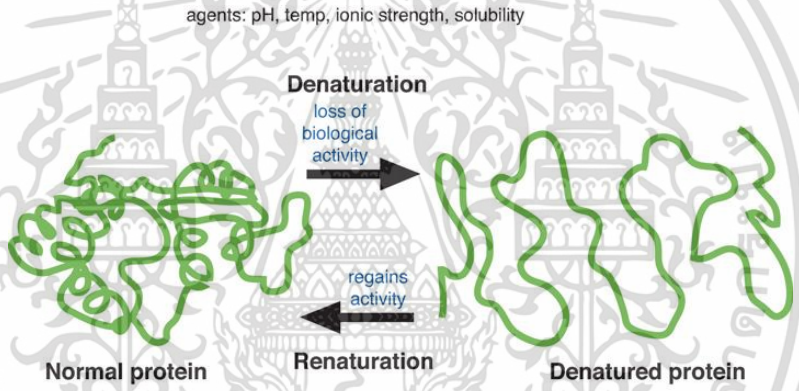
การใช้ความร้อนช่วยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียหรือเป็นพิษได้ รวมทั้งยังสามารถหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อาจทำให้สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพ โดยหลักการใช้ความร้อนในการถนอมอาหาร ทำให้มีการแปรรูปอาหารให้อยู่ในรูปแบบอาหารพร้อมปรุง มากขึ้นได้แก่ การใช้ความร้อนในระดับต่ำกว่าจุดเดือด เพื่อทำลายจุลินทรีย์บางส่วนในอาหาร โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แฮม เบคอน และไส้กรอก เป็นต้น โดยให้ความร้อนจนอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 65-75 องศาเซลเซียส (สมเพียร, 2542) นอกจากนี้ความร้อนยังช่วยทำให้โปรตีนในผลิตภัณฑ์มีหน้าที่ทางด้านประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ การให้สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ทำให้ความแน่นเนื้อเปลี่ยนไป ซึ่งโปรตีนทำหน้าที่เป็นสารช่วยเกาะติดหรือเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ทำให้เกิดฟอง เกิดการดูดซับ อาหารเกิดการเปลี่ยนรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเกิดเจล ซึ่งคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์และโฟม ทำให้โปรตีนที่ถูกดูดซับเข้าไปเป็นแผ่นอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคคอลลอยด์ทำให้อิมัลชันและโฟมคงตัวดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารคงตัวได้ดี นอกจากนี้ผลของการให้ความร้อนต่อคุณภาพของโปรตีน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เวลา ความชื้นในอาหารและสารรีดิวซ์ แต่คุณค่าทางโภชนาการก็ยังมีอยู่รวมทั้งความร้อนยังช่วยทำลายสารยับยั้งทริปซิน และสารยับยั้งคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้ร่างกายใช้ประโยชน์จากโปรตีนได้ดีขึ้น (รังสินี, 2550)

2.5.2 การเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนด้วยความร้อน

โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อน โครงสร้างปฐมภูมิของโปรตีนแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับการเรียงตัวของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีนชนิดนั้น ๆ และมีผลต่อโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยะภูมิ และจตุรภูมิของโปรตีน แสดงดังรูป



ภาพที่ 2.5 การเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (Denaturation)

ที่มา : https://2012books.lardbucket.org/books/an-introduction-to-nutrition/s10-02-the-role-of-proteins-in-foods-.html (4/6/2020)

เมื่อโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (Denaturation) เนื่องจากพันธะในโมเลกุลที่ยึดเกาะกันนั้นถูกทำลาย กลายเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่มีลักษณะไม่แน่นอนผสมกัน ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและหน้าที่ของโปรตีนเปลี่ยนไป โดยโปรตีนอนุพันธ์ (Derived protein) ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ และสูญเสียสมบัติในการละลายได้น้อยลง เกิดการตกผลึก ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเสียสภาพธรรมชาติเกิดจากการที่พันธะไฮโดรเจนและพันธะอื่นๆ ที่อยู่ในโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ และจตุรภูมิ ถูกทำลาย จึงเกิดการคลายตัวของสายโพลิเปปไทด์ ซึ่งเป็นผลมาจากการให้ความร้อน ซึ่งการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนด้วยความร้อนจะเป็นการเสียสภาพอย่างถาวร เรียกว่า Coagulation แต่การเสียสภาพธรรมชาติเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพีเอช หรือการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือลงไป จะมีผลทำให้โมเลกุลของโปรตีนมีชนิดและจำนวนของประจุเปลี่ยนไปเท่านั้น จึงทำให้สามารถกลับคืนสภาพธรรมชาติเดิมได้ เรียกว่า Renaturation (รังสินี โสธรวิทย์, 2550; นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

2.5.3 ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาอุณหภูมิ-เวลาในการฆ่าเชื้อ

อุณหภูมิ-เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหารจะมีความสำคัญต่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (Obligrate anaerobes) หรือที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย (Facultative anaerobes) เนื่องจากสปอร์บางชนิดที่ทนความร้อนได้สูงมากนั้นไม่สามารถเจริญและก่อให้เกิดอันตรายในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง การตายของจุลินทรีย์เนื่องจากความร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ จะเป็นลักษณะล็อก (Log) เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ดังนั้น อัตราส่วนของเชื้อที่เหลือรอด เมื่อเวลาผ่านไป จะลดลงในอัตราที่คงที่ จำนวนเซลล์หรือสปอร์ที่มีชีวิตอยู่หลังให้ความร้อน จะหาได้จากการนับตามวิธีการเลี้ยงเชื้อในจานเลี้ยงเชื้อ โดยความสัมพันธ์ของเวลาที่ให้ความร้อน ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ กับการตายของจุลินทรีย์จะหาได้จาก กราฟการมีชีวิตรอด (Survivor curve) โดยให้ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตเหลืออยู่บนแกนล็อก และเวลาอยู่บนแกนธรรมดา (รุ่งนภา, 2551)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พูลทรัพย์ และคณะ (2547) ทำการศึกษาการวิเคราะห์ความเสี่ยงในห่วงโซ่อาหารที่มีต่อผู้บริโภคกลุ่มสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ โดยเลือกชนิดของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญในด้านเศรษฐกิจและด้านความถี่ในการบริโภคในประเทศมาศึกษาโดยเฉพาะกุ้งสดแช่เย็น แช่เยือกแข็ง ทั้งยังมีการนำเข้าวัตถุดิบเช่น ปลาทูน่าสดแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็งมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ จากรายงานพบว่ามีผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้บางชนิด เช่น กุ้งบรรจุกระป๋อง ปลาทูน่า ปลาซาร์ดีนบรรจุกระป๋องยังประสบปัญหาถูกกักกันในเรื่องการตรวจสอบคุณภาพที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด รองลงมา ได้แก่ ปัญหาจุลินทรีย์ สินค้าอาหารทะเลสดส่วนใหญ่มีคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ได้แก่ ปลาหมึก ปลา กุ้งแช่เยือกแข็ง แต่บางครั้งมีปัญหาปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยชนิดจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุด ได้แก่ *V. Parahaemolyticus, E. Coli, Sal,* spp. และ *S. aureus* พบทั้งในอาหารสดแช่เย็น แช่เยือกแข็งและอาหารที่นำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ สร้างมูลค่าเช่น กุ้งตุ้ม ลูกชิ้นกุ้ง ขนมจีบ ฮะเก๋า เป็นต้น ส่วนสินค้าประเภทพื้นเมือง เช่น กุ้งแห้ง ปลากะตัก ปลาดาบเงิน น้ำพริกนรก พบการปนเปื้อนของยีสต์และราเมากกว่า

Keeratipibul และคณะ (2009) ศึกษาการปนเปื้อนของ coliforms ในกุ้งแช่แข็ง 2 ชนิด คือกุ้งปรุงสุกสำหรับทำซูชิและกุ้งปรุงสุกปอกเปลือกแบบมีหัวโดยทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป 4 ตัวอย่างต่อวัน ใช้วิธี Swabs Test เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความชุกของ coliforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแต่ละขั้นตอนการผลิตและด้านสิ่งแวดล้อม โดยค่าความน่าจะเป็นของการเกิด coliform มีค่ามากกว่า 1.0 หมายถึงมีการเพิ่มจำนวนของ coliforms ในขั้นตอนของการผลิต โดยกุ้งปรุงสุกสำหรับซูชิพบว่ามี 5 ขั้นตอนที่มีค่ามากกว่า 1.0 คือในขั้นตอนการตัด การเรียง การลดขนาด การปอกเปลือก และการแช่น้ำเกลือ ส่วนกุ้งปรุงสุกปอกเปลือกแบบมีหัว พบว่ามี 4 ขั้นตอนที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงกว่า 1.0 คือพบในขั้นตอนการเรียง การฉีดพ่นด้วยน้ำเย็น การปอกเปลือก และล้างด้วยน้ำคลอรีน โดยกระบวนการผ่านความร้อนที่ใช้ในโรงงาน มีการใช้อุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 นาที จากผลการตรวจสอบขั้นตอน และผลิตภัณฑ์สุดท้ายพบว่า มาจากการปนเปื้อนหลังการผ่านการความร้อนแล้ว ซึ่งจากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่า กุ้งปรุงสุกพร้อมรับประทาน ที่นิยมบริโภคโดยไม่มีการผ่านความร้อน หรือทำให้สุกอีกครั้งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวยังเป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะในโรงงานแปรรูป จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการป้องกันการปนเปื้อนหลังจากการผ่านความร้อนอย่างเข้มงวดและเหมาะสม

