# ผลของการใช้อุณหภูมิและสารละลายเกลือต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

# Effect of Sodium Chloride Treatments and Sterilization Temperature on Qualities of Beef in Retortable Pouch


เปรมกมล เอมอิ่ม

รังสิมันตุ์ บุญยิ่ง

อรวรรณ ปรีงาม


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

# ผลของการใช้อุณหภูมิและสารละลายเกลือต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

# Effect of Sodium Chloride Treatments and Sterilization Temperature on Qualities of Beef in Retortable Pouch


เปรมกมล เอมอิ่ม

รังสิมันตุ์ บุญยิ่ง

อรวรรณ ปรีงาม


ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Effect of Sodium Chloride Treatments and Sterilization Temperature on Qualities of Beef in Retortable Pouch

PREMKAMOL AMIM

RANGSIMAN BOONYING

ORAWAN PREENGAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2561

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลของการใช้อุณหภูมิและสารละลายเกลือต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

Effect of Sodium Chloride Treatments and Sterilization Temperature on Qualities of Beef in Retortable Pouch


ผู้จัดทำ

1. นางสาวเปรมกมล เอมอิ่ม
2. นายรังสิมันตุ์ บุญยิ่ง
3. นางสาวอรวรรณ ปรีงาม

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** ผลของการใช้อุณหภูมิและสารละลายเกลือต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

**นักศึกษา** นางสาวเปรมกมล เอมอิ่ม
นายรังสิมันตุ์ บุญยิ่ง
นางสาวอรวรรณ ปรีงาม

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

**สาขา** วิศวกรรมอาหาร

**พ.ศ.** 2561

**อาจารย์ที่ปรึกษา** ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์

# บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์และอุณหภูมิฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ โดยการเตรียมเนื้อส่วนน่องลายก่อนผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0%, 2.5% และ 5% บรรจุเนื้อพร้อมน้ำซุปเฝอใส่รีทอร์ทเพาซ์ 350 กรัม ฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้แรงดันแบบพ่นน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 115 °C, 118 °C และ 121 °C มีค่า $F_0 \geq 9$ พบว่าเนื้อมีความนุ่มมากที่สุดและมีการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนน้อยที่สุดหลังจากแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5% ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความเคี้ยวได้ (chewiness) ลดลงเมื่ออุณหภูมิฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น และการแช่เนื้อที่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5% ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C ได้รับคะแนนสูงที่สุดจากกลุ่มผู้ทดสอบตัวอย่าง ด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| **Title** | Effect of Sodium Chloride Treatments and Sterilization Temperature on Qualities of Beef in Retortable Pouch | |
| **Student** | Premkamol | Amim |
| | Rangsiman | Boonying |
| | Orawan | Preengam |
| **Degree** | Bachelor of Engineering | |
| **Program** | Food Engineering | |
| **Academic Year** | 2018 | |
| **Advisor** | Asst. Prof. Dr.Pimpen Pornchaloempong | |

# Abstract

This research proposes the effect of sodium chloride treatments and sterilization temperature on qualities of beef in retortable pouch. Beef was prepared before cooking by soaking sodium chloride solution at concentration 0%, 2.5% and 5% for 24 hr. Beef and Pho soup was packed in retort pouch 350 gram, then was processed in water spray retort at 115 °C, 118 °C and 121 °C which $F_0$ value ≥ 9 min. The highest tenderness and the lowest cooking loss of beef after soaking sodium chloride solution 5%. Texture profile analysis parameters hardness and chewiness decreased as sterilization temperature increased. Sensory evaluation of the product which was sterilized at 115 °C set up $F_0$ value 9 min received the highest score from sample group by 9-Point Hedonic scale method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยนี้ อีกทั้งฝึกให้นักศึกษาเรียนรู้กระบวนการคิดวิเคราะห์ กระบวนการทำงาน การแก้ไขปัญหารวมไปถึงการปรับปรุงให้ดีขึ้น ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จะถูกนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันต่อไป

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้จวบจวนการนำไปประกอบสัมมาชีพต่อไป

ขอขอบคุณ คุณวสันต์ อินทร์ตา, คุณอำนาจ คูตะคุ, คุณวราภรณ์ มาไพศาลทรัพย์ และ คุณบุญนำ ผลโพธิ์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและธุรการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านการดำเนินงานวิจัยรวมถึงข้อมูลด้านเอกสารทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ นักศึกษาตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือสนับสนุนเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เปรมกมล เอมอิ่ม

รังสิมันต์ บุญยิ่ง

อรวรรณ ปรีงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VII |
| สารบัญรูป | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 เนื้อสัตว์และส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ | 3 |
| 2.2 การแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ | 3 |
| 2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้อสัตว์ | 3 |
| 2.2.2 การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity, WHC) | 4 |
| 2.2.3 ความนุ่ม (Tenderness) | 4 |
| 2.3 กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (Sterilization) | 5 |
| 2.4 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท | 6 |
| 2.4.1 อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-acid food) | 6 |
| 2.4.2 อาหารที่ปรับสภาพกรด (Acidified low-acid food) | 6 |
| 2.4.3 อาหารประเภทกรด (Acid food) | 6 |
| 2.5 กลุ่มแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท | 7 |
| 2.5.1 Thermophilic facultative anaerobic spores | 7 |
| 2.5.2 Thermophilic anaerobic spores | 7 |
| 2.5.3 Mesophilic anaerobic spores | 7 |
| 2.6 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ | 8 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 2.7 ค่าที่เกี่ยวข้องในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน | 8 |
| 2.7.1 ค่า D (D-value) | 8 |
| 2.7.2 12-D concept | 9 |
| 2.7.3 ค่า Z (Z-value) | 10 |
| 2.7.4 ค่า F (F-value) | 10 |
| 2.8 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร (heat penetration) | 11 |
| 2.8.1 การถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อน | 11 |
| 2.8.2 การถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อน | 11 |
| 2.8.3 การถ่ายโอนความร้อนแบบผสม | 12 |
| 2.9 การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ($F_0$) | 12 |
| 2.9.1 General method | 12 |
| 2.9.2 Formula method | 13 |
| 2.10 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ | 14 |
| 2.10.1 พลาสติกชนิดโพลีเอสเตอร์ (polyester, PET) | 14 |
| 2.10.2 ไนลอน (nylon หรือ polyamide) | 15 |
| 2.10.3 อะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil) | 15 |
| 2.10.4 พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP) | 15 |
| 2.11 เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Retort) | 15 |
| 2.11.1 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้ไอน้ำ (Horizontal Steam Retorts) | 15 |
| 2.11.2 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Horizontal Water Spray Retorts) | 16 |
| 2.11.3 กระบวนการฆ่าเชื้อภายในเครื่องฆ่าเชื้อ | 17 |
| บทที่ 3 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง | 19 |
| 3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ | 19 |
| 3.1.1 วัตถุดิบในการผลิตเฝอเนื้อบรรจุรีทอร์ทเพาช์ | 19 |
| 3.1.2 อุปกรณ์ | 19 |
| 3.2 การเตรียมวัตถุดิบ | 20 |
| 3.2.1 การเตรียมเนื้อ | 20 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 3.2.2 การเตรียมน้ำซุป | 20 |
| 3.3 ศึกษาผลของการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเนื้อ | 21 |
| 3.4 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อน (Heat penetration test ) | 22 |
| 3.5 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ | 23 |
| 3.6 วิเคราะห์คุณภาพ | 25 |
| 3.6.1 วิเคราะห์คุณภาพหลังแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ | 25 |
| 3.6.1.1 ค่าร้อยละน้ำหนักหลังแช่ (%Water adsorption) | 25 |
| 3.6.1.2 การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (%Cooking loss) | 25 |
| 3.6.1.3 การทดสอบแรงเฉือน (Shearing test) | 25 |
| 3.6.2 วิเคราะห์คุณภาพหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ | 26 |
| 3.6.2.1 การวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อและของน้ำซุป (Color Analysis Method) | 26 |
| 3.6.2.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids) | 26 |
| 3.6.2.3 ความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำซุปและเนื้อ | 26 |
| 3.6.2.4 การทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) | 27 |
| 3.6.2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test) | 28 |
| 3.6.2.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา | 28 |
| 3.6.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ | 28 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง | 29 |
| 4.1 การศึกษาผลของการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเนื้อ | 29 |
| 4.2 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของเฝอเนื้อบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ (heat penetration test) | 30 |
| 4.3 ผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ | 31 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 34 |
| บรรณานุกรม | 35 |
| ภาคผนวก | 37 |
| ภาคผนวก ก รูปอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ | 38 |
| ภาคผนวก ข แบบประเมินทางประสาทสัมผัส | 45 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ที่สำคัญต่อการเน่าเสียในอาหารกระป๋อง | 7 |
| 2.2 ความต้านทานความร้อนของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ | 8 |
| 3.1 ส่วนประกอบน้ำซุปเฝอเนื้อ | 20 |
| 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อหลังแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ | 29 |
| 4.2 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของเฝอเนื้อพร้อมรับประทาน มีค่า $F_0$ เท่ากับ 9 | 30 |
| 4.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) และ pH ของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อหลังผ่านการฆ่าเชื้อ | 31 |
| 4.4 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ | 31 |
| 4.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสแบบการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) | 32 |
| 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อพร้อมรับประทาน | 33 |
| 4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ของเฝอเนื้อพร้อมรับประทาน | 33 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ค่า D-value | 9 |
| 2.2 ค่า Z-value | 10 |
| 2.3 กราฟการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารในเครื่องฆ่าเชื้อ | 11 |
| 2.4 หาค่า $F_0$ จากกราฟอัตราการทำลาย | 13 |
| 2.5 กราฟการแทรกผ่านความร้อนบนกระดาษเซมิล็อก | 14 |
| 2.6 Retort pouch | 15 |
| 2.7 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้ไอน้ำ (Horizontal Steam Retorts) | 16 |
| 2.8 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Horizontal Steam Retorts) | 17 |
| 3.1 การหั่นสไลด์เนื้อ | 20 |
| 3.2 กระบวนการเตรียมน้ำซุปเฝอเนื้อ | 21 |
| 3.3 แช่เนื้อในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ | 22 |
| 3.4 เสียบเทอร์โมคัปเปิล | 22 |
| 3.5 บรรจุและผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ | 23 |
| 3.6 กระบวนการผลิตเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ | 24 |
| 3.7 การทดสอบแรงเฉือน | 25 |
| 3.8 การวิเคราะห์ค่าสีตัวอย่างชิ้นเนื้อน่องลายและน้ำซุป | 26 |
| 3.9 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำซุปและเนื้อ | 27 |
| 3.10 การทดสอบเนื้อสัมผัส | 28 |
| 4.1 Heat penetration profile ของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่อุณหภูมิ 115°C มีค่า $F_0 \geq 9$ | 30 |
| 4.2 การเปรียบเทียบสีของน้ำซุปเฝอก่อนฆ่าเชื้อและน้ำซุปเฝอที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ | 32 |
| 4.3 การเปรียบเทียบสีของเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 115 118 และ 121 °C | 32 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

เฝอ (Pho) เป็นอาหารเวียดนามชนิดหนึ่งมีลักษณะคล้ายก๋วยเตี๋ยวของไทยแต่ต่างกันที่เส้น น้ำซุป และเครื่องเคียง เฝอเป็นอาหารที่ประกอบด้วยเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เรียกว่า บั๋ญเฝอ (bánh phở) คล้ายเส้นเล็กแต่กว้างกว่า หรือเป็นเส้นกลมสีขาวขนาดใหญ่กว่าขนมจีน เฝอเนื้อเป็นเฝอที่นิยมรับประทานส่วนใหญ่ จุดเด่นของเฝอเนื้อคือน้ำซุป โดยน้ำซุปเฝอเนื้อจะเคี่ยวจากกระดูกหรือหางวัว แล้วนำมาต้มกับเครื่องเทศต่างๆ ได้แก่ ขิงแก่, หอมใหญ่, พริกไทยขาว, กระวานดำ, อบเชย, โป๊ยกั๊ก, ลูกหย่อยเวียดนาม, กระวานขาว และกานพลูแห้ง จึงทำให้น้ำซุปเฝอมีกลิ่นหอมของเครื่องเทศและมีลักษณะใส ในประเทศเวียดนาม เฝอ ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและกลายเป็นอาหารประจำชาติที่ทานกันได้ทุกฤดูกาล สามารถพบร้านขายเฝออยู่ทั่วไป ทั้งร้านเล็กๆข้างทางไปจนถึงร้านขนาดใหญ่บนห้างสรรพสินค้า ปัจจุบัน เฝอ เป็นที่รู้จักและนิยมอย่างกว้างขวางในหลายประเทศรวมทั้งในประเทศไทยที่มีร้านอาหารเมนูเฝอเพิ่มขึ้น ซึ่งในแต่ละพื้นที่มีการนำเฝอมาประยุกต์ปรับเปลี่ยนจนกลิ่นและรสชาติของความเป็นเฝอหายไป

เนื้อน่องลาย (shank) เป็นเนื้อส่วนน่องที่มีความเหนียวและมีเอ็นแทรกอยู่ภายในก้อนเนื้อ เหมาะที่จะนำมาตุ๋นหรือต้มเนื้อเปื่อย (กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2012) จึงนิยมนำเนื้อส่วนน่องมาทำเฝอเนื้อ แต่การทำเฝอเนื้อมีขั้นตอนที่ต้องใช้เวลานานในการเคี่ยวน้ำซุปและต้มเนื้อให้มีความนุ่ม ซึ่งในการเตรียมน้ำซุปใช้เวลาในการต้มถึง 5 ชั่วโมงแล้วต้มต่อด้วยเนื้อชิ้นแผ่นใหญ่ๆนานอีก 3 ชั่วโมงจนชิ้นแผ่นเนื้อนุ่มและน้ำซุปมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน (Thawatchai, 2016)

การผลิตเฝอเนื้อพร้อมรับประทานในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ด้วยการผ่านกระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในเครื่องฆ่าเชื้อชนิดภายใต้ความดันแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Water Spray Retort) ที่ระยะเวลานานเพียงพอที่จะสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยที่เฝอเนื้อยังคงรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อ สีและกลิ่นของน้ำซุปไว้ มีลักษณะโดยรวมที่ผู้บริโภคพึงพอใจและสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 355 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท การฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่กำหนด โดยให้ค่า $F_0$ (Sterilizing value) ไม่น้อยกว่า 3 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* ทำให้อาหารมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค การแปรรูปความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เนื้อมีความเหนียว แห้ง และได้ค่าผลผลิต (yield) ต่ำ (Dawson et al., 1991) ขั้นตอนการเตรียมเนื้อด้วยการแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ก่อนการแปรรูปความร้อนจึงมีความสำคัญในการช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ความนุ่ม และลดน้ำหนักที่สูญเสียหลังปรุงสุก (Cooking loss) เนื้อที่ผ่านกระบวนการแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าเนื้อที่ไม่ได้แช่สารละลาย (Oblinger et al., 1976) การแช่เนื้อในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและความนุ่ม (Janky et al., 1975)

ดังนั้นการผลิตเฝอเนื้อพร้อมรับประทานในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์จึงเป็นการช่วยลดเวลาในขั้นตอนการเคี่ยวน้ำซุปและการต้มเนื้อให้นุ่ม อีกทั้งยังเป็นการควบคุณมาตรฐานรสชาติในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาในห้องเย็น และช่วยเพิ่มความสะดวกสบายและรวดเร็วในการเตรียมเฝอเนื้อในแต่ละมื้อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อและการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนรวมทั้งศึกษาผลของความร้อนในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อและการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน
2. เพื่อศึกษาผลของความร้อนในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. เนื้อโคขุนส่วนน่องลาย
2. การแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0%, 2.5% และ 5%
3. กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดันแบบพ่นน้ำร้อน (Water spray retort) ที่อุณหภูมิ 115, 118 และ 121 องศาเซลเซียส

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรและกระบวนการผลิตเฝอเนื้อพร้อมรับประทานที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์
2. ได้ผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อพร้อมรับประทานบรรจุรีทอร์ทเพาช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2

# การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 เนื้อสัตว์และส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อสัตว์ที่ใช้บริโภคเป็นส่วนใหญ่หมายถึงกล้ามเนื้อลาย (striated muscle) ซึ่งประกอบด้วยมัดเส้นใยกล้ามเนื้อ (fiber bundle) หลายมัด ที่ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ชนิดต่างๆโดยมีคอลลาเจนเป็นโปรตีนหลัก (สัญชัย, 2551) พบมากในเอ็น หนัง กระดูกอ่อน คอลลาเจนจะหดตัวลง 1/3 ของความยาวเดิมเมื่อถูกความร้อนประมาณ 60 °C ซึ่งระดับอุณหภูมินี้คืออุณหภูมิในการหดตัว (shrink temperature) ถ้าให้ความร้อนสูงกว่าอุณหภูมิที่ทำให้คอลลาเจนหดตัวได้ จะทำให้คอลลาเจนเปลี่ยนเป็น เจลาติน แต่ทั้งนี้ต้องมีน้ำอยู่ด้วนในขณะให้ความร้อน ในเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีไมโอไฟบริล (myofibrils) เป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยฝอยมีหน้าที่โดยตรงในการคลายและหดตัวของกล้ามเนื้อ (จิตธนา และคณาจารย์, 2546) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบในเนื้อแดงของวัว หมู แกะ พบว่ามีส่วนประกอบต่างๆโดยเฉลี่ยดังนี้ น้ำ 75.5% โปรตีน 18.0% ไขมัน 3.0% แป้ง 1.2 % และวิตามินเกลือแร่อีกเล็กน้อย ในส่วนประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสัตว์จะมีโปรตีนประเภท ไมโอไฟบริลลาร์ โปรตีน (Myofibrillar protein) เป็นโปรตีนในไมโอไฟบริลซึ่งเป็นโครงสร้างของกล้ามเนื้อและทำหน้าที่ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีอยู่ประมาณ 55 % ของโปรตีน ทั้งหมด มีคุณสมบัติคือละลายได้ในสารละลายของเกลือ (จิตธนา และคณาจารย์, 2546) โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ประกอบด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิดคือ ไมโอซิน (myosin) และแอคติน (actin)

เนื้อน่อง (shank) เป็นเนื้อที่มีเอ็นแทรกอยู่ภายในก้อนเนื้อ เหมาะที่จะนำไปตุ๋น ทำสตูเนื้อ ทำต้มเนื้อเปื่อยหรือแม้แต่ทำแกง เนื้อน่องเฉพาะส่วนที่เรียกว่าน่องแก้วเป็นที่ต้องการของร้านอาหารประเภทจุ่มจิ้มมาก โดยจะนำไปสไลด์เป็นแผ่นทั้งนี้เอ็นจะกรอบมีความยืดหยุ่นเวลาเคี้ยว (กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2012)

## 2.2 การแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์

เกลือที่ใช้ในการแช่สารละลายอยู่ในรูปของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) หรือเกลือแกง ขั้นตอนการแช่เนื้อในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ก่อนการทำให้สุกส่งผลทำให้เนื้อมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากขึ้น ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เนื้อมีความนุ่มและชุ่มฉ่ำมากขึ้น Janky et al. (1977) ได้ศึกษาการแช่เนื้อไก่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 % ที่ -1 °C ระยะเวลาแช่แบบข้ามคืน (overnight) พบว่าเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและผลผลิตหลังปรุงสุกเพิ่มขึ้น มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) และค่าแรงเฉือนน้อยกว่าการแช่เนื้อไก่ที่น้ำเย็นปกติ อีกทั้งยังมีคะแนนทดสอบความนุ่มและชุ่มฉ่ำมากกว่าการแช่เนื้อไก่ที่น้ำเย็นปกติ

### 2.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้อสัตว์

ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์หลังถูกฆ่า จะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อ เนื้อที่มีคุณภาพปกติจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.6-5.8 (เยาวลักษณ์, 2536) ปริมาณเกลือในเนื้อมีความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับค่าความเป็นกรด-ด่าง และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ทั้งนี้เพราะเกลือจะแตกตัวเป็น $Na^+$ และ $Cl^-$ เข้าจับกับประจุของโปรตีน แต่แรงจับกันระหว่าง $Na^+$ กับประจุลบของโปรตีนน้อยกว่าระหว่าง $Cl^-$ กับประจุบวกในโปรตีนโมเลกุล ดังนั้นที่ pH<pI (Isoelectric Point) ซึ่งโปรตีนจะมีประจุบวกมาก การอุ้มน้ำจะต่ำ แต่เมื่อ pH สูงขึ้นโปรตีนมีประจุลบมากขึ้น การอุ้มน้ำจึงเพิ่มขึ้น ถ้าใส่เกลือมากเกินไปเกลือส่วนที่เหลือจากการจับกับโปรตีนจะไปเกาะกับน้ำเกิดการดึงน้ำแย่งกับโปรตีน และเนื่องจากเกลือมีความสามารถในการรวมกับน้ำดีกว่าโปรตีนจึงทำให้โปรตีนเสียน้ำ โปรตีนมีโอกาสมารวมกันตกตะกอนออกมาได้ (จิตธนา และคณาจารย์, 2546) Allen et al. (1998) รายงานว่า เนื้อไก่ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มลดลง