Can และ Harun (2014) ศึกษาความเหมาะสมของอุณหภูมิสำหรับการเก็บรักษาลูกชิ้นไก่ที่ทำจากเนื้อไก่สับละเอียดด้วยวิธี sous vide โดยทำการเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ก่อนการ Sour Vide ลูกชิ้นไก่ถูกเตรียมและแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม โดยนำตัวอย่างลูกชิ้นไก่มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 10 องศาเซลเซียส แล้วทำการเก็บรักษาไว้นาน 14 วัน เมื่อครบอายุจึงนำมาวิเคราะห์ด้านประสาทสัมผัส ด้านชีววิทยา (แบคทีเรียแอโรบิค แบคทีเรียไซโครโทรฟทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลคติก Enterobacteriaceae *Clostridium perfringens Listeria* spp.) และด้านกายภาพ จากผลการศึกษาพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ (Total aerobic mesophilic bacteria,TAMB) ก่อนการให้ความร้อน อยู่ที่ 4.3 log CFU/g และมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังการให้ความร้อนอยู่ที่ 3.9 log CFU/g ตรวจไม่พบเชื้อ *Cl. perfringens* และ *Listeria* spp. ซึ่งมีความสำคัญในสัตว์ปีกและอาหารพร้อมรับประทาน แต่พบเชื้อ mesophilic ในตัวอย่างลูกชิ้นไก่ที่ให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที เก็บรักษาไว้ที่ 2 องศาเซลเซียส ($p < 0.05$) นอกจากนี้ผลต่อการวิเคราะห์ค่าสีและเนื้อสัมผัส พบว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อนไม่มีผลต่อพารามิเตอร์ทั้งสอง แต่ส่งผลให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างลูกชิ้นไก่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Özlem (2011) ศึกษาลักษณะคุณภาพทางจุลชีววิทยาและทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาคาร์พ บรรจุในถุงแวคคัม ผลิตโดยวิธีซูวี (Sous Vide) เพื่อศึกษาการเก็บรักษา 4 สภาวะที่แตกต่างกัน ดังนี้ (a) Control เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส, (b) Control เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (c) หมักซอส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และ (d) หมักซอส เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แล้วประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ด้านจุลชีววิทยา และด้านเคมี พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีอัตราการเติบโตของ Mesophilic Bacteria และ Psychrotrophs นอกจากนี้จำนวนเชื้อยังลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิความร้อนและเวลา และไม่พบเชื้อ *S.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

aureus B. cereus C. perfringens และ *Listeria monocytogenes* ในตัวอย่าง ดังนั้นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถรักษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้

Tiziana และคณะ (2018) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของหอยแมลงภู่ปรุงสุก โดยวิธีซูวี (Sous Vide) เมื่อเปรียบเทียบกับหอยแมลงภู่ปรุงแบบวิธีดั้งเดิมที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที นำมาตรวจสอบในระหว่างการเก็บรักษาแช่เย็น (3.0 ± 1 องศาเซลเซียส) และ sous vide ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แบบมีและไม่มีน้ำเกลือ พบว่าแบบมีน้ำเกลือ ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของหอยแมลงภู่และยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 21 วัน ยิ่งไปกว่านั้นการเติมน้ำเกลือสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 30 วัน เมื่อเทียบกับหอยแมลงภู่ที่ปรุงแบบวิธีดั้งเดิม โดยจะช่วยลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและรักษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ความนุ่นของเนื้อหอยแมลงภู่ ซึ่งหอยแมลงภู่ที่ผ่านการแปรรูปโดยวิธี "sous vide cook and chill" พร้อมรับประทานในสภาวะแช่เย็น เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอายุการเก็บรักษานานและมีความสะดวก ซึ่งตอบรับกับแนวโน้มพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป

Rosnes และคณะ (2011) ทำการศึกษาการแปรรูปด้วยความร้อนเป็นหนึ่งในวิธีการที่พบได้บ่อยที่สุดในการเพิ่มความปลอดภัยสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาสำเร็จรูปรวมถึงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา กระบวนการให้ความร้อนสำหรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยปกติจะอยู่ในช่วง 60-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-30 นาที เนื่องจากการให้ความร้อนจำเป็นสำหรับการยับยั้งจุลินทรีย์แต่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของโปรตีนและไขมัน มีความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของปผลิตภัณฑ์ปลาที่ถูกส่งออกไปเกี่ยวกับอุณหภูมิมนการจัดเก็บ วิธีการใหม่เน้นการให้ความร้อนน้อยที่สุดหรือการให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว จุดประสงค์หลักเน้นการให้ความร้อนน้อยที่สุดและลดการไล่ระดับของอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์

Wang และคณะ(2004) ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาปีกไก่ที่ถูกบรรจุในถุงสุญญากาศและผ่านการให้ความร้อนด้วยวิธีการซูวี (Sous Vide) ที่อุณหภูมิ 75 และ 90 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายในถึง 73.8 องศาเซลเซียส ตัวออย่างที่ปรุงสุกจถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 7 องศาเซลเซียส พบว่าปีกไก่ที่ได้รับการซูวีและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 7 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทำ Sous vide เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาของปีกไก่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ และอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 กุ้งทะเลซื้อจากมหาชัย จ. สมุทรสาคร ในช่วงเดือน กันยายน- มกราคม ปี 2560

3.1.1.2 น้ำตาลทรายขาว ตราลินส์ บริษัท แมสมาร์เก็ตติ้ง จำกัด

3.1.1.3 เกลือป่น ตรา TRS บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด

3.1.1.4 แป้งอเนกประสงค์ ตราโกกิ บริษัท มาลินีฟูดโปรดักส์ จำกัด

3.1.1.5 ไข่ไก่ขนาดเบอร์ 1 ตราเบทาโกร บริษัท เบทาโกร จำกัด

3.1.1.6 ฟองเต้าหู้ซื้อจากตลาดเยาวราช

3.1.1.7 เครื่องบดผสม Panasonic: MX-AC400, Thailand

3.1.2 สารเคมี

3.1.2.1 Tartaric acid ($C_4H_6O_6$), Merck, Germany

3.1.2.2 Potato dextrose agar (PDA), Difco, USA

3.1.2.3 Buffered peptone water (BPW), Difco, USA

3.1.2.4 Plate Count Agar (PCA), TM Media, India

3.1.2.5 Buffer peptone water, Difco, USA

3.1.2.6 น้ำกลั่น

3.1.2.7 Butterfield's phosphate buffer

3.1.2.8 Peptone, Difco, USA

3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง, Ohaus Corp, USA

3.1.3.2 ตู้อบลมร้อน, Skadi, Netherland

3.1.3.3 ตู้บ่มเชื้อ, Heraeus, Germany

3.1.3.4 ตู้ปลอดเชื้อ, Astec Microflow, United Kingdom

3.1.3.5 ถุงลามิเนตบรรจุอาหาร NYLON+LL ขนาด 200×220 มิลลิเมตร ความหนา 80 ไมโครเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.6 เครื่องปิดผนึก Continuous band sealer, Hualian รุ่น: FRB-7701, Chaina

3.1.3.7 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.1.3.8 อ่างควบคุมอุณหภูมิ, MEMMERT รุ่น WNB Series, Germany

3.1.3.9 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อความดันไอ, Tommy, Japan

3.1.3.10ไมโครปิเปต และทิป, Witeg, France

3.1.3.11 เครื่องเขย่าสาร, Scientific Industrirs, USA

3.1.3.12 เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ

3.1.3.13 เครื่องตีปั่น, Interscience, France

3.1.3.14 เครื่องวัดค่าเวอเตอร์แอคติวิตี้, Aqualab 4TE, U.S.A

3.1.315 เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส, TA-XT Plus, United Kingdom

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมแฮ่กึ๊น (วิธีดั้งเดิม)

การเตรียมกุ้ง แกะเปลือก ผ่าหลังชักเส้นดำทิ้ง ล้างน้ำให้สะอาด นำฟองเต้าหู้มาตัดเป็นแผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 6×6 นิ้ว (กว้าง×ยาว) เตรียมไว้ หลังจากนั้นนำเนื้อกุ้งมาชั่งน้ำหนัก 500 กรัม นำมาบดผสมกับเกลือป่น 13 กรัม แป้งสาลี 50 กรัม พริกไทยป่น 5 กรัม และไข่ไก่ 50 กรัม ตีให้เข้ากันจนเนื้อเนียน หลังจากนั้นนำมาห่อด้วยฟองเต้าหู้โดยนำฟองเต้าหู้มาพรมน้ำเล็กน้อย วางส่วนผสมที่ตีเข้ากันลงบนแผ่นฟองเต้าหู้ตามแนวยาว ค่อยๆ ม้วนให้เสมอกัน แฮ่กึ๊น 1 แถว มีน้ำหนัก 120 กรัม แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 3.1 เมื่อมีลูกค้าสั่งทางร้านจะนำมาทอดในน้ำมันที่ร้อน จนสุกสีเหลืองทองสม่ำเสมอ แล้วนำเสิร์ฟให้กับลูกค้า

<u>วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แฮกึ๊น : ผลิตแบบวิธีดั้งเดิม</u>

(ไม่มีการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3.1 วิธีการผลิตแฮ่กึ๊นแบบวิธีดั้งเดิม

3.2.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ในแฮ่กึ๊นก่อนทอด

3.2.2.1 วิธีการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊น

ทำการเก็บตัวอย่างแฮ่กึ๊น (วิธีดั้งเดิม) จากสาขา A B และ C จำนวน 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 ชิ้น ๆ ละ120 กรัม ในวันเริ่มต้นของการผลิต และเมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน ของการผลิต โดยในระหว่างการขนส่งเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (แช่เย็นหรือใส่กล่องเก็บรักษาด้วยแผ่นเก็บความเย็น)