พัชรินทร์ และคณะ (2557) ได้ทำการหมักเนื้อไก่ในรูปของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 1% และกรดซิตริก 0.02% เปรียบเทียบค่า pH ของเนื้อไก่ส่วนอกและส่วนสะโพกก่อนแช่และหลังแช่สารละลายของไก่ทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า หลังแช่เนื้อไก่ทั้งสองชิ้นส่วนมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจาก 5.52 และ 5.90 เป็น 5.78 และ 6.18 ตามลำดับ

### 2.2.2 การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity, WHC)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ คือ ความสามารถของเนื้อที่จะคงไว้ซึ่งจำนวนน้ำให้เกือบเท่าเดิม แม้มีปัจจัยภายนอกมากระทำ เนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำจะมีการสูญเสียน้ำออกมามาก และเมื่อทำให้เนื้อสุกย่อมมีผลทำให้เนื้อหลังจากทำให้สุกมีลักษณะแห้ง และรสชาติไม่ดีรวมทั้งเนื้ออาจจะเหนียวมากขึ้น (พัชรินทร์ และคณะ, 2557)

ระดับความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถในการอุ้มน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำจะต่ำสุดที่ pH 5.0-5.5 ซึ่งก็คือ Isoelectric Point (pI) ของโปรตีนส่วนใหญ่นั่นเอง เป็นช่วงที่โปรตีนโมเลกุลจะมีประจุรวมเป็นศูนย์เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ pI ดังนั้นจึงไม่มีแรงผลักกันระหว่างโปรตีนโมเลกุลทำให้ที่ว่างสำหรับอุ้มน้ำมีน้อย แต่ถ้าโปรตีนอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่สูงกว่าและต่ำกว่า pI จะทำให้มีประจุรวมเป็นลบและบวกตามลำดับ ดังนั้นโอกาสที่ประจุต่างกันเจอกันจะเกิดแรงผลักทำให้มีช่องว่างระหว่างโมเลกุลมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณน้ำในเนื้อสัตว์มีความสัมพันธ์กับความฉ่ำน้ำ ความนุ่มและรสของเนื้อ (จิตธนา และคณาจารย์, 2546) Anjaneyulu (1990) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์ที่สูงกว่าจุดไอโซอิเล็กทริคช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์

พัชรินทร์ และคณะ (2557) ได้ทำการเปรียบเทียบค่า pH ของเนื้อไก่ส่วนอกและส่วนสะโพกหลังแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5% ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 1% และกรดซิตริก 0.02% พบว่าเนื้ออกมีค่า pH ต่ำกว่าเนื้อสะโพก และเนื้อสะโพกมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเนื้ออก

### 2.2.3 ความนุ่ม (Tenderness)

ความนุ่มเป็นลักษณะหนึ่งที่บ่งบอกถึงความน่ารับประทานของเนื้อสัตว์ ความนุ่มเหนียวของเนื้อมีความสัมพันธ์กับค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (พัชรินทร์ และคณะ, 2557) วิธีวัดความนุ่มของเนื้อสามารถใช้แรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) ให้เนื้อขาดออกจากกัน ซึ่งถ้าแรงที่ใช้กระทำต่อเนื้อมีค่าต่ำก็แสดงว่าเนื้อนั้นมีความนุ่มมากกว่าแรงที่ใช้กระทำต่อเนื้อมีค่าสูง (สัญชัย, 2551)

Janky et al. (1975) ได้ศึกษาผลของการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 16 ชั่วโมง พบว่าค่าแรงเฉือน (Shear force) ของเนื้อไก่หลังแช่มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าเนื้อไก่ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้แช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งสอดคล้องกับ Lyon (1982) ที่รายงานว่าเนื้อไก่แช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5% มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าเนื้อที่ไม่ได้แช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์

## 2.3 กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (Sterilization)

กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียสและเวลานานเพียงพอ เพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในอาหาร จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้นจึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิปกติได้ (กรรวี, 2559) การให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์อาหารในภาชนะบรรจุก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร จึงจำเป็นต้องมีหลักเกณฑ์ในการเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ เพื่อเป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและทำให้เกิดการเน่าเสียได้โดยที่ยังคงรักษาคุณค่าของสารอาหารและความพึงพอใจของผู้บริโภคในด้าน สี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีด้วย เรียกกระบวนการให้ความร้อนนี้ว่า การฆ่าเชื้อเชิงการค้า (commercial sterilization) (วิไล, 2547)

ความเป็นกรด-ด่างของอาหารมีความสำคัญต่ออุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำลาย โดยเฉพาะอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน ภายหลังหรือก่อนบรรจุที่มีค่าพีเอชมากกว่า 4.6 และมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water activity) มากกว่า 0.85 ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทและสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ *Clostridium botulinum* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อันตรายที่สุดชนิดหนึ่งซึ่งสามารถสร้างสปอร์และมีความทนทานต่อความร้อนในสภาพอาหารดังกล่าว เชื้อสามารถเจริญเติบโตและผลิตสารพิษเอ็กโซทอกซิน (exotoxin) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิด สารพิษดังกล่าวอันตรายมากแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย (วิไล, 2547) ผู้ผลิตต้องศึกษาการแทรกผ่านความร้อนในอาหาร (Heat penetration) ภายใต้ปัจจัยเกี่ยวกับการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์เป้าหมาย คือ *Clostridium botulinum* ซึ่งกำหนดว่าควรใช้ค่า F (Sterilization value) ที่อุณหภูมิ 121.1 °C มากกว่า 3 นาที ในการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* และถ้าใช้ความร้อนต่ำกว่า 121.1 °C ต้องแสดงการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนและคำนวณโดยใช้วิธี General method หรือ Formular method เพื่อให้มีความร้อนในการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* เทียบเท่าหรือมากกว่าค่าที่กำหนด (พัชรินทร์, 2557) โดยทั่วไปจะมีการให้ความร้อนแก่อาหารสูงกว่าความต้องการต่ำสุดนี้เนื่องจากอาจมีจุลินทรีย์อื่นที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและคงทนต่อความร้อนมากกว่าเชื้อดังกล่าวอยู่ในอาหาร (วิไล, 2547)

Voller-Reasonover et al. (1997) ศึกษาผลของความร้อนที่อุณหภูมิ 115.6, 121.1 และ 126.7 °C ในระยะเวลาที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ค่า $F_0$ เท่ากับ 6 พบว่าที่อุณหภูมิ 115.6 °C ต้องใช้เวลานานสุด ทำให้เนื้อสัตว์มีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้มากที่สุด มีค่าแรงเฉือนและความแข็งน้อยที่สุด การใช้ความร้อนสูงมีผลต่อเนื้อสัมผัส ความเหนียว ความแห้งและการสูญเสียรูปร่างของเนื้อสัตว์เนื่องจากการเสียสภาพของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์

Dawson et al. (1991) ศึกษาผลของอุณหภูมิสูงที่ 121, 130 และ 145 °C ต่อเนื้อสัมผัสของอกไก่ พบว่าผลผลิตหลังปรุงสุกของอกไก่ที่อุณหภูมิ 121 °C มีค่ามากที่สุด และมีค่าแรงเฉือนน้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิสูง การใช้อุณหภูมิสูงมีผลทำให้เนื้อเหนียวและแห้ง อีกทั้งยังส่งผลให้ได้ผลผลิตหลังปรุงสุกน้อยลง

Saowakon et al. (2007) ศึกษาคุณภาพเนื้อแพะกระป๋องในตัวกลาง 4 ชนิด คือ น้ำ น้ำเกลือ น้ำมันและแกงมัสมั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 118 °C ให้ค่า $F_0$ เท่ากับ 7.5 เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของแต่ละตัวอย่างต้องทำการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนเพื่อให้ได้ค่า $F_0$ เท่ากับ 7.5 ซึ่งในแต่ละตัวกลางใช้เวลาในการแทรกผ่านความร้อนไม่เท่ากัน ในตัวกลางที่เป็นแกงมัสมั่นใช้เวลามากที่สุด เนื่องจากมีความหนืดสูงทำให้มีอัตราการแทรกผ่านความร้อนช้า เมื่อทำการตรวจคุณภาพเนื้อแพะกระป๋องพบว่าเนื้อแพะในแกงมัสมั่นมีน้ำหนักเนื้อมากและมีค่าความแข็งน้อยกว่าตัวกลางชนิดอื่น

Manzoor et al. (2017) ได้ศึกษาการทำ Rogan josh แกงเนื้อสูตรดั้งเดิมของอินเดียในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ ซึ่งใช้อุณหภูมิในกระบวนการฆ่าเชื้อที่ 121 °C ค่า $F_0$ 7 ถึง 11 โดยทำการประเมินอายุการเก็บรักษาและคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ากระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C ค่า $F_0$ 7 ถึง 11 ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่ที่ค่า $F_0$ เท่ากับ 9 มีคะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุด

## 2.4 อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท หมายความว่า อาหารที่ผ่านกรรมวิธีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ด้วยความร้อนภายหลังหรือก่อนการบรรจุหรือปิดผนึก ซึ่งเก็บรักษาไว้ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่เป็นโลหะ หรือวัตถุอื่นที่คงรูปที่สามารถป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกเข้าไปในภาชนะบรรจุได้ และสามารถเก็บรักษาไว้ได้ในอุณหภูมิปกติ อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 144 (พ.ศ.2535) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าแอคติวิตีของน้ำ ($a_w$) ดังนี้

**2.4.1 อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Low-acid food)** คือ อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.5 และมีค่าแอคติวิตีของน้ำ มากกว่า 0.85

**2.4.2 อาหารที่ปรับสภาพกรด (Acidified low-acid food)** คือ อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ตามธรรมชาติมากกว่า 4.5 แต่ในการผลิตมีการปรับสภาพของอาหารโดยการลวกหรือแช่ชิ้นอาหารในสารละลายกรด หรือเติมกรด หรือส่วนประกอบที่มีความเป็นกรด เพื่อให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้าย (Final equilibrium pH) ไม่เกิน 4.5 และมีค่าแอคติวิตีของน้ำมากกว่า 0.85

**2.4.3 อาหารประเภทกรด (Acid food)** คือ อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างตามธรรมชาติไม่เกิน 4.5 และมีค่าแอคติวิตีของน้ำมากกว่า 0.85

การผลิตอาหารบรรจุในภาชนะปิดสนิท ซึ่งเป็นการผลิตอาหารในบรรจุภัณฑ์ประเภทกระป๋อง ขวดแก้ว หรือบรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนตัว (flexible pouches) ได้แก่ ถุงรีทอร์ท (retort pouch) และถาดทนความร้อน (retortable trays) ตามหลักทฤษฎีและกระบวนการผลิตอาหารบรรจุในภาชนะปิดสนิท อาหารผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์และให้ความร้อนขั้นต่ำในระดับการฆ่าเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 กลุ่มแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

สภาพสุญญากาศที่เกิดขึ้นในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จะเกื้อหนุนต่อการเจริญของแบคทีเรียในกลุ่ม Anaerobes หรือ Facultative ซึ่งอาจก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกันอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่สำคัญ ได้แก่ แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

### 2.5.1 Thermophilic facultative anaerobic spores

สปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถเจริญในที่มีอุณหภูมิสูง ทั้งสภาพที่มีอากาศและไม่มีอากาศ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้เช่น *Bacillus stearothermophilus* ซึ่งสามารถเจริญในอาหารภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทได้ สปอร์ของแบคทีเรียนี้พบได้ในดิน

### 2.5.2 Thermophilic anaerobic spores

สปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถเจริญในที่มีอุณหภูมิสูง ภายใต้สภาพที่ไม่มีอากาศ มักพบในอาหารประเภทกรดต่ำ ตัวอย่างของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Clostridium thermosaccharolyticum*

### 2.5.3 Mesophilic anaerobic spores

สปอร์ของแบคทีเรียที่สามารถเจริญในที่มีอุณหภูมิปานกลาง ภายใต้สภาพที่ไม่มีอากาศ ตัวอย่างของจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Clostridium sporogenes, C. butyricum, C. pasteurianum* และ *C. botulinum* ซึ่ง *C. botulinum* เป็นสาเหตุของโรค Botulism เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

**ตารางที่ 2.1** แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ที่สำคัญต่อการเน่าเสียในอาหารกระป๋อง

| ช่วงอุณหภูมิโดยประมาณ | ประเภทของอาหาร | |
|---|---|---|
| สำหรับการเจริญเติบโต (°C) | Acid (3.7<pH<4.5) | Low-acid (pH>4.5) |
| Thermophilic (>40) | *B. coagulans* | *C. thermosaccharolyticum* |
| | | *C. nigrificans* |
| | | *B. stearothermophilus* |
| Mesophilic (40-10) | *C. butyricum* | *C. botulinum, A and B* |
| | *C. Pasteurianum* | *C. sporagenes* |
| | *B. mascerans* | *B. licheniformis* |
| | *B. polymyxa* | *B. subtilis* |
| Psychrotrophic (35-<5) | | *C. botulinum E* |

**ที่มา**: Karel and Lund 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 ความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์

สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (pH > 4.5) *Clostridium botulinum* เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่อันตรายที่สุดชนิดหนึ่งซึ่งสามารถสร้างสปอร์และมีความทนทานต่อความร้อนในสภาพอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เชื้อสามารถเจริญเติบโตและผลิตสารพิษ ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท โดยทั่วไปจะมีการให้ความร้อนแก่อาหารสูงกว่าความต้องการต่ำสุดนี้เนื่องจากอาจมีจุลินทรีย์อื่นที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและคงทนต่อความร้อนมากกว่าเชื้อ *C. botulinum* อยู่ในอาหาร (วิไล, 2552)

**ตารางที่ 2.2** ความต้านทานความร้อนของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์

| ชนิดแบคทีเรีย | z value (°F) | $D_{121}$ value (min) |
|---|---|---|
| *B. stearothermophilus* | 12.6 | 4.0 |
| *B. subtilis* | 13.3-23.4 | 0.48-0.76 |
| *B. cereus* | 17.5 | 0.0065 |
| *B. megaterium* | 15.8 | 0.04 |
| *C. sporogenes* | 23.4 | 0.15 |
| *C. sporogenes (PA 3679)* | 19.1 | 0.48-1.4 |
| *C. botulinum* | 17.8 | 0.21 |
| *C. thermosaccharolyticum* | 16-22 | 3.0-4.0 |

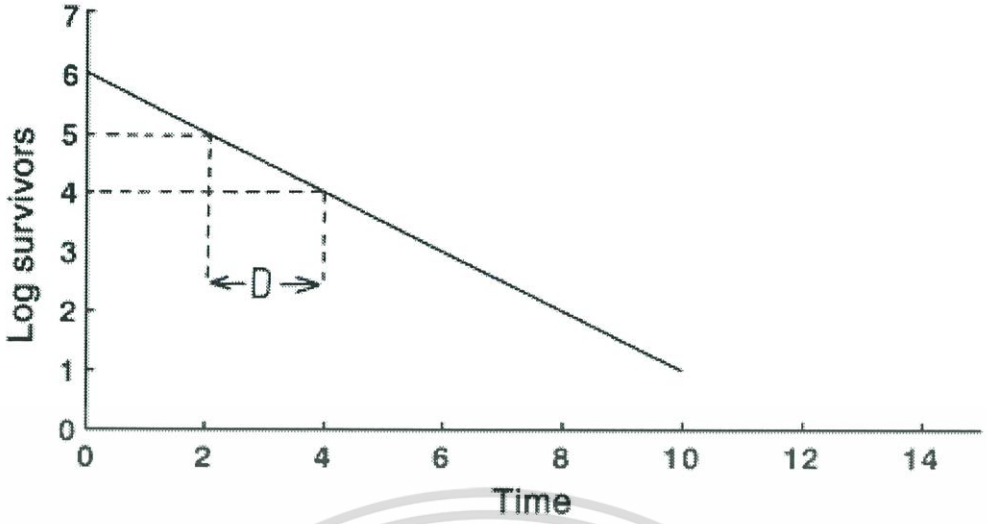
**ที่มา:** ดัดแปลงจาก Karel and Lund 2003

## 2.7 ค่าที่เกี่ยวข้องในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

### 2.7.1 ค่า D (D-value)

ค่า D value คือค่า decimal reduction time หรือค่าคงที่อัตราการตาย หมายถึง เวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ไป 90% ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมที่อุณหภูมิคงที่ นั่นคือจุลินทรีย์จะลดลงเหลือเพียง 10% ของจุลินทรีย์เริ่มต้น หรือเวลาที่ใช้ในการทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลง 1 log cycle เมื่อให้ความร้อนเท่ากับ D นาที ค่า D จะแตกต่างกันไปสำหรับจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ การหาค่า D ทำได้โดยใส่สปอร์ของจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนแน่นอนลงในภาชนะบรรจุแล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิคงที่โดยใช้เวลาต่างๆกัน นำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟความอยู่รอด (survivor curve) บนกระดาษเซมิล็อกโดยพลอทค่าระหว่าง log10 ของจำนวนเชื้อที่อยู่รอด (survivor) บนแกนล็อก (แกน Y) และเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิหนึ่งๆ บนแกนธรรมดา (แกน X) กราฟที่ได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.1** ค่า D-value
**ที่มา:** Adams and Moss (2008)

จุลินทรีย์ที่มีค่า D สูงกว่าจะมีความต้านทานต่อความร้อนสูงกว่าจุลินทรีย์ที่มีค่า D ต่ำกว่า ซึ่งสามารถหาค่า D ได้จากสมการต่อไปนี้

$$D = \frac{t}{\log(N_0 / N)} \qquad (2.1)$$

เมื่อ t = เวลาที่ให้ความร้อน (นาที), $N_0$ = ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น, N = ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t นาที (วิไล, 2552)

Pflug และคณะ (1981) ได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ดังนี้

$D_{250} > 1.0$ ทนทานต่อความร้อนสูงมาก เช่น *B. stearothermophilus*

$D_{250} > 0.1$ ทนทานต่อความร้อนสูง เช่น *C. botulinum*

$D_{250} > 0.01$ ทนทานต่อความร้อน เช่น *B. coagulans*

$D_{250} \leq 0.01$ ไม่ทนทานต่อความร้อน หรือมีความไวต่อความร้อน

### 2.7.2 12-D concept

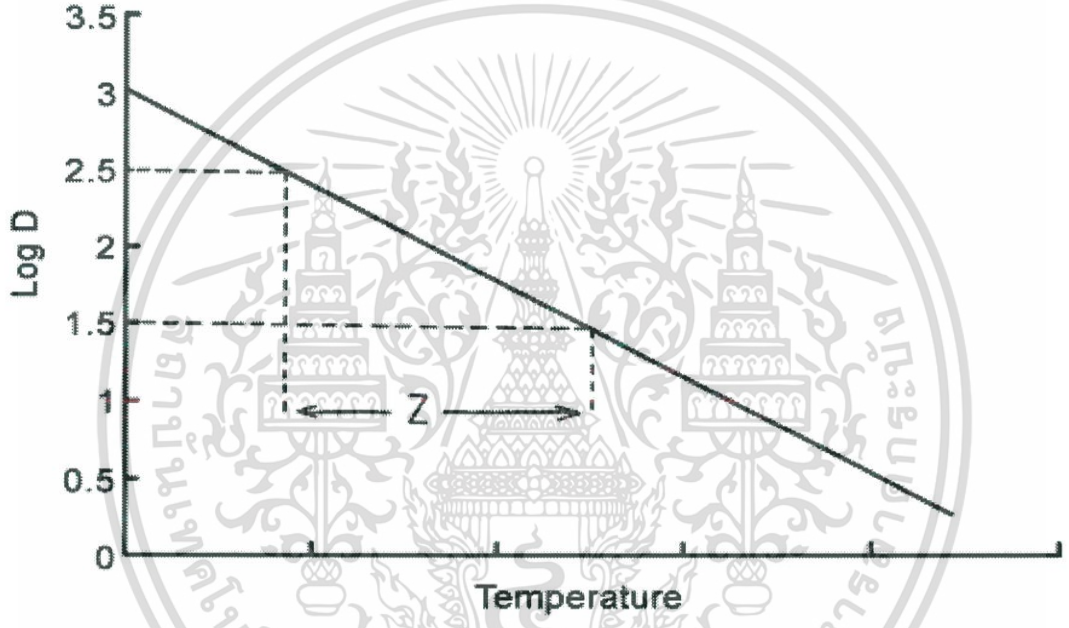
ในการให้ความร้อนอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทสำหรับอาหารที่มีกรดต่ำ (low acid food) เช่นอาหารประเภทเนื้อสัตว์ ข้าวโพด ถั่ว ต้องคำนึงถึงการทำลายสปอร์ของแบคทีเรีย *Clostridium botulinum* เป็นสำคัญเนื่องจากเชื้อชนิดนี้เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคที่ทนความร้อนได้สูง 12-D concept เป็นการคำนวณได้จากค่า D value ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิอ้างอิง (121.1 องศาเซลเซียส) เป็นการใช้เวลา 12 เท่าของ D value เป็นการให้ความร้อนในระดับต่ำสุดกับอาหารที่จะสามารถลดปริมาณสปอร์ของ *C. botulinum* ลงเหลือ $10^{-12}$ หรือลดลง 12 log cycle ทำให้อาหารภายหลังการแปรรูปด้วยความร้อนมีความเสี่ยงน้อยที่สุดที่จะพบจุลินทรีย์ถ้ายิ่งมีปริมาณสปอร์เริ่มต้นน้อยเท่าใด หลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนก็จะยิ่งมีปริมาณสปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลืออยู่น้อยลงมากเท่านั้น การใช้หลักการให้ความร้อนแบบ 12D ก็เพื่อที่จะประกันความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค โดยใช้กับอาหารที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6 เนื่องจากสปอร์ของ *C. botulinum* ไม่งอกและไม่สร้างสารพิษที่ระดับ pH ต่ำกว่านี้