3.2.2.2 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ในตัวอย่างแฮ่กึ๊น

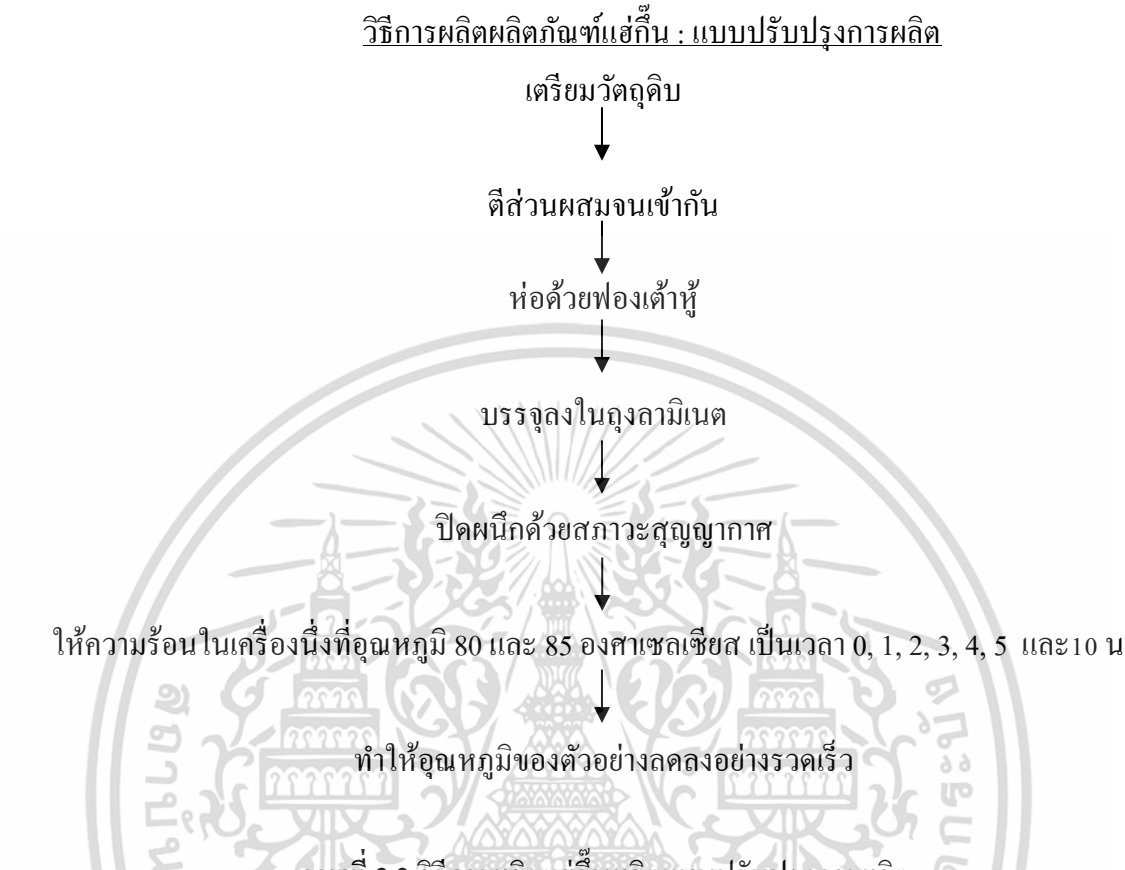
นำตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ไม่ผ่านความร้อนจากข้อ 3.2.1. มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) *Staphylococcus aureus, Salmonella* spp., *Clostridium perfringens, Escherichia coli,* ยีสต์ และรา

ใช้การส่งวิเคราะห์บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด โดยการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) ใช้วิธีวิเคราะห์ FDA-BAM, 2001, (Chapter 3)

3.2.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต

โดยนำแฮ่กึ๊นที่ห่อด้วยฟองเต้าหู้แล้ว ตามข้อ 3.2.1 มาปรับปรุงการผลิตโดยนำมาบรรจุลงในถุงลามิเนต ปิดผนึกด้วยสภาวะสุญญากาศ แล้วนำมาให้ความร้อนในเครื่องนึ่งจนได้อุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 10 นาที วัดอุณหภูมิแฮกึ๊นโดยใช้ เทอโมมิเตอร์ แล้วทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงดังภาพที่ 3.2 โดยนำตัวอย่างแฮ่กึ๊นทั้งหมดมาเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ โดยทำการเก็บตัวอย่าง ในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ15 วัน มาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม ซึ่งไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 วิธีการผลิตแฮ่กึ๊นผลิตแบบปรับปรุงการผลิต

3.2.3.1 คุณภาพด้านจุลชีววิทยา

ทำการเก็บแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ10 นาที แล้วทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็ว วิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา หาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดทั้งหมด นำตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ผ่านความร้อนแต่ยังไม่ทอด มาชั่งน้ำหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงปลอดเชื้อ แล้วเติมสารละลาย Butterfield's phosphate buffer ปริมาตร 225 มิลลิลิตร (BAM, 2003) ที่ทำการฆ่าเชื้อ แล้วที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องตีปั่น (Stomacher) ที่ความเร็วระดับ 3 นาน 1 นาที หลังจากนั้นทำการเจือจางลำดับส่วน ในอัตราส่วน 1:10 เจือจางตัวอย่างด้วย Butterfield's phosphate buffer ตามลำดับ แล้วนำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC)

3.2.3.2 คุณภาพด้านกายภาพ

นำแฮ่กึ๊นที่ได้จากการปรับปรุงการผลิต (ผ่านการให้ความร้อน) และแบบใช้การผลิตแบบดั้งเดิม มาหั่นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร แล้วนำตัวอย่างมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลซียส เป็นเวลา 8 นาที คนตัวอย่างให้สีสม่ำเสมอ แล้วตักขึ้นพักไว้ นำมาตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพดังนี้

3.2.3.2.1 การคำนวณหาปริมาณความชื้น

นำกระป๋องอะลูมิเนียมไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้ทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าที่ได้เป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำตัวอย่างแฮก็นมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ลงในกระป๋องอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน และบันทึกน้ำหนักของตัวอย่าง ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า เพื่อคำนวณหาปริมาณความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์ (AOAC, 2000)

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารก่อนอบ} - \text{น้ำหนักอาหารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักอาหารก่อนอบ}} \times 100$$

3.2.3.2.2 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (A_w)

สอบเทียบเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (AQUALAB Model 4TE, Decagon Devices, Inc., USA) โดยนำน้ำปราศจากไอออน ใส่ในตลับตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าเครื่องวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยใส่ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ระหว่าง 0.997-1.003 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างแฮก็นหลังจากทำการเตรียมตัวอย่างตามข้อ 3.2.1 ใส่ในตลับตัวอย่างให้ได้ประมาณครึ่งตลับ แล้วเกลี่ยตัวอย่างให้เรียบแบนพอสมควร ใส่เข้าเครื่องและอ่านค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผลทำการทดลอง 5 ซ้ำ และจดบันทึกค่า (AOAC, 2000)

3.2.3.2.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์แฮ่ก็นที่ทอดแล้ว มาหั่นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร นำมา**วิเคราะห์**ด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT Plus โปรแกรม Texture Expronent ทำการทดลอง 5 ซ้ำ จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

T.A. Setting	Unit
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-test speed	5.0 mm/s
Strain	50%
Time	1 s
Trigger force	40 g
distance	30 mm

3.2.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิตก่อนทอด

นำแฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว และแฮกึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิม (ชุดควบคุม) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ15 วัน มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาของแฮกึ๊น โดยทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยมีค่าน้อยกว่า 6 log CFU/g **อ้างอิง :** ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3.2.5 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต

นำแฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนได้ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว และแฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิม (ชุดควบคุม) มาหั่นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร นำตัวอย่างมาทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลซียส เป็นเวลา 8 นาที คนตัวอย่างให้สีสม่ำเสมอ แล้วตักขึ้นพักไว้ โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 30 ท่านที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว เป็นผู้ให้คะแนนความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 5-Point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial โดยทำการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในแฮ่กึ๊นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมกับการผลิตแบบวิธีใหม่ (ปรับปรุงการผลิตมีการให้ความร้อน) โดยทำการทดลอง 3 ตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้ำแล้ว มีผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา และผลวิเคราะห์ทางกายภาพ ของแฮกึ๊นที่มีการใช้อุณหภูมิ และเวลาที่ศึกษา นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับปรุงการผลิตแฮ่กึ๊นโดยเพิ่มกระบวนการให้ความร้อน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของแฮ่กึ๊นก่อนนำไปทอด โดยศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในแฮ่กึ๊นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม จากนั้นปรับปรุงการผลิตแฮ่กึ๊นด้วยการใช้ความร้อน ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อนต่อปริมาณจุลินทรีย์ในแฮ่กึ๊น และลักษณะทางกายภาพของแฮ่กึ๊น หลังจากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนก่อนการทอด นำไปทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภค โดยเปรียบเทียบกับแฮ่กึ๊นที่ผลิตโดยวิธีดั้งเดิม (ตัวอย่างควบคุม)

4.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ในแฮ่กึ๊นก่อนทอด

4.1.1 ผลการศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม

จากการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมก่อนการทอดจากร้านอาหาร 3 ร้าน (ร้าน A B และ C) ตัวอย่างละ 2 ชิ้นๆ ละ120 กรัม ในวันเริ่มต้นของการผลิต และตัวอย่างที่มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ครบ 3 วันของการผลิต มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) เชื้อ *Clostridium perfringens* เชื้อ *Staphylococcus aureus* เชื้อ *Salmonella* spp. เชื้อ *Escherchia coli* ยีสต์และรา ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ร้าน A มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เริ่มต้นอยู่ที่ 6.69 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน มีเชื้อเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 7.41 log CFU/g ไม่พบเชื้อ *C. perfringens* เชื้อ *S. aureus* เชื้อ *Salmonella* spp. ของทั้งวันเริ่มต้นและเมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน แต่พบเชื้อ *E.coli* เมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน พบอยู่ที่ 3.6 MPN/g พบยีสต์และราเริ่มต้นอยู่ที่ 5.25 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาครบ 3 วันพบว่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 6.28 log CFU/g

ร้าน B มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เริ่มต้นอยู่ที่ 8.64 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน มีเชื้อเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 9.93 log CFU/g ไม่พบเชื้อ *C. perfringens* เชื้อ *S. aureus* ของทั้งวันเริ่มต้นและเมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน แต่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 กรัมและพบเชื้อ *E.coli* เมื่อครบ 3 วัน พบอยู่ที่ 23 MPN/g พบยีสต์และราเริ่มต้นอยู่ที่ 5.18 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 5.36 log CFU/g

ร้าน C มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เริ่มต้นอยู่ที่ 9.64 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน มีเชื้อเพิ่มขึ้นเป็น 9.93 log CFU/g ไม่พบเชื้อ *C. perfringens* เชื้อ*E. coli* เชื้อ *S. aureus* และเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Salmonella spp. ของทั้งวันเริ่มต้นและเมื่อเก็บรักษาครบ 3 วัน แต่พบยีสต์และราเริ่มต้นอยู่ที่ 4.53 log CFU/g เมื่อเก็บครบ 3 วันพบว่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 4.98 log CFU/g

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของแฮ่ก๊วนที่ผลิตแบบดั้งเดิมของร้านอาหาร 3 ร้าน ที่ระยะเวลาเริ่มต้นและ เมื่อผ่านการเก็บรักษาครบ 3 วัน