### 2.7.3 ค่า Z (Z-value)

ค่า Z หมายถึง จำนวนองศาเซลเซียส (°C) หรือองศาฟาเรนไฮต์ (°F) ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 วงจรล็อก ค่า Z เป็นความชันของเส้นกราฟที่ได้จากการสร้างกราฟเวลาที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยพลอทระหว่างค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง (บนแกนล็อก) กับอุณหภูมิต่างๆที่ใช้ฆ่าเชื้อ (บนแกนธรรมดา) กราฟที่ได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเรียกว่า กราฟเวลาที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน (thermal death time curve, TDT curve) (วิไล, 2552)




**รูปที่ 2.2** ค่า Z-value
**ที่มา:** Adams and Moss (2008)

### 2.7.4 ค่า F (F-value)

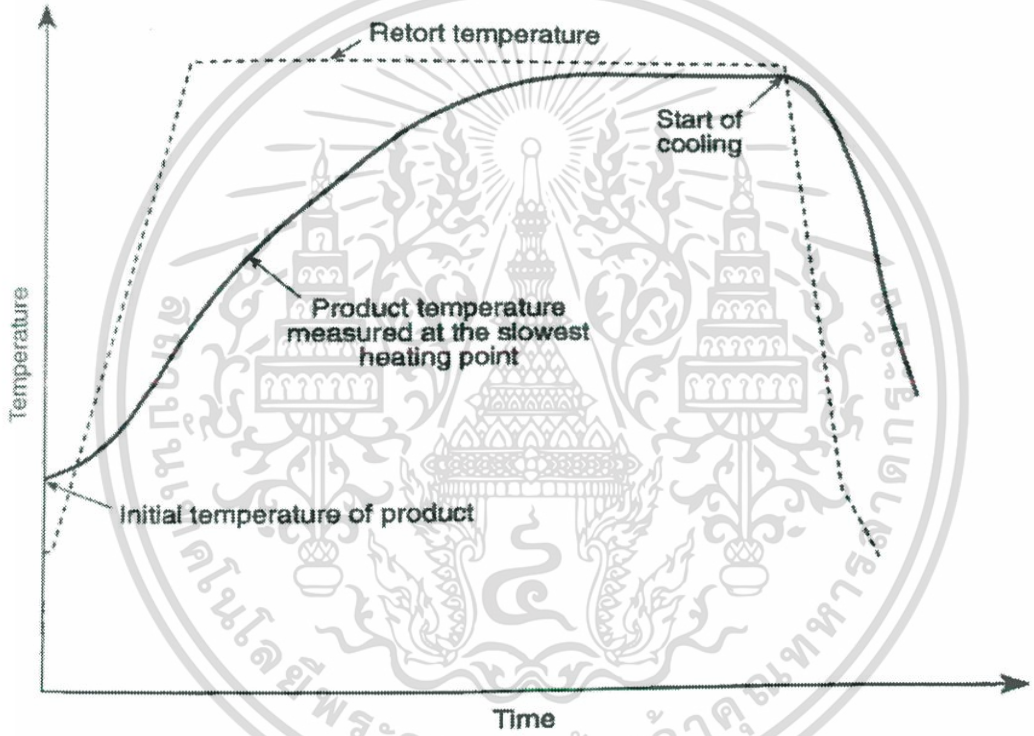
ค่า F หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จำเป็นต้องระบุอุณหภูมิ (process temperature) ที่ใช้และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมายด้วย ค่า F ใช้ในการเปลี่ยนเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิต่างๆให้เป็นเวลาในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิอ้างอิง 121 °C มีค่า Z = 10 °C

ค่า $F_0$ หมายถึง เวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐาน 121 °C หรือ 250 °F ที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ซึ่งมีค่า Z = 10 °C หรือ 18 °F โดยสำหรับอาหารประเภทกรดต่ำ ค่า $F_0$ ของกระบวนการต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2.52 นาที เพื่อลดสปอร์แบคทีเรีย *C. botulinum* เริ่มต้นลง 12 log cycle หรือเรียกว่า 12 D cook

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร (heat penetration)

การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถทำได้โดยการวัดอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุด (cold point) ของอาหารในบรรจุภัณฑ์โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เรียกว่า คู่ควบความร้อน (thermocouple) เพื่อวัดอุณหภูมิของอาหารระหว่างกระบวนการให้ความร้อน เป็นการทดลองหาเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ตามที่กำหนดไว้ การฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิทจะทำการพิจารณาอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดเป็นหลัก ถ้าจุดนี้ได้รับความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์เป้าหมายแล้ว จุดอื่นๆภายในกระป๋องก็จะได้รับเช่นกัน ซึ่งต้องทำการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนในทุกสูตรของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีสูตรแตกต่างกันจะมีการแทรกผ่านความร้อนไปยังจุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ซึ่งจุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ตำแหน่งใดขึ้นอยู่กับลักษณะการถ่ายโอนความร้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนี้




**รูปที่ 2.3** กราฟการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารในเครื่องฆ่าเชื้อ
**ที่มา:** Holdsworth and Simpson (2008)

### 2.8.1 การถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อน

อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อนจะมีลักษณะเป็นอาหารที่บรรจุแน่นๆ มีความหนืดสูง ซึ่งโมเลกุลของอาหารไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้จะถ่ายโอนความร้อนในทุกทิศทาง ผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่ง จุดร้อนช้าที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์อาหารในบรรจุภัณฑ์

### 2.8.2 การถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อน

อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อนจะมีลักษณะเป็นอาหารเหลว อาหารที่มีความหนืดต่ำ หรือผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดเล็กในน้ำเกลือ ซึ่งโมเลกุลของอาหารสามารถเกิดการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนได้ เมื่อได้รับความร้อนส่วนที่เป็นของเหลวจะได้รับความร้อนก่อนและเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนเนื่องจากความหนาแน่นน้อยลง ในขณะส่วนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่ลงล่าง ส่งผลทำให้เกิดการหมุนเวียนของโมเลกุลอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ จุดร้อนช้าที่สุดจะอยู่ที่ปริมาณ 1 ใน 3 ของความสูงเมื่อวัดจากด้านล่างสุดของบรรจุภัณฑ์

### 2.8.3 การถ่ายโอนความร้อนแบบผสม

อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบผสม เช่น อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความหนืด ในช่วงแรกจะเป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบการพาความร้อน และเมื่อให้ความร้อนต่อไปอาหารจะมีความข้นหนืดมากขึ้นเกิดเป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบการนำความร้อน หรือในผลิตภัณฑ์มีชิ้นอาหารขนาดใหญ่อยู่ในของของเหลว ซึ่งส่วนที่เป็นของเหลวจะร้อนเร็วกว่าส่วนที่เป็นชิ้นอาหาร จุดที่ร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์อาหารจะอยู่ระหว่างจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบการนำและจุดร้อนช้าที่สุดของอาหารที่มีการถ่ายเทความร้อนแบบการพา

## 2.9 การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ($F_0$)

วิธีที่นิยมใช้หาเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (process time) หรือ ค่า $F_0$ มี 2 วิธี คือ General method และ Formula method

### 2.9.1 General หรือ Graphical method

เป็นวิธีการนำข้อมูลที่ได้จากการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุ (heat penetration data) มาคำนวณหาอัตราการทำลาย (lethal rate, L) ที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆของการให้ความร้อนและการทำให้เย็นของอาหารในภาชนะบรรจุ

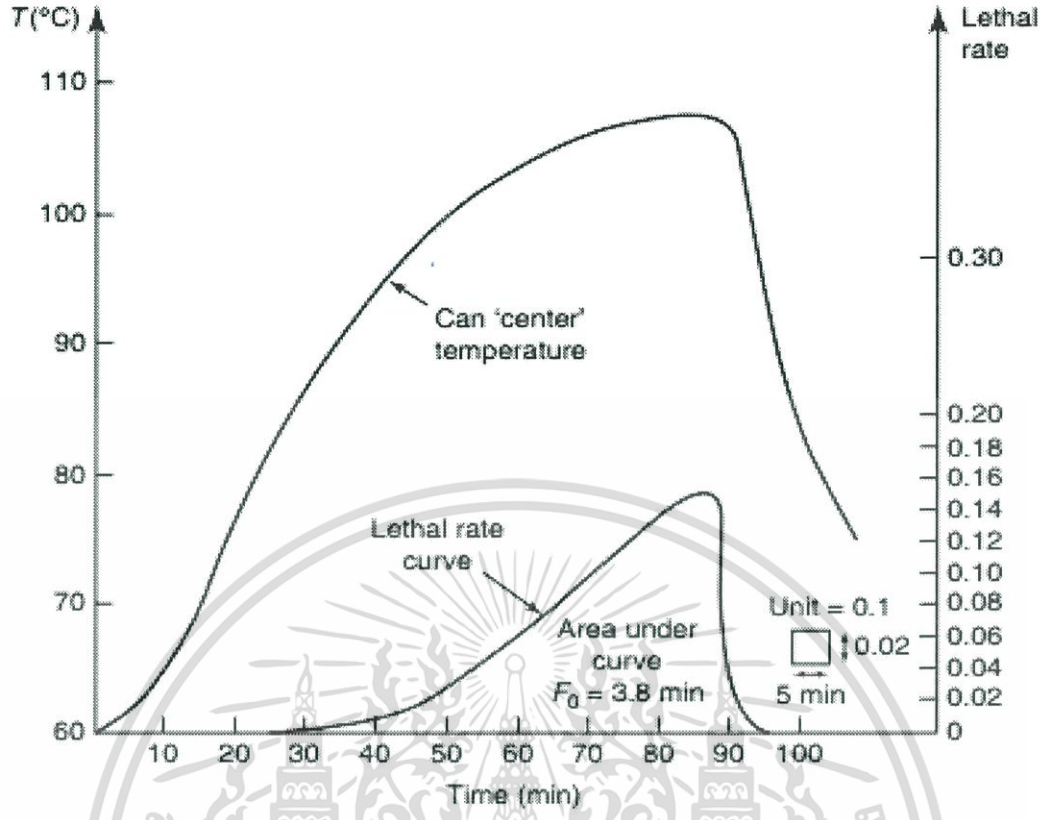
$$L = 10^{(T - T_{ref})/z} \tag{2.2}$$

นำค่าอัตราการทำลายไปพลอทกราฟกับเวลาของกระบวนการฆ่าเชื้อ การคำนวณหาค่า $F_0$ ทำได้โดยการอินทิเกรทพื้นที่ใต้กราฟหรือหาผลรวมของอัตราการทำลายตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อ