	ร้าน A		**ร้าน B**		**ร้าน C**	
จุลินทรีย์	เริ่มต้น	3 วัน	เริ่มต้น	3 วัน	เริ่มต้น	3 วัน
Total Plate Count (log CFU/g)	6.69	7.41	8.64	9.93	9.64	9.93
***C. perfringens* (Per 0.1 g)**	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
***E. coli* (MPN/g)**	<3.0	3.6	<3.0	23	<3.0	<3.0
***S. aureus* (Per 0.1 g)**	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
***Salmonella* spp. (Per25 g)**	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Detected	Not Detected	Not Detected
ยีสต์และรา (log CFU/g)	5.25	6.28	5.18	5.36	9.64	9.93

จากการประเมินผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์ร้านอาหารทั้ง 3 ร้าน (ร้าน A B และ C) พบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ของวันเริ่มต้นเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g อ้างอิงจากมาตรฐานเชื้อก่อโรคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบเชื้อ *E. Coli* จากสาขา A และสาขา B เมื่อผ่านการเก็บรักษา 3 วันที่อุณหภูมิตู้เย็น ซึ่งเชื้อ *E. coli* เป็นแบคทีเรียที่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliforms) มักถูกใช้เป็นดัชนีชี้วัดปัญหาการปนเปื้อนจากการควบคุมสุขอนามัยที่ไม่ดีในกระบวนการผลิต ทำให้อาจมีแบคทีเรียหลงเหลือบริเวณผิวหน้าของเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต อีกทั้งพบเชื้อ *Salmonella* spp จากสาขา B เมื่อผ่านการเก็บรักษา 3 วัน ซึ่งจากการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* สามารถเป็นตัวชี้วัดถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการทำความสะอาดหรือการฆ่าเชื้อได้มาตรฐานเพียงพอหรือไม่ หรือมีการปนเปื้อนของสิ่งปฏิกูลในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจมาจากวัตถุดิบ สิ่งแวดล้อม หรือผู้ปฏิบัติงาน อาจใช้การปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในการอนุมานถึงแบคทีเรียก่อโรคอื่น ๆ ด้วย เช่น หากพบเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์ก็อาจมีแนวโน้มที่จะพบเชื้อ *Salmonella* spp. ด้วยเป็นต้น (Ashbolt และคณะ, 2001) พบยีสต์และรา จากทั้ง 3 สาขาของวันเริ่มต้น และมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อผ่านการเก็บรักษา 3 วัน อาจเนื่องมาจากวัตุดิบที่ใช้อาทิเช่น เนื้อกุ้ง ไข่ไก่ พริกไทยป่น แป้งสาลี ยังไม่มีการทำให้สุกก่อน หรือผ่านการให้ความร้อนหลังจากการตีผสมให้เข้ากัน จึงทำให้พบเชื้อจุลินทรีย์ในวันเริ่มต้น และใช้ปัจจัยด้านอาหารเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดำรงชีวิต และมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก *E. coli* เป็นเชื้อก่อโรคที่มักพบในผลิตภัณฑ์อาหารทะเล จากงานวิจัยของ Can และHarun (2015) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นไก่ของวันเริ่มต้น (วันที่ 0) พบว่ามี เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC) เฉลี่ยเท่ากับ 1.63 log CFU/g รวมทั้งจากผลการศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของวันเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นเนื้อวัวที่จำหน่ายในเมือง Payakumbuh ประเทศอินโดนีเซีย มีค่าอยู่ในช่วง 7-8.62 log CFU/g (Ferawati และคณะ, 2017) นอกจากนี้จำนวนจุลินทรีย์ในการศึกษาครั้งนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการศึกษาจุลินทรีย์เริ่มต้นของเนื้อปลาใน ที่เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ Carp filet sauced and sous vide ที่พบจุลินทรีย์เริ่มต้นเท่ากับ 3.88 log CFU/g และ พบเพิ่มขึ้นเป็น 4.55 log CFU/g ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 7 วัน (Can, 2011)

จากผลการวิเคราะห์จุลินทรีย์ของแฮ่ก๊็นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิม มีผลทำให้เสียเร็วอาจเนื่องจากการปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบ เครื่องมือ-อุปกรณ์ที่สัมผัสกับอาหาร ระหว่างขั้นตอนการผลิต หรือการปนเปื้อนข้ามระหว่างการเตรียมอาหาร ตลอดจนสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งในแต่ละร้านจะมีการจัดการที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นานยิ่งขึ้น มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับคุณภาพการผลิตคงที่ และมีความปลอดภัยในการบริโภค ดังนั้นจึงต้องมีการจัดทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เพื่อสามารถควบคุมการผลิตได้ และมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

4.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ในแฮ่ก๊็นก่อนทอด

4.2.1 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแฮ่ก๊็นก่อนทอด

โดยนำแฮ่ก๊็นที่ห่อด้วยฟองเต้าหู้แล้ว ตามข้อ 3.2.1 มาปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยนำมาบรรจุลงในถุงลามิเนต ปิดผนึกด้วยสภาวะสุญญากาศ แล้วให้ความร้อนในเครื่องนึ่ง จนได้อุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิแฮ่ก๊็นโดยใช้เทอโมมิเตอร์เป็นเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ10 นาที แล้วทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำแฮ่ก๊็นไปวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา หาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การให้ความร้อน ที่ 80 และ 85 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 0-10 นาที มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในแฮ่ก๊็นลดลงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในลูกชิ้นไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนโดยวิธีการซูวี (Sous Vide) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 และ 20 นาที พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ลดลงจาก 4.3±0.01 log CFU/g เป็น 1.8±0.01 log CFU/g (Can และHarun, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิที่ 80 และ 85 องศาเซลเซียส และระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแฮ่กึ๊น

เวลา (นาที)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	
	80 ˚C	85 ˚C
0	4.85±2.70[a]	3.64 ±2.89[a]
1	4.09±4.09[a]	3.73 ±3.17[a]
2	4.02±3.08[a]	2.03 ±1.98[a]
3	3.59 ±3.59[a]	1.91 ±0.55[a]
4	1.97±2.04[a]	1.62±1.25[a]
5	1.72±1.78[a]	1.67±1.50[a]
10	1.35±1.25[a]	1.24±1.03[a]

หมายเหตุ:a, หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในแฮ่กึ๊น ที่เวลา 0 นาทีมีค่าอยู่ที่ 4.85±2.70 log CFU/g ลดลงสูงสุดที่เวลา 10 นาที มีค่าอยู่ที่ 1.35±1.25 log CFU/g และที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าอยู่ที่ 3.64 ±2.89 log CFU/g และลดลงสูงสุดที่ 10 นาทีมีค่าอยู่ที่ 1.24±1.03 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส สามารถทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งอยู่ในระดับที่เกณฑ์ยอมรับได้ เป็นไปตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค และพบว่าที่ระยะเวลาการให้ความร้อนที่เวลา 5 และ 10 นาที มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงมากที่สุด แสดงว่า การแปรรูปผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊นโดยการให้ความร้อนสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นให้อยู่ในระดับต่ำได้ ความร้อนทำให้เกิดพลังงานไปทำลายพันธะในโมเลกุลของโปรตีน โดยอุณหภูมิ และความชื้น มีความสัมพันธ์กับความร้อน ไปทำลายเอนไซม์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในเซลล์ ส่งผลต่อการเข้าออกของเซลล์เชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ ส่งผลให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย และตายลง (รังสินี, 2550) โดยทั่วไปการออกแบบกระบวนการให้ความร้อนที่เหมาะสมในอาหารอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 60-95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-30 นาที สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อประโยชน์ด้านการเก็บรักษา (Rosnes และคณะ, 2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาการเก็บรักษายังขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tiziana และคณะ (2018) ทำการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หอยแมลงภู่โดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการซูวี ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็น 3±1 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งถูกพัฒนาจากวิธีแบบดั้งเดิมที่ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงถึง 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที แม้ว่าจะสามารถยับยั้งจุลินทรีย์เป้าหมายได้ แต่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไขมันและโปรตีน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงจะต้องพิจารณาทั้งด้านคุณภาพและความปลอดภัย

เมื่อพิจารณาจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่เวลา 0 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากเริ่มจับเวลาที่ 0 นาที ขณะที่อุณหภูมิของตัวอย่างนั้นขึ้นไปจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด ดังนั้น ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นจึงน้อยกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ดังนั้นจึงนำตัวแฮ่กึ๊นที่ใช้วิธีการผลิตแบบดั้งเดิม และแบบที่ปรับปรุงการผลิต ที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที นำตัวอย่างมาทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที คนตัวอย่างให้สีสม่ำเสมอ นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ โดยเก็บรักษาไว้ในสภาพที่จุลินทรีย์จะเจริญได้น้อยที่สุด ด้วยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4-7 องศา เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (วิศวกรรมแปรรูป, 2535)

4.2.2 ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการให้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพของแฮ่กึ๊น

นำแฮ่กึ๊นที่ได้จากการปรับปรุงการผลิต (ผ่านการให้ความร้อน) ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 (T 80°C, t 5 min), ตัวอย่างที่ 2 (T 80°C, t 10 min) ,ตัวอย่างที่ 3 (T 85°C, t 5 min), และตัวอย่างที่ 4 (T 85°C, t 10 min) และแบบใช้การผลิตแบบดั้งเดิม มาหั่นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร แล้วนำมาทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลซียส เป็นเวลา 8 นาที คนตัวอย่างให้สีสม่ำเสมอ แล้วตักขึ้นพักไว้ แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ วิเคราะห์หาค่าปริมาณความชื้น (%) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และค่าเนื้อสัมผัสโดยเปรียบเทียบกับแฮกึ๊นที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมซึ่งไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) ได้ผลดังตารางที่ 4.4 พบว่าแฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที มีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) มากกว่าตัวอย่างชุดควบคุม และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความชื้นระหว่างอุณหภูมิที่ 80 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 และ 10 นาที พบว่าไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความร้อนสูงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยา Protein denaturation ทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ เกิดการดูดซับน้ำไว้ ทำให้สามารถละลายน้ำได้น้อยลง อีกทั้งส่วนที่เป็นแป้งเกิดปฏิกิริยา Gelatinization ทำให้แป้งสุกเมื่อเกิดการเสียสภาพจึงทำให้เกิดการคายน้ำออกมา (รังสินี โสธรวิทย์, 2550; นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ส่งผลให้ค่าความชื้นในตัวอย่างลดลงมากกว่า ชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนก่อนทอด แต่อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนนั้นมีข้อดีคือ ทำให้โปรตีนถูกย่อยได้ง่ายขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบจำพวกปลา หอยลาย กุ้งสดมีเอนไซม์ไทอามิเนส (Thiaminase) สามารถไปทำลายวิตามินบีหนึ่ง หรือไทแอมีน (thiamine) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมนุษย์จำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่บริโภค อีกทั้งมีหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเผาผลาญอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน ทำให้เกิดพลังงานเพื่อให้ร่างกายสามารถทำงานได้จึงต้องมีการทำให้สุกเพื่อทำให้เอนไซม์ไทอามิเนสเสื่อมสภาพก่อนบริโภค (รังสิณี, 2550)