$$F_0 = \int_0^t 10^{(T - T_{ref})/z} dt \tag{2.3}$$

วิธีใช้กราฟนี้สามารถใช้ในการกำหนดระยะเวลาของกระบวนการฆ่าเชื้อที่กำหนดค่า $F_0$ แล้ว โดยแทนที่จะเป็นการวัดพื้นที่ใต้กราฟของระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่ทราบแล้ว แต่จะเป็นการหาระยะเวลาที่ให้พื้นที่ใต้กราฟเท่ากับค่า $F_0$ ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



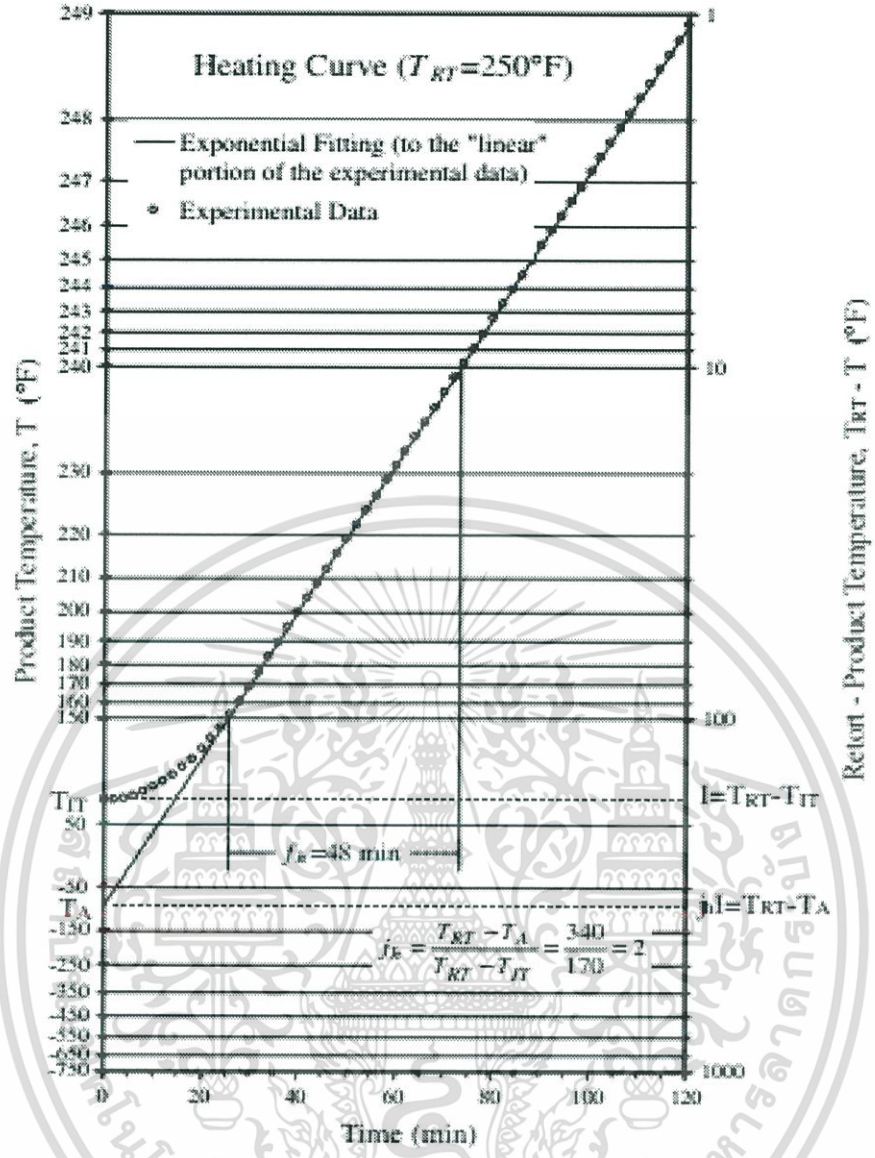

**รูปที่ 2.4** หาค่า $F_0$ จากกราฟอัตราการทำลาย
**ที่มา**: Holdsworth and Simpson (2016)

### 2.9.2 Formula method

วิธีการใช้สูตรในการคำนวณหาเวลากระบวนการให้ความร้อนนั้น จำเป็นต้องสร้างกราฟของข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนบนกระดาษเซมิล็อกโดยพลอทค่าอุณหภูมิของอาหารบนสเกลล็อก (แกน y) และเวลาของกระบวนการฆ่าเชื้อบนแกน x เพื่อทำการหาค่า $f_h$ และ j เพื่อนำไปคำนวณหา $F_0$ หรือ process time โดยที่ $f_h$ หมายถึงเวลาเป็นนาทีที่ทำให้กราฟการแทรกผ่านความร้อนเปลี่ยนไป 1 วงจรล็อกหรือ 90% และค่า j คือค่า correction factor

ในการทดสอบการแทรกผ่านความร้อนนั้น จะต้องการช่วงเวลาหนึ่งเพื่อที่ให้เครื่องฆ่าเชื้อมีอุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิที่ต้องการฆ่าเชื้อ จะเรียกว่า come up time หรือ CUT โดยทั่วไปคิดว่า 42% ของ CUT จะมีผลต่อการทำลายแบคทีเรีย หมายความว่าเวลาที่เริ่มให้ผลในการฆ่าเชื้อจริงๆ ไม่ใช่เวลาที่เครื่องฆ่าเชื้อมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงอุณหภูมิที่ต้องการ แต่จะเริ่มที่เวลา 0.58 ของ CUT หลังจากเปิดไอน้ำ เรียกว่า เวลาเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อที่แก้ไขแล้ว (corrected zero, CZ) (วิไล, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5** กราฟการแทรกผ่านความร้อนบนกระดาษเซมิล็อก
**ที่มา**: Stoforos (2010)

## 2.10 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

รีทอร์ทเพาซ์ (retort pouch) คือ ภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัว (flexible packaging) ขึ้นรูปเป็นถุง (pouch) เป็นภาชนะบรรจุสามารถปิดผนึกสนิท มีความแข็งแรง สามารถทนต่อความร้อนและความดันสูงในระหว่างกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์ได้ โดยฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อภายใต้แรงดัน (retort) ชนิด water spray retort บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ผลิตจากฟิล์มหลายชนิดมาเชื่อมประสานกัน (laminate) จำนวนหลายชั้น โดยสามารถจำแนกวัสดุแต่ละชั้นจากด้านนอกไปด้านใน ดังนี้

### 2.10.1 พลาสติกชนิดโพลีเอสเตอร์ (polyester, PET)

เป็นวัสดุอยู่ชั้นนอกสุดของรีทอร์ทเพาซ์ มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน มีความเหนียว แข็งแรง โปร่งแสง และสามารถพิมพ์ข้อมูลหรือฉลากได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.10.2 ไนลอน (nylon หรือ polyamide)

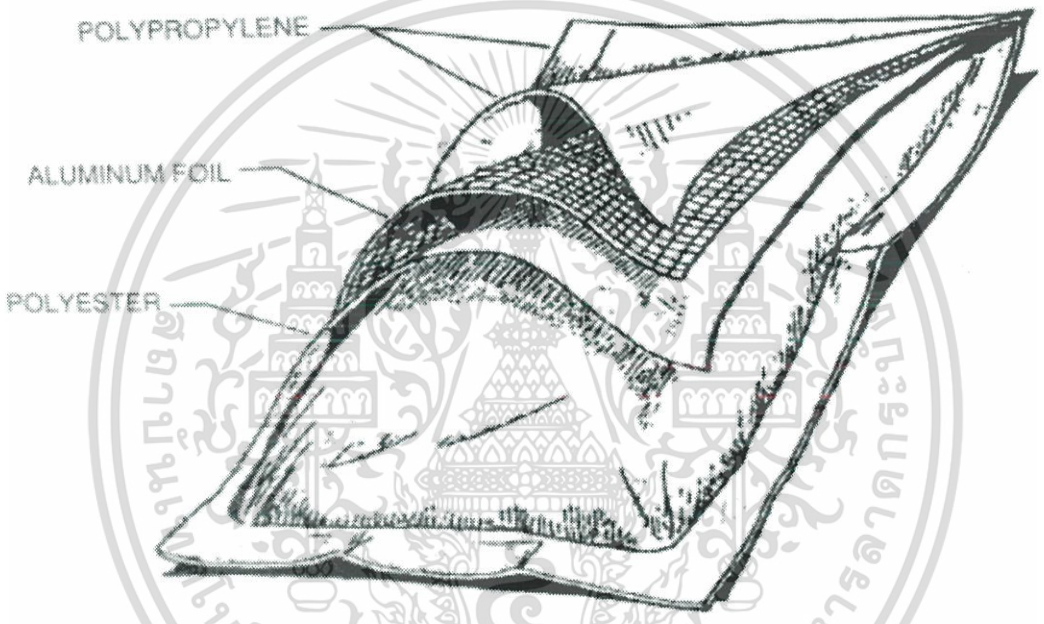
เป็นวัสดุที่อยู่ถัดจากพลาสติกชนิดโพลีเอสเตอร์ มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความแข็งแรง ป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของอากาศ

### 2.10.3 อะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil)

เป็นวัสดุที่อยู่ถัดจากชั้นไนลอน มีลักษณะทึบแสง สามารถป้องกันความชื้น แสง และก๊าซได้ดี

### 2.10.4 พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene, PP)

เป็นวัสดุที่อยู่ชั้นในสุดของบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์ เป็นชั้นหนาสุด สัมผัสกับอาหารโดยตรง มีความเหนียว ใช้เป็นตัวที่ปิดผนึกด้วยความร้อน และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร




**รูปที่ 2.6** Retort pouch
**ที่มา**: Al-Baali and Farid

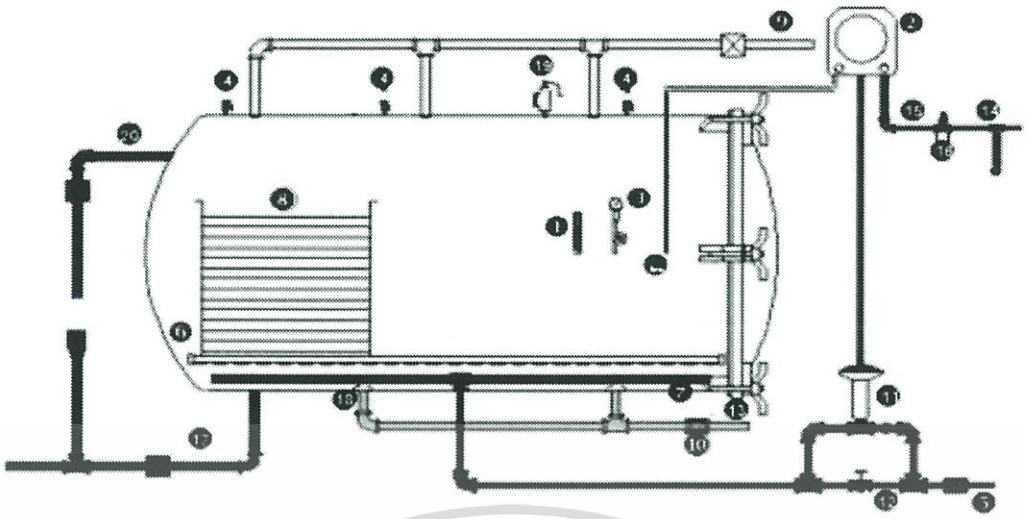
## 2.11 เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Retort)

เครื่องฆ่าเชื้อใช้สำหรับส่งผ่านความร้อนแก่อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด เพื่อทำลายจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยในเชิงการค้า(Commercial Sterility) และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

### 2.11.1 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้ไอน้ำ (Horizontal Steam Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้ให้ความร้อนด้วยไอน้ำอิ่มตัว ดังนั้นในการฆ่าเชื้อจึงต้องไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อให้หมดเพื่อป้องกันการเกิดจุดที่ร้อนช้า (Cold Spots) ภายในเครื่องฆ่าเชื้อ การควบคุมอุณหภูมิทำได้โดยการควบคุมความดันของไอน้ำอิ่มตัว นิยมใช้กับภาชนะบรรจุกระป๋อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.7** เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้ไอน้ำ (Horizontal Steam Retorts)
**ที่มา**: กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 (2556)

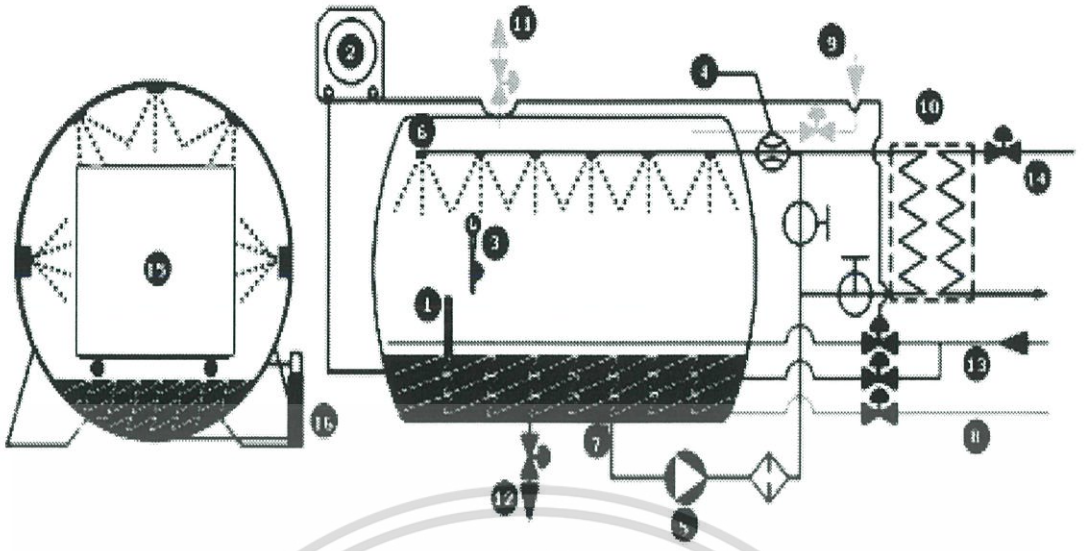
มีอุปกรณ์ประกอบ ดังนี้

1. เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง
2. เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ
3. มาตรวัดความดัน
4. ช่องระบายไอน้ำ
5. ท่อไอน้ำเข้า
6. ที่รองรับตะกร้า
7. ท่อกระจายไอน้ำ
8. อุปกรณ์สำหรับจัดเรียงตำแหน่งของบรรจุภัณฑ์
9. ท่อไล่อากาศ
10. วาล์วที่ใช้กับท่อน้ำ
11. วาล์วควบคุมไอน้ำ
12. ท่อทางเบี่ยงไอน้ำ
13. ท่อน้ำเข้า
14. ท่ออากาศสำหรับอุปกรณ์บันทึกอุณหภูมิ
15. อุปกรณ์กรองอากาศ
16. อุปกรณ์ควบคุมความดันอากาศ
17. ท่อระบายน้ำ
18. ที่กระบังน้ำเข้า
19. วาล์วนิรภัย
20. ท่อน้ำล้น
21. อุปกรณ์ส่งสัญญาณวัดอุณหภูมิ

### 2.11.2 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Horizontal Water Spray Retorts)

เครื่องฆ่าเชื้อชนิดนี้ใช้ปริมาตรของน้ำร้อนที่ใช้ในระหว่างการฆ่าเชื้อน้อย การทำงานอาศัยอัตราการไหลสูงกับระบบหัวพ่นน้ำร้อนที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะ นิยมใช้กับภาชนะบรรจุชนิดขวดแก้วและภาชนะบรรจุอ่อนตัวและกึ่งอ่อนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 2.8** เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นน้ำร้อน (Horizontal Steam Retorts)
**ที่มา**: กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 (2556)

มีอุปกรณ์ประกอบ ดังนี้

1. เทอร์โมมิเตอร์อ้างอิง
2. เครื่องควบคุมและบันทึกอุณหภูมิ
3. มาตรวัดความดัน
4. อุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของน้ำ
5. ปั๊มหมุนเวียนน้ำร้อน
6. หัวพ่นน้ำร้อน
7. ท่อทางดูดของปั๊มและตะแกรงกรอง
8. ท่อน้ำ
9. ท่ออากาศอัด
10. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
11. วาล์วระบายแรงดัน
12. ท่อระบายน้ำ
13. ท่อไอน้ำเข้า
14. ท่อน้ำหล่อเย็น
15. ตะกร้าและแผ่นรองกั้น
16. อุปกรณ์แสดงระดับน้ำ

### 2.11.3 กระบวนการฆ่าเชื้อภายในเครื่องฆ่าเชื้อ

**ช่วงเวลาที่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงขึ้นถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด (Come-up time, CUT)**

เป็นช่วงเวลาก่อนการฆ่าเชื้อ นับตั้งแต่เริ่มเปิดไอน้ำเข้าเครื่องฆ่าเชื้อจนกระทั่งเครื่องฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่รวมขั้นตอนการไล่อากาศออกจากเครื่องฆ่าเชื้อด้วย เนื่องจากอากาศทำหน้าที่เหมือนเป็นฉนวนกันความร้อน ทำให้ความร้อนกระจายตัวไม่สม่ำเสมอตลอดทั่วภายในเครื่องฆ่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ช่วงเวลาฆ่าเชื้อ (Holding time)**

เป็นช่วงเวลาที่นับตั้งแต่อุณหภูมิในเครื่องฆ่าเชื้อสูงถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อที่กำหนด เป็นการทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ ในการกำหนดเวลาการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมขึ้นกับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร คุณสมบัติและลักษณะอาหารและการศึกษาอัตราการแทรกผ่านของความร้อนเข้าไปในอาหารภายในภาชนะบรรจุปิดสนิท โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคและรักษาคุณสมบัติรวมทั้งคุณลักษณะที่ดีของอาหารเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับ

**ช่วงเวลาทำให้เย็น (Cooling time)**

เมื่อครบกำหนดเวลาการฆ่าเชื้อ ต้องทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเย็นตัวลงโดยเร็วด้วยการใช้น้ำที่มีคลอรีน และอาจใช้ความดันลมร่วมกัน เพื่อลดอุณหภูมิภายในของผลิตภัณฑ์จนถึงอุณหภูมิหนึ่งโดยทั่วไปประมาณ 35-45 °C ในการลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ลงอย่างรวดเร็วเพื่อไม่ให้คุณภาพอาหารเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากความร้อนสะสมและช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทนร้อนบางประเภทที่อาจเจริญได้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

## 3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

### 3.1.1 วัตถุดิบในการผลิตเฝอเนื้อบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

1. เนื้อน่องลาย จากร้าน KU Beef
2. กระดูกวัว จากร้าน KU Beef
3. ขิงแก่ Natural & Premium Food Co. Ltd.
4. พริกไทยขาว บริษัท ไทยซีเรียลส์เวิลด์ จำกัด
5. อบเชย บริษัท อุตสาหกรรมอาหารไทย (1964) จำกัด
6. โป๊ยกั๊ก บริษัท อุตสาหกรรมอาหารไทย (1964) จำกัด
7. ลูกหย่อยเวียดนาม ผู้ประกอบการ
8. หอมใหญ่ ตลาดสดหัวตะเข้ ลาดกระบัง กทม.
9. กระวานดำ ตลาดสดหัวตะเข้ ลาดกระบัง กทม.
10. กระวานขาว ตลาดสดหัวตะเข้ ลาดกระบัง กทม.
11. กานพลูแห้ง ตลาดสดหัวตะเข้ ลาดกระบัง กทม.
12. น้ำตาลกรวด กลุ่มมิตรผล
13. น้ำปลา Marine Resources Development Co., Ltd.
14. เกลือ บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด