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของแฮ่ก๊็น

ตัวอย่าง	สภาวะ	ความชื้น (%)	ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)
ชุดควบคุม		75.06±0.53[a]	0.959 ± .004[b]
ตัวอย่างที่ 1	T 80°C, t 5 min	71.57±0.45[b]	0.965 ± .003[a]
ตัวอย่างที่ 2	T 80°C, t 10 min	71.14±0.15[b]	0.965 ± .001[a]
ตัวอย่างที่ 3	T 85°C, t 5 min	70.95±0.35[b]	0.964 ± .001[a]
ตัวอย่างที่ 4	T 85°C, t 10 min	70.95±0.16[b]	0.962± .003[ab]

หมายเหตุ: a,b หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ดังตารางที่ 4.4 พบว่า แฮ่ก๊็นที่ปรับปรุงการผลิตโดยให้ความร้อน(ตัวอย่างที่ 1-4) มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าความชื้นของตัวอย่างทดลองไม่มีความแตกต่างกัน อีกทั้งค่าความชื้นยังมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุม ที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนแสดงว่า การให้ความร้อนทำให้แฮก๊็นที่มีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ในเนื้อกุ้ง ปริมาณร้อยละ 7-20 มีไขมันอยู่ที่ร้อยละ 3 (รังสินี, 2550) เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนเกิดการดูดซับน้ำ ส่งผลให้มีความสามารถในการละลายได้น้อยลง และมีไขมันเป็นองค์ประกอบต่ำ จึงทำให้อุ้มน้ำไว้ได้ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาในกุ้งพร้อมรับประทานที่ผ่านการให้ความร้อนชื้นที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที จะมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เท่ากับ 0.9 (Kanatt และคณะ, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเตรียมตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ผ่านการทอดแล้ว หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส 4 ลักษณะ ได้แก่ ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของแฮ่กึ๊น

ตัวอย่าง	สภาวะ	ลักษณะเนื้อสัมผัส			
		ค่าความแข็ง (Hardness)	ความยืดหยุ่น (Springiness)	ค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness)	แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Chewiness)
		N	mm/mm	mm/mm	N/mm
ชุดควบคุม		3,895±407.75^{b}	0.85±0.04^{b}	0.60±0.02^{c}	3,338±377.62^{b}
ตัวอย่างที่ 1	T 80°C, t 5 min	4,490±910.98^{b}	0.90±0.02^{a}	0.78±0.04^{b}	4,589±1240.37^{a}
ตัวอย่างที่ 2	T 80°C, t 10 min	6,331±736.63^{a}	0.91±0.01^{a}	1.01±0.03^{a}	5,702±768.75^{a}
ตัวอย่างที่ 3	T 85°C, t 5 min	6,098±1,919.69^{a}	0.89±0.02^{a}	1.00±0.05^{a}	4,725±1314.354^{a}
ตัวอย่างที่ 4	T 85°C, t 10 min	5,048±495.78^{ab}	0.91±0.01^{a}	0.89±0.03^{ab}	4,588±433.50^{a}

หมายเหตุ: a,b,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ผลการทดลองพบว่า ค่าความแข็งของตัวอย่างทดลองที่ผ่านการให้ความร้อน มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น มากกว่าค่าความแข็งของตัวอย่างชุดควบคุม โดยตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 4 มีค่าความแข็งไม่แตกแต่งจากชุดควบคุม มีค่าอยู่ในช่วง 4,490-6,331 นิวตัน

ค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นอาจมาจาก การซึมผ่านของความร้อนเปียก เข้าบรรจุภัณฑ์ ไอน้ำภายในตู้นึ่งยังสามารถซึมผ่านถุงลามิเนตได้เล็กน้อย หรือเกิดการแยกตัวของไขมันกับน้ำ โปรตีนเสียสภาพทำให้เสียคุณสมบัติในการอุ้มน้ำลดลง ส่งผลให้เนื้อของแฮกึ๊นมีค่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

ค่าความยืดหยุ่น ของตัวอย่างทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่าความยืดหยุ่นของตัวอย่างชุดควบคุมมีค่าอยู่ที่ 0.85 แต่เมื่อนำแฮกึ๊นมาให้ความร้อนที่สภาวะทดลองพบว่า มีค่าความยืดหยุ่นสูงขึ้น ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90-0.91 mm/mm โดยค่าความยืดหยุ่นจะสูงขึ้น เมื่อในผลิตภัณฑ์มีน้ำเป็นส่วนประกอบ อีกทั้งในโปรตีนมีไมโอซิน (Myosin) เป็นส่วนประกอบของเส้นใยไมโอไฟบริล (Myofibril) มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ส่งผลต่อเนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น อีกทั้งแฮกึ๊นเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการบดเนื้อสัตว์ให้ละเอียด จึงทำให้โปรตีนไมโอซินในเส้นใยกล้ามเนื้อ ถูกสกัดละลายออกมารวมตัวกับโปรตีนแอกทิน (Actin Protein) เป็นแอกโทไมโอซิน (Actomyosin) ช่วยทำให้เกิดความเหนียว ความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการยึดเกาะและค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของตัวอย่างทดลอง มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.78-1.01 mm/mm และ 4,588-5,702 N/mm ตามลำดับซึ่งมีค่าสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี ของลูกชิ้นเนื้อ ประเทศอินโดนีเซีย ใกล้เคียงกับตัวอย่าง Kung-wan meatball ซึ่งมีค่าการยึดเกาะอยู่ในช่วง 0.78-0.81 mm/mm ซึ่งปัจจัยสำคัญของค่าความยืดหยุ่น และการยึดเกาะ ที่สูงขึ้นมาจากเกลือและน้ำ ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ Kung-wan meatball (Huda และคณะ, 2010)

จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งมีผลเกี่ยวเนื่องกัน เนื่องจากแฮกึ๊นมีวัตถุดิบแป้งสาลี ไข่ไก่ เป็นส่วนประกอบเมื่อได้รับความร้อนสูงจึงเกิด การยึดเกาะของโครงสร้างโปรตีน ทำให้เกาะตัวรวมกัน เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติโดยถาวร ทำให้ค่าต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า ชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนก่อนทอด ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์การให้คะแนน (มผช 142/ 2546) ลักษณะเนื้อแฮกึ๊นต้องแน่น ไม่ร่วน ผิวนอกค่อนข้างกรอบ

อีกทั้งผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ผ่านการให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที พบว่าไส้กรอกมีค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว มีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (Mor-Mur และ Yuste., 2003) ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส ทำให้โปรตีนเกิดการดูดซับน้ำ โดยมีการพองตัวเคลื่อนที่ภายในสายโซ่สูงขึ้น และทำให้เนื้อสัมผัสของอาหารมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น (รังสิณี, 2550) อย่างไรก็ตามค่าเนื้อสัมผัสที่สูงขึ้นได้แก่ ความแข็ง ความยืดหยุ่น และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวไม่ได้หมายถึงคุณภาพของอาหารที่ดีกว่า จึงควรพิจารณาร่วมกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อหาช่วงที่เหมาะสมที่สุด และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Hsu และ Chung., 1998)

4.3 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิตก่อนทอด

นำแฮ่กึ๊นที่ผ่านการปรับปรุงการผลิต โดยให้ความร้อนก่อนทอดทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 (T 80°C, t 5 min) ตัวอย่างที่ 2 (T 80°C, t 10 min) ตัวอย่างที่ 3 (T 85°C, t 5 min) และตัวอย่างที่ 4 (T 85°C, t 10 min) และแฮกึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิมซึ่ง (ชุดควบคุม) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน โดยเก็บตัวอย่างในวันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ15 วัน มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาของแฮ่กึ๊น โดยทำการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ได้ผลดังตารางที่ 4.5 พบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 6.81 log CFU/g ในวันที่ 0 ซึ่งผลที่ได้สูงกว่าเกณฑ์กำหนดเชื้อจุลินทรีย์ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค ต้องไม่เกิน 6 log CFU/g และในวันที่ 3 แฮ่กึ๊นชุดควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 6.89 log CFU/g ในขณะที่ตัวอย่างที่ 1-4 มีเชื้อเริ่มต้นน้อยกว่า 6 log CFU/g ซึ่งมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณจุลินทรีย์ของแฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 และ 10 นาที มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุด ในวันที่ 6 อยู่ระหว่าง 2.46 ถึง 2.92 log CFU/g เนื่องจากในตัวอย่างแฮ่กึ๊นมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เฉลี่ย 0.96 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (นิธิยา, 2549) เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 15 วัน ปริมาณจุลินทรีย์ของแฮ่กึ๊นตัวอย่างที่ 1-4 มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วงน้อยกว่า 6 log CFU/g ซึ่งอยู่ใน เกณฑ์เชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค) เช่น พิซซ่า ขนมจีบ ซาลาเปา ลูกชิ้น และหมูยอ เป็นต้น

ตารางที่ 4.5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของแฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนก่อนทอดที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ตัวอย่าง	สภาวะ	ผลวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) วัน					
		0	3	6	9	12	15
ชุดควบคุม		7.81^{a}	6.89^{b}				
ตัวอย่างที่ 1	T 80°C, t 5 min	$<10^{aA}$	$<10^{aA}$	2.72^{aB}	2.48^{aA}	2.28^{aA}	1.98^{aA}
ตัวอย่างที่ 2	T 80°C, t 10 min	$<10^{aA}$	$<10^{aA}$	2.72^{aB}	2.15^{aA}	1.88^{aA}	$<10^{aA}$
ตัวอย่างที่ 3	T 85°C, t 5 min	$<10^{aA}$	$<10^{aA}$	2.92^{aB}	1.90^{aA}	1.48^{aA}	$<10^{aA}$
ตัวอย่างที่ 4	T 85°C, t 10 min	$<10^{aA}$	$<10^{aA}$	2.46^{aB}	1.40^{aA}	1.54^{aA}	1.65^{aA}

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็กหมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวนอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยของ Can และ Harun (2014) ได้มีการศึกษาคุณภาพของลูกชิ้นไก่ที่ทำจากเนื้อไก่สับด้วยวิธีซูวี โดยทำการเปรียบเทียบกับลูกชิ้นไก่ก่อนการซูวีพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง โดยผลเชื้ออยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และจากผลการทดลอง พบว่า มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (Total aerobic mesophilic bacteria, TAMB) ก่อนการให้ความร้อน อยู่ที่ 4.3 log CFU/g ไม่พบเชื้อ *C. perfiringes* และเชื้อ *Listeria* spp. ซึ่งจัดเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญของกลุ่มอาหารประเภทปรุงสุก พร้อมทาน ที่ผ่านการให้ความร้อน และต้องมีการเก็บรักษาไว้ในตู้เย็น โดยตัวอย่างลูกชิ้นไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และ 20 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 และ 10 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ ที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10 นาที เก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นตัวอย่างที่ มีสภาวะใกล้เคียงกับงานวิจัยที่ศึกษา โดยที่ระยะเวลาของการเก็บรักษา 14 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 3.9 log CFU/g เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ พบว่าชุดตัวอย่างแฮ็กนี้ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ 10 นาที มีแนวโน้มของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงในวันที่ 15 มีค่าน้อยกว่า 1.0 log CFU/g ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค

การให้ความร้อนส่งผลให้เชื้อถูกทำลายละตายลงบางส่วน เชื้อต้องการอากาศในการเจริญเติบโต เมื่อสภาพเซลล์ถูกทำลาย อีกทั้งแฮ่กนี้ถูกบรรจุอยู่ในถุงลามิเนต แบบสภาวะสุญญากาศและถูกเก็บรักษาในอุณหภูมิตู้เย็น (4-7 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้น้อยลง ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tiziana และคณะ, (2018) การประยุกต์ใช้กรรมวิธีทางความร้อนกับหอยแมลงภู่ปรุงสุกโดยวิธีซูวี (Sous Vide) นำมาตรวจสอบในระหว่างการเก็บรักษาแช่เย็น (3.0 ± 1 องศาเซลเซียส) แสดงอายุ คุณภาพทางจุลชีววิทยาของหอยแมลงภู่แปรรูปที่เก็บรักษาไว้ได้นานกว่า 21 วัน ซึ่งวิธีดังกล่าวช่วยคงคุณค่าทางโภชนาการ สามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเป็นประโยชน์ในแง่ของการยืดอายุการเก็บรักษาเพิ่มความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอุณหภูมิในการจัดเก็บมีบทบาทสำคัญในการรับรองคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปประเภทอาหารอาหารทะเลคุณภาพจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อผ่านกระบวนการผ่านความร้อนจึงต้องได้รับการจัดเก็บอย่างเหมาะสมภายใต้สภาวะที่เย็นจัด (Rosnes, Skåra, & Skipnes, 2011)

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษา ใช้การส่งวิเคราะห์บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด โดยการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count; TPC) ใช้วิธีวิเคราะห์ FDA-BAM, 2001,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Chapter 3) ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น และลดลง เมื่อเวลาผ่านไป อาจเนื่องมาจากในการเตรียมตัวอย่างได้มีการแยกแฮ่กึ๊นออกเป็นถุงๆแล้วส่งวิเคราะห์ ซึ่งในแต่ละถุงอาจมีปริมาณเชื้อที่แตกต่างกัน

4.4 ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อตัวอย่างแฮกึ๊น

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยวิธี Rating for preference tests ซึ่งการใช้ Hedonic scale นั้นจะอยู่บนหลักการที่ใช้ความชอบของผู้บริโภค สามารถถูกจัดจำแนกได้โดยค่าของการตอบสนอง (ความชอบและไม่ชอบ) ที่เกิดขึ้น โดยให้ผู้ประเมินทำการประเมินตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง แล้วบอกระดับความชอบในคุณลักษณะด้านต่างๆ โดยหัวหน้าพ่อครัวและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 30 ท่าน นำแฮ่กึ๊นที่ได้ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมที่สามารถทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และแฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิมซึ่งไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) มาใช้ในการประเมิน นำตัวอย่างแฮ่กึ๊น 1 เส้น น้ำหนัก 120 กรัม มาหั่นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร นำตัวอย่างมาทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลซียส แล้วตักขึ้นพักไว้ แล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 5-Point hedonic scale ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง	สภาวะ	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ชุดควบคุม		4.03±0.78[a]	3.91±0.777[a]	3.91±0.84[a]	3.81±0.69[a]	4.06±0.67[a]
ตัวอย่างที่ 1	T 80°C, t 5 min	3.69±0.69[a]	3.88±0.707[a]	3.84±0.85[a]	3.75±0.80[a]	3.69±0.90[ab]
ตัวอย่างที่ 2	T 80°C, t 10 min	3.78±0.71[a]	3.59±0.88[a]	3.53±0.95[a]	3.59±1.01[a]	3.47±1.11[b]

หมายเหตุ: a,b หมายถึงค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

จากตารางที่ 4.6 เมื่อนำตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่ได้ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้วและแฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิมซึ่งไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) ในถุงลามิเนตปิดผนึกด้วยสภาวะสุญญากาศ นำมาให้เชฟและผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้ในการประกอบอาหาร โดยนำลงทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มีการอธิบายและคำแนะนำในการปรับปรุงการผลิตก่อนทอดและแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์โดยมีหัวหน้าพ่อครัวและผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 30 ท่าน เป็นผู้ทดสอบพบว่า ผู้ทดสอบมีการยอมรับตัวอย่างทดลองที่มีการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตโดยเพิ่มการให้ความร้อนก่อนนำไปทอดกับแฮกึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิม ซึ่งไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.0.5$)ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ แต่มีความชอบโดยรวมแตกต่างจากชุดควบคุม โดยให้ความชอบโดยรวมมากกว่าเล็กน้อย (ร้อยละ 45) อาจเนื่องมาจากผู้ทดสอบเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านผลิตภัณฑ์มีประสบการณ์เกี่ยวกับอาหารประมาณ 20-30 ปี จึงทำให้เกิดความคุ้นเคยเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี โดยได้เสนอแนะว่า ตัวอย่างควบคุม ได้กลิ่นกุ้งทอดที่มากกว่าเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อพิจารณาในด้านต้นทุนการผลิตพบว่า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงการผลิตก่อนการทอดเสิร์ฟให้กับลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการสำรวจการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในแฮ่กึ๊นก่อนการทอด ที่ผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมจากร้านอาหาร 3 ร้าน (ร้าน A B และ C) พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหาร (Total Plate Count; TPC) อยู่ที่ 6.69-9.64 log CFU/g เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องน้อยกว่า 6 log CFU/g อ้างอิงจากมาตรฐานเชื้อก่อโรคของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบเชื้อ *E. Coli* เชื้อ *Salmonella* spp พบยีสต์และราอยู่ที่ 5.18-9.64 log CFU/g การผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมมีผลทำให้แฮ่กึ๊นเสียเร็ว มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น อาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนจากวัตถุดิบ เครื่องมือ-อุปกรณ์ที่สัมผัสกับอาหาร ระหว่างขั้นตอนการผลิต หรือการปนเปื้อนข้ามระหว่างการเตรียมอาหาร ตลอดจนสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งในแต่ละร้านอาจมีการจัดการที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้นานยิ่งขึ้น จึงได้ปรับปรุงการผลิตโดยศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาของการให้ความร้อนต่อคุณภาพด้านกายภาพ และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในแฮ่กึ๊นก่อนทอด พบว่า แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาเวลา 5 นาที และ10 นาที จะมี TPC เท่ากับ 1.72±1.78 และ 1.35±1.25 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างแฮ่กึ๊นที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และ10 นาที จะมี TPC ลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ซึ่งเท่ากับ 1.67±1.50 และ 1.24±1.03 log CFU/g ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส สามารถทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งอยู่ในระดับที่เกณฑ์ยอมรับได้ เป็นไปตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภค

เมื่อนำมาพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพของแฮ่กึ๊น พบว่า แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 และ10 นาที มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) และปริมาณความชื้น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าอยู่ในช่วง 0.962-0.965 และ 70.91-71.57 % ตามลำดับ และมีค่าเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความยืดหยุ่น แรงที่ใช้ในการเคี้ยว และการยึดเกาะ ของแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิตทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส มีค่าเนื้อสัมผัสทั้ง 5 ด้านไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต เก็บที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วัน พบว่า แฮ่กึ๊นที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 นาที และ10 นาที มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU/g ซึ่งเป็นไปตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฉบับที่ 3 เรื่องเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารข้อ 2.3.1 อาหารปรุงสุกแล้วแช่เย็น และต้องอุ่นก่อนบริโภคในขณะที่แฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบดั้งเดิม (ชุดควบคุม) มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ที่ 6.89 log CFU/g เมื่อเก็บรักษาไว้ 3 วัน

เมื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อแฮ่กึ๊นที่ปรับปรุงการผลิต และแฮ่กึ๊นที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิมซึ่งไม่ผ่านการให้ความร้อน (ชุดควบคุม) ใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 30 ท่าน เป็นผู้ทดสอบ พบว่า แฮ่กึ๊นที่ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่เวลา 5 และ 10 นาที มีค่าลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ผลความชอบโดยรวมของชุดควบคุมได้รับการยอมรับไม่แตกต่างจากที่เวลา 5 นาที แสดงให้เห็นว่า การใช้ความร้อนปรับปรุงการผลิต ปิดผนึกแฮ่กึ๊นด้วยสภาวะสุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส สามารถทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นได้ โดยอุณหภูมิที่นำมาใช้ไม่น้อยกว่า 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 5 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้พลังงานความร้อนน้อยที่สุดและใช้ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อน้อยที่สุดและสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ อีกทั้งมีผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตของผู้ผลิตต่ำที่สุด จึงนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการ การผลิตเบื้องต้นให้กับครัวกลางได้นำมาใช้ผลิตแฮ่กึ๊นพร้อมปรุง ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน สามารถควบคุมการผลิตให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น สามารถจัดส่งให้กับร้านสาขาได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การผลิตอาหารกึ่งสำเร็จรูปจากหน้าร้าน อาจต้องมีการจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสม อีกทั้งต้องมีวิธีการเตรียม ขั้นตอนการผลิต ตลอดจนวิธีในการจัดเก็บอย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อลดระดับความเสี่ยงในการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคมาสู่ผลิตภัณฑ์ ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องมีวิธีการปรับปรุงรูปแบบในการเตรียมในการผลิต เพื่อยกระดับมาตรฐานคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

5.2.2 การเลือกใช้วิธีการฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสมในครัวผลิตอาหาร ควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวที่ข้องร่วมด้วย เช่น การสูญเสียเวลาในการผลิตสินค้า ต้นทุนในการผลิต เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2560. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหารประเภทพื้นผิวสัมผัส. ฉบับที่ 3. กรุงเทพฯ : พีทูดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์.

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2552. แนวโน้มอุตสาหกรรมอาหารพร้อมปรุง-พร้อมทาน. อุตสาหกรรมสาร. ปีที่ 52.หน้า 5-6.

กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 237). 2544. การแสดงฉลากของอาหารพร้อมปรุงและอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที.

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. วิตามิน B1/ไทอามีน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2025/vitamin-b1-thiamine. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2564.

ชุติปภา สุวรรณกนิษฐ์, และจันทิรา โกเมศ. 2550. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮ่กึ๊นเจเสริมเส้นใยธรรมชาติ. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2549. การเก็บถนอมสัตว์น้ำ โครงการตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี. คณะเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

นวลจิต เชาวกีรติพงศ์. 2539. การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

นิรชา วงษ์จินดา. 2539. แนวทางการวิเคราะห์ปัญหาสภาพความเสี่ยงทางจุลินทรีย์ในห่วงโซ่อาหารที่มีต่อผู้บริโภค กลุ่มสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์. กรุงเทพฯ.กรมประมง.

นิรชา วงษ์จินดา และสมยศ ราชนิยม. 2539. การศึกษาคุณภาพปลาทะเลที่จำหน่ายในตลาดสดในเขตกรุงเทพมหานคร. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2539 สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. กรมประมง.

ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก. 2549. ผลิตภัณฑ์พื้นบ้านจากสัตว์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. 2547. การจัดการผลิตสัตว์น้ำเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค.กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิริลักษณ์ สุวรรณรังสี และกนกพรรณ ศรีมโนภาษ. 2541. การปนเปื้อนของเชื้อซาโมเนลล่าในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำส่งออก. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2541. ฝ่ายตรวจรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมเพียร จิรชัย. 2542. หลักการแปรรูปและการถนอมอาหาร. กาญจนบุรี: สถาบันราชภัฏกาญจนบุรี.

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. 2533. อาหารและโภชนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 5. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 142/2546. แฮ่กึ๊น.

สุวิมล กีรติวิริยาภรณ์ และศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม. 2543. การปนเปื้อนของเชื้อแซลโมนลลาในวัตถุดิบกุ้งกุลาดำ. ศูนย์ควบคุมตรวจสอบสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ สมุทรสาคร กองควบคุมตรวจสอบการแปรรูปสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์. วารสารการประมง. 53 (5) : 455-459.

อพัชชา จินดาประเสริฐ. เทคนิคการตรวจสอบและการประเมินคุณภาพอาหารด้วยวิธีทางจุลชีววิทยา.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://humaneco.stou.ac.th/UploadedFile/71414-7.pdf. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2560.

อุรารัตน์ วุฒิกรภัณฑ์ และ อรุณี ศรพรหม. 2537. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของวัตถุดิบอาหารทะเลเพื่อส่งออก. วารสารกระทรวงสาธารณสุข. ปีที่ 13.หน้า 94-100.

Ashbolt, N.J., W.O.K. Grabow, and M. Snozzi. 2001. Water Quality: Guidelines, Standards and Health . London : IWA Publishing.

Association of Official Analytical Chemists. 2002. AOAC Official Method 998.08 and 991.14 Coliform and Escherichia coli Counts in Foods. [Online]. Available from: http://solutions.3mnz.co.nz/3MContentRetrievalAPI/BlobServletlmd=1355269227000&locale=en_AU&assetType=MMM_Image&assetId=1319243515212&blobAttribute=ImageFile. Accessed 3 November 2015.

Beuchat, L.R. 1996. Pathogenic Microorganisms Associated with Fresh Produce. Journal of Food Protection. 59: 204-216.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bhaskar, N., T.M.R. Setty, G.V.S. Reddy, Y.B. Manoj, C.S. Anantha, B.S. Raghunath and J.M. Antony. 1995. Incidence of Samonella in Cultured shrimp Penaeus Monodon. Aquaculture. 138: 257-266.

Buchanan, R. 1991. Microbiological criteria for cooked, ready-to-eat shrimp and crabmeat. Food Technol. 45:157-160.

Can, Ö.P. and F. Harun. 2014. Shelf Life of Chicken Meat Balls Submitted to Sous Vide Treatment. Brazilian Journal of Poultry Science. 17: 137-144.

Huda. N, Y.H Shen, Y.L. Huey, R. Ahman and Mardiah A . 2010. Evaluation of Physico-Chemical Properties of Malasian Commercial Beef Meatballs:American Fish and Meat Processing Laboratory Food Technolagy Division, School of Industrial Technology, University Sains Malaysia, Jounal of Food Technology 5(1): 13-12.

Huss, H.H., Ababouch L. and Gram, L. 2003. Assessment and Management of seafood Safety and Quality. Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries Technical Peper. 444:26-95.

Keeratipibul.S, Techaruwichit.P. and Chaturongkasumrit, Y. 2009. Contamination sources of coliforms in two different types of frozen ready-to-eat shrimps. Faculty of Science, Chulalongkorn University Bankok: Thailand. Food Control. 20: 289–293.

Loken, J.K. 1995. The HACCP Food Safety Manual. John Wiley & Sons, Inc., Toronto.

Lu, S. 2009. Effects of bactericides and modified atmosphere packaging on shelf-life of Chinese shrimp (Fenneropenaeus chinensis). Food Science and Technology. 42:286–291.

Özlem, P.C. 2011. Evaluation of the Microbiological, Chemical and Sensory Quality of Carp Processed by the Sous Vide Method World Academy of Science. Engineering and Technology International Journal of Nutrition and Food Engineering. 5:477-482.

Reily, P .J.A., Twiddy, D.R. and Fuchs, R.S. 1992. Review of the occurrence of Samonella in cuitured tropical shrmp. FAO Fish. Circ. No.851. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ltaly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rosnes, J.T., S. Torstein and D. Skipnes. 2011. Recent Advances in Minimal Heat Processing of Fish: Effects on Microbiological Activity and Safety. Food Bioprocess Technology. 4:833–848.

Rosnes, J. T., T. Skåra, and D. Skipnes. 2011. Recent Advances in Minimal Heat Processing of Fish: Effects on Microbiological Activity and Safety. Food Bioprocess Technol. 4:833–848.

Tiziana, B., F. Tulli, G. Comi, A. Sensidoni, D. Andyanto and L. Iacumin. 2018. Sous vide cook-chill mussel (Mytilus galloprovincialis): evaluation of chemical, microbiological and sensory quality during chilled storage (3 °C). Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. 91:17-124.

U.S. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual Chapter 12 *Clostridium perfringens* (BAM 2001). [Online]. Available from:https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm070879.html. Accessed 30 July 2021

Varnam, A.H. and M.G. Evans. 1991. Foodbronde Pathogens an lllustrated text. Wolfe Publishing Ltd., London.

Wang, S.H., M.H. Chang and T.C. Chen. 2004. Shelf-life and Microbiological Profiler of Chicken Wing Products Following Sous vide Treatment. International Journal of Poultry Science. 3:326 - 332.

Wonchinda, N. 2000. Determination of profiles of *Salmonella* and pathogenic *Vibrio* spp. in Black tiger shrimp for export by introduction of Quality-assured microbiological assay. in Progress Report of research co-ordination meeting of FAO/IAEA coordinated research program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

ก.1 Buffer Peptone Water (Difco, USA)

Peptone	10	กรัม	Phosphate	1.5	กรัม
Chlorure de sodium	5	กรัม	Phosphate disodique	3.5	กรัม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำ กลั่น 1ลิตรถ่ายใส่ในหลอดปริมาตร10 มิลลิลิตร ปิดจุกฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ก.2 น้ำยาเจือจาง Buttlefild's PhosPhate Buffered (BAM R11, 2001)

ก.2.1 การเตรียมสารละลายสต็อก

ชั่งสารโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตจำนวน 34 กรัม นำไปละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร และปรับ pH ให้ได้ 7.2 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อโดยใช้ที่เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 121องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จัดเก็บในตู้เย็น

ก.2.2 การเตรียม Dilution blank

ตวงสารละลายสต็อก 1.25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นตวงใส่ขวดปริมาตร 450 มิลลิลิตร (สำหรับเจือจางตัวอย่าง 50 กรัม) หรือ ตวงใส่ขวดปริมาตร 225 มิลลิลิตร(สำหรับเจือจางตัวอย่าง 25 กรัม) และดูด 9 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองขนาด 16 × 150 มิลลิเมตร นำเข้าฆ่าเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ก.2.3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar ; PCA/

Plate Count Agar (P55)	23.5	กรัม
Water	1000	มิลลิลิตร

ชั่งสารใส่ในน้ำกลั่น นำไปต้มระหว่างต้ม ต้องคนบ่อยๆ เพื่อไม่ให้วุ้นติดก้นภาชนะ พอเดือดแล้ว แบ่งใส่ขวด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เมื่อครบเวลาปิดหม้อนึ่ง และรอให้ความดันไปลดลงเป็น 0 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว จึงค่อยเปิดเอาอาหารออกไปแช่ใน water bath โดยตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส เพื่อไม่ให้อาหารแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2.4 การเตรียมอาหาร Potato Dextrose Agar ; / PDA

Potato dextrose agar (P39)	39	g
Water	1,000	ml.

. ชั่งสาร PDA ละลายน้ำ นำไปต้มแล้วชั่งสารใส่ในน้ำกลั่น นำไปต้มระหว่างต้ม ต้องคนบ่อยๆ เพื่อไม่ให้วุ้นติดก้นภาชนะ พอเดือดแล้ว แบ่งใส่ขวด แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

ก.3 การตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

ก.3.1 การหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

นำตัวอย่างแฮก็นที่เจือจางแล้วจากข้อ 3.2.2.2 มาทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) โดยวิธี Aerobic Plate Count โดยปิเปตตัวอย่างที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อระดับความเจือจางละ 2 จาน เททับด้วยอาหาร Plate count agar (PCA) ด้วยวิธี Pour plate โดยเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ให้แข็งตัว บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 43 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีและรายงานผลหน่วยเป็น CFU/g (FDA-BAM, 2002)

ก.3.2 การตรวจสอบเชื้อ *Clostridium perfringens*

ทำการปิเปตตัวอย่างแฮก็นที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงใน cooked meat (CM) medium ปลอดเชื้อที่ต้มไล่อากาศ บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-24 ชั่วโมง จากนั้นทำการถ่ายเชื้อจาก CM medium หลอดละ 1 ลูป steak ลงบนอาหาร Modified BHI + egg yolk agar บ่มเพาะเชื้อในสภาพไร้อากาศ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-24 ชั่วโมง ดูลักษณะโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *C. perfringens* โดยมีลักษณะโคโลนีสีดำ/มีเคลียโซนขาวขุ่นรอบๆโคโลนี (BAM, 2001)

ก.3.3 การวิเคราะห์เชื้อ *S. aureus*

ทำการปิเปตตัวอย่างแฮก็นระดับการเจือจางที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงตรงกลางแผ่น 3M™ Petrifilm™ Staph Express Count Plates และค่อยๆ ปิดแผ่นฟิล์มแผ่นบนลงมา ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ หลังจากนั้นวางตัวกดบนแผ่น ใช้นิ้วชี้กดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลมภายในขอบโฟม อย่าเลื่อนหรือบิดตัวกด ปล่อยแผ่นอยู่กับที่ไว้ 1-2 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัวก่อนเคลื่อนย้าย นำเข้าตู้บ่มเชื้อ โดยวางแผ่นให้ด้านใสอยู่ด้านบน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการนับโคโลนีที่มีสีม่วง- แดงเป็น *S. aureus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเลือกนับลักษณะโคโลนีที่มีสีดำ และมีบริเวณใส Clear zone แสดงผลเป็น CFU/g และบันทึกผล (AOAC, 2003.11)

ก.3.4 การวิเคราะห์ *Salmonella* spp.

ทำการปิเปตตัวอย่างแฮก็นที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตร และทำการถ่ายตัวอย่างลงบนแผ่น 3M™ Petrifilm™ Salmonella Express บนพื้นราบ และค่อยๆปิดแผ่นฟิล์มแผ่นบนลงมา ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ หลังจากนั้นวางตัวกดบนแผ่น ใช้นิ้วชี้กดแรงพอประมาณจนตัวอย่างกระจายเต็มวงกลมภายในขอบโฟม อย่าเลื่อนหรือบิดตัวกด ปล่อยแผ่นอยู่กับที่ไว้ 1-2 นาที เพื่อให้เจลแข็งตัวก่อนเคลื่อนย้ายตามข้อ 3.1.4 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการนับโคโลนี แสดงผลเป็น CFU/g และบันทึกผล (AOAC, 2014.01)

ก.3.5 การวิเคราะห์ ยีสต์ และรา

ทำการปิเปตตัวอย่างแฮก็นที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ เติมกรดทาร์ทาริก เข้มข้น 3% ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างอาหาร PDA 30 มิลลิลิตร ที่ปรับพีเอชแล้ว มีการหลอมเหลวและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ด้วยวิธี Pour plate โดยเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ให้แข็งตัว นำเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 22-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-5 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีของยีสต์และราที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ ในช่วง 30-300 โคโลนี และรายงานผลหน่วยเป็น CFU/g (AOAC, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ (AOAC, 2000)

1) อบกระป๋องอะลูมิเนียม (aluminium cans) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและไปทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น (desiccator) นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า

2) นำตัวอย่างแฮกึ๊นที่ไม่ผ่านความร้อนหลังจากทำการเตรียมตัวอย่างแล้ว มาชั่งตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ในกระป๋องอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว และบันทึกน้ำหนักของตัวอย่าง ทำซ้ำตัวอย่างละ 2 ครั้ง

3) นำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

4) ทำให้เย็นลงในโถดูดความชื้น แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกค่า

5) คำนวณหาปริมาณความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารก่อนอบ} - \text{น้ำหนักอาหารหลังอบ}}{\text{น้ำหนักอาหารก่อนอบ}} \times 100$$

ข.2 การหาค่าเวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity หรือ aw) (ตามวิธีการใช้เครื่องบริษัท AQUALAB รุ่น 4TE)

1) สอบเทียบ (calibrate) เครื่องวัดค่าเวอเตอร์แอคติวิตี้ รุ่น 4TE ยี่ห้อ AQUALAB โดยนำน้ำ DI (deionized water) ใส่ในตลับตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าเครื่องเวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยต้องใส่ค่าเวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ระหว่าง 0.997-1.003 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2) นำตัวอย่างแฮกึ๊นที่ไม่ผ่านความร้อนหลังจากทำการเตรียมตัวอย่างแล้ว มาชั่งตัวอย่างละ 3 กรัม แล้วนำไปใส่ในตลับตัวอย่างแล้วเกลี่ยตัวอย่างแฮกึ๊นให้เรียบแบนพอสมควร

3) นำตลับตัวอย่างเข้าเครื่องเวอเตอร์แอคติวิตี้ บิดปุ่มอ่านค่าไปที่คำว่า READ แล้วรอจนกระทั่งไฟสีเขียวกระพริบ จากนั้นจึงอ่านค่าเวอเตอร์แอคติวิตี้และค่าอุณหภูมิที่ปรากฏบนหน้าจอแสดงผล

4) จดบันทึกค่า จากนั้นนำตลับตัวอย่างออก แล้วนำตลับตัวอย่างต่อไปที่ใส่ตัวอย่างแฮกึ๊นแล้วมาวัดค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์แฮกึ๊นที่ทอดแล้ว มาหั่นให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร นำมา**วิเคราะห์**ด้านเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT Plus โปรแกรม Texture Expronent ทำการทดลอง 5 ซ้ำ จดบันทึกแล้วหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความสามารถในการเกาะตัว ค่าความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร

ตารางที่ ข.3.1 ค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

T.A. Setting	
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-test speed	5.0 mm/s
Strain	50%
Time	1s
Trigger force	40 g
distance	30mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลวิเคราะห์จุลชีววิทยาของตัวอย่างแฮก๊็น

ตารางที่ ง.1 แสดงผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของตัวอย่าง**แฮก๊็น**ที่ไม่ผ่านความร้อน และผ่านความร้อน

เวลาที่ใช้(min)	อุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อให้ลดลง (CFU/g)					
	80 ˚C			85 ˚C		
	rep1	rep2	avg	rep1	rep2	avg
0	3800	71500	71500	5000	3900	4450
1	1800	12250	12250	4400	6500	5450
2	7200	10550	10550	120	95	107.5
3	7550	3900	3900	85	80	82.5
4	15	170	92.5	30	55	42.5
5	10	95	52.5	25	70	47.5
10	35	10	22.5	10	25	17.5
15	0	130	130	10	30	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค(ต่อ)

ตารางที่ ง.2 ตารางแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ แฮกึ๊น ชุดที่……..

วันที่ชิม .....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัส ในตารางจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละปัจจัยที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด และกรุณาบ้วนปากระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่างอาหาร

โดยกำหนดให้

5 = ชอบมาก 3 = เฉยๆ 1 = ไม่ชอบมาก

4 = ชอบ 2 = ไม่ชอบ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	**คะแนนความชอบของตัวอย่าง**		
	รหัส	**รหัส .....**	**รหัส .....**
ลักษณะปรากฏ			
สี			
กลิ่น			
กลิ่นรส			
รสชาติ			
ความชอบโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ขั้นตอนการผลิตแฮกึ๊นด้วยวิธีการให้ความร้อน

นำผลิตภัณฑ์แฮกึ๊นที่ตีผสมแล้วมาปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเมื่อทำการห่อด้วยฟองเต้าหู้แล้ว นำมาบรรจุลงในถุงลามิเนต หลังจากนั้นนำไปปิดผนึกด้วยสภาวะสุญญากาศ แล้วให้ความร้อนในเครื่องนึ่ง ที่อุณหภูมิ 80 และ 85 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิแฮกึ๊นโดยใช้เทอโมมิเตอร์แล้วทำให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงดังภาพที่ จ.1 จากนั้นนำตัวอย่างแฮกึ๊นไปวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา หาปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดทั้งหมด

<u>วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แฮกึ๊น : แบบปรับปรุงกระบวนการผลิต</u>

ภาพที่ จ.1 วิธีการผลิตแฮกึ๊นผลิตแบบปรับปรุงการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกัญญาวีร์ โกลากุล
วัน เดือน ปีเกิด	25 สิงหาคม 2531
ที่อยู่	121 หมู่ 10 ตำบลไร่รถ อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี 72170
E-mail.	Kanyawi.ko2508@gmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2552 จบการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พ.ศ. 2564 จบการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	ด้านวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
ประสบการณ์การทำงาน	2552-2554 นักวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประจำแผนกประกันคุณภาพ ฝ่ายประกันคุณภาพ บริษัท ไทยเทพรส จำกัด มหาชน 2554-ปัจจุบัน ผู้จัดการแผนกวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ บริษัท ห้องอาหารสีฟ้า จำกัด
การนำเสนอผลงาน	Effect of Steaming Treatment on Physical Properties and Shelf life of Hae-Kuen. ที่งานประชุมวิชาการ The 16th ASEAN Food Conference 2019 “ outlook and opportunities of food technology and culinary for touism industry” (ASEAN 2019) จัดโดยสมาคมผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีอาหารของชาวอินโดนีเซีย (TATPI) ร่วมกับเครือข่ายอาเซียน วันที่ 15-18 ตุลาคม 2562 โรงแรมแกรนด์ บาหลี บีช โฮเทล ซานูร์ บาหลี ประเทศอินโดนีเซีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้