### 3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่องฆ่าเชื้อสเปรย์น้ำ Water spray retort (บริษัท ฟู้ด แมชชินเนอรี่ จำกัด ประเทศไทย)
2. เครื่องผนึกสุญญากาศ (รุ่น DZD-500/2SD ยี่ห้อ Tengtong ประเทศจีน)
3. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดิจิตอล (รุ่น AD-5764A-150 ยี่ห้อ AND ประเทศญี่ปุ่น)
4. เครื่องสไลด์เนื้อ (รุ่น 350S ยี่ห้อ Savioli ประเทศอิตาลี)
5. เทอร์โมมิเตอร์ (รุ่น TTX 110 ยี่ห้อ Ebro ประเทศเยอรมนี)
6. เตาไฟฟ้า (รุ่น HW-4170 ยี่ห้อ HOUSE WORTH ประเทศไทย)
7. เทอร์โมคัปเปิล Type T
8. Wireless Data Logger (ยี่ห้อ Ellab ประเทศเดนมาร์ก)
9. เครื่องชั่งดิจิตอล (รุ่น UX3200G ยี่ห้อ SHIMADZU ประเทศญี่ปุ่น)
10. เครื่อง pH meter (รุ่น Lab 855 ยี่ห้อ SI Analytics ประเทศเยอรมนี)
11. เครื่อง Refractometer (รุ่น HI 96800 ยี่ห้อ HANNA ประเทศโรมาเนีย)
12. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (รุ่น TA.XT2i ยี่ห้อ Stable Micro Systems ประเทศสหราชอาณาจักร)
13. เครื่องวัดสี Hunter Lab (รุ่น Color Flex ประเทศสหรัฐอเมริกา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การเตรียมวัตถุดิบ

### 3.2.1 การเตรียมเนื้อ

เนื้อโคส่วนน่องแช่แข็งทั้งก้อนเก็บไว้ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ขนาดก้อนเนื้อ กว้างเฉลี่ย 6.55 เซนติเมตร ยาวเฉลี่ย 22.5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อชิ้น 685.85 กรัม ละลายเนื้อโคแช่แข็งด้วยวิธีเปิดน้ำไหลผ่านนาน 30 นาที จากนั้นทำการหั่นชิ้นเนื้อให้มีความหนา 0.5 เซนติเมตรด้วยเครื่องสไลด์

**รูปที่ 3.1** การหั่นสไลด์เนื้อ

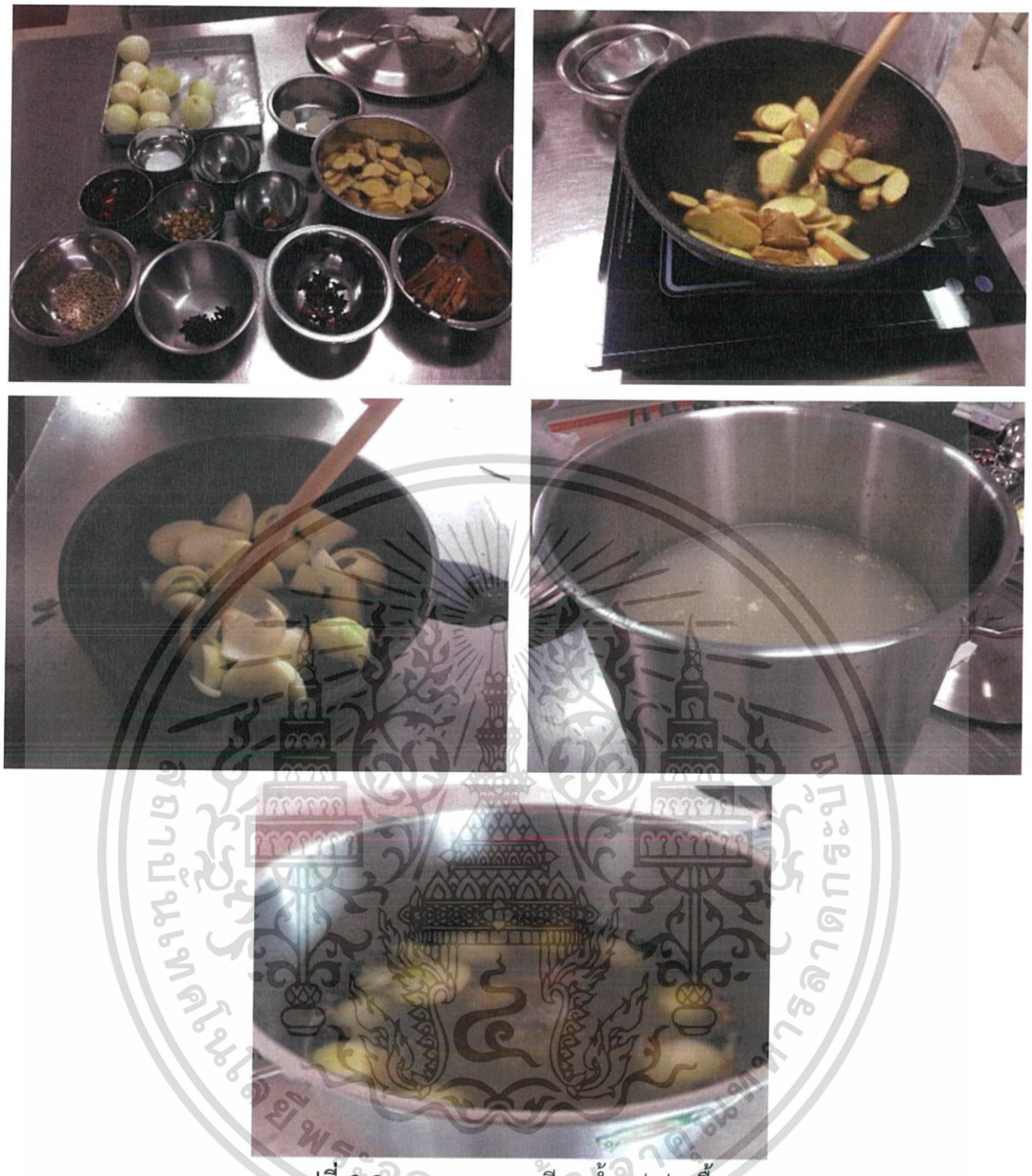
### 3.2.2 การเตรียมน้ำซุป

เตรียมน้ำซุปเฝอโดยการคั่วเครื่องเทศและสมุนไพร ได้แก่ ขิงแก่, หอมใหญ่, พริกไทยขาว, กระวานดำ, อบเชย, โป๊ยกั๊ก, ลูกหย่อยเวียดนาม, กระวานขาว และกานพลูแห้ง นาน 5-10 นาที ต้มน้ำซุปกระดูกวัวด้วยไฟอ่อนนาน 5-6 ชั่วโมง ใส่น้ำตาลกรวดและเกลือ รอจนน้ำเดือดจากนั้นใส่สมุนไพรที่คั่วแล้วลงไป ต้มต่อนาน 30 นาที แล้วปรุงรส กรองน้ำซุปให้ใสก่อนนำไปผลิตและตรวจวัดคุณภาพ

**ตารางที่ 3.1** ส่วนประกอบน้ำซุปเฝอเนื้อ

| วัตถุดิบ | ร้อยละ |
|---|---|
| น้ำสะอาด | 77.92 |
| กระดูกวัว | 15.58 |
| ขิงแก่ | 1.56 |
| หอมใหญ่ | 3.51 |
| พริกไทยขาว | 0.08 |
| กระวานดำ | 0.06 |
| อบเชย | 0.15 |
| โป๊ยกั๊ก | 0.04 |
| ลูกหย่อยเวียดนาม | 0.01 |
| กระวานขาว | 0.02 |
| กานพลูแห้ง | 0.02 |
| น้ำตาลกรวด | 0.58 |
| น้ำปลา | 0.39 |
| เกลือ | 0.08 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 กระบวนการเตรียมน้ำซุปเฝอเนื้อ

## 3.3 ศึกษาผลของการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเนื้อ

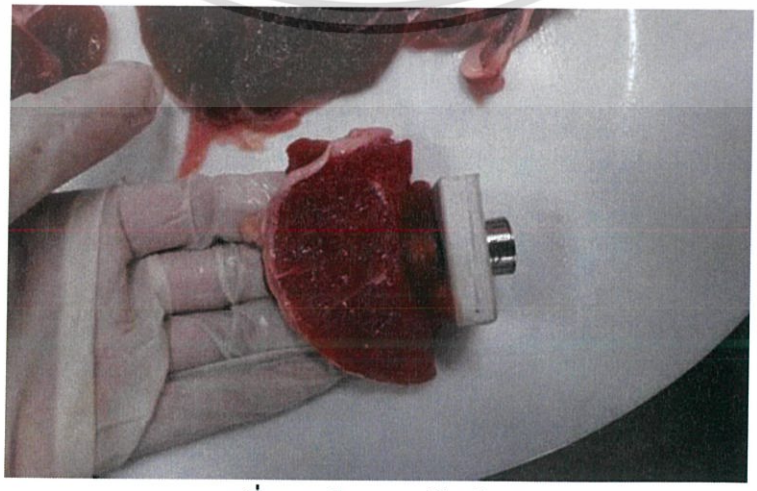
นำชิ้นเนื้อที่หั่นสไลด์มาแช่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0%, 2.5% และ 5% ในอัตราส่วน 1:1 ปิดฝาภาชนะ แช่ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดให้นำเนื้อออกจากสารละลาย พักเนื้อไว้บนตะแกรงสำหรับสะเด็ดน้ำ 5 นาที บรรจุลงถุงร้อนนำไปต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำไปลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แช่เนื้อในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์

## 3.4 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อน (Heat penetration test )

เริ่มจากทำการเสียบเทอร์โมคัปเปิล Type T ในชิ้นเนื้อด้วย Wireless Data Logger (รุ่นPro basic L, Ellab, ประเทศเดนมาร์ก) เพื่อทำการวัดอุณหภูมิที่จุดร้อนช้าที่สุดของชิ้นเนื้อในบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นบรรจุลงในรีทอร์ทเพาช์แบบทึบ (PET12/AL7/NY15/RCPP80) ขนาด 15×23×6 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 8 ถุง ในแต่ละถุงมีจำนวนชิ้นเนื้อ 3 ชิ้น น้ำซุปเฝอ 300 มิลลิลิตร น้ำหนักสุทธิ 350 กรัม ผนึกถุงด้วยวิธีสุญญากาศ นำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115, 118 และ 121 °C ทำการบันทึกอุณหภูมิของจุดร้อนช้าในระหว่างการให้ความร้อนที่เวลาทุกๆ 2 วินาที ตลอดกระบวนการฆ่าเชื้อ แล้วคำนวณหาค่า $F_0$ และ Process time ตามวิธี General method โดยมีค่า $F_0 \geq 9$



รูปที่ 3.4 เสียบเทอร์โมคัปเปิล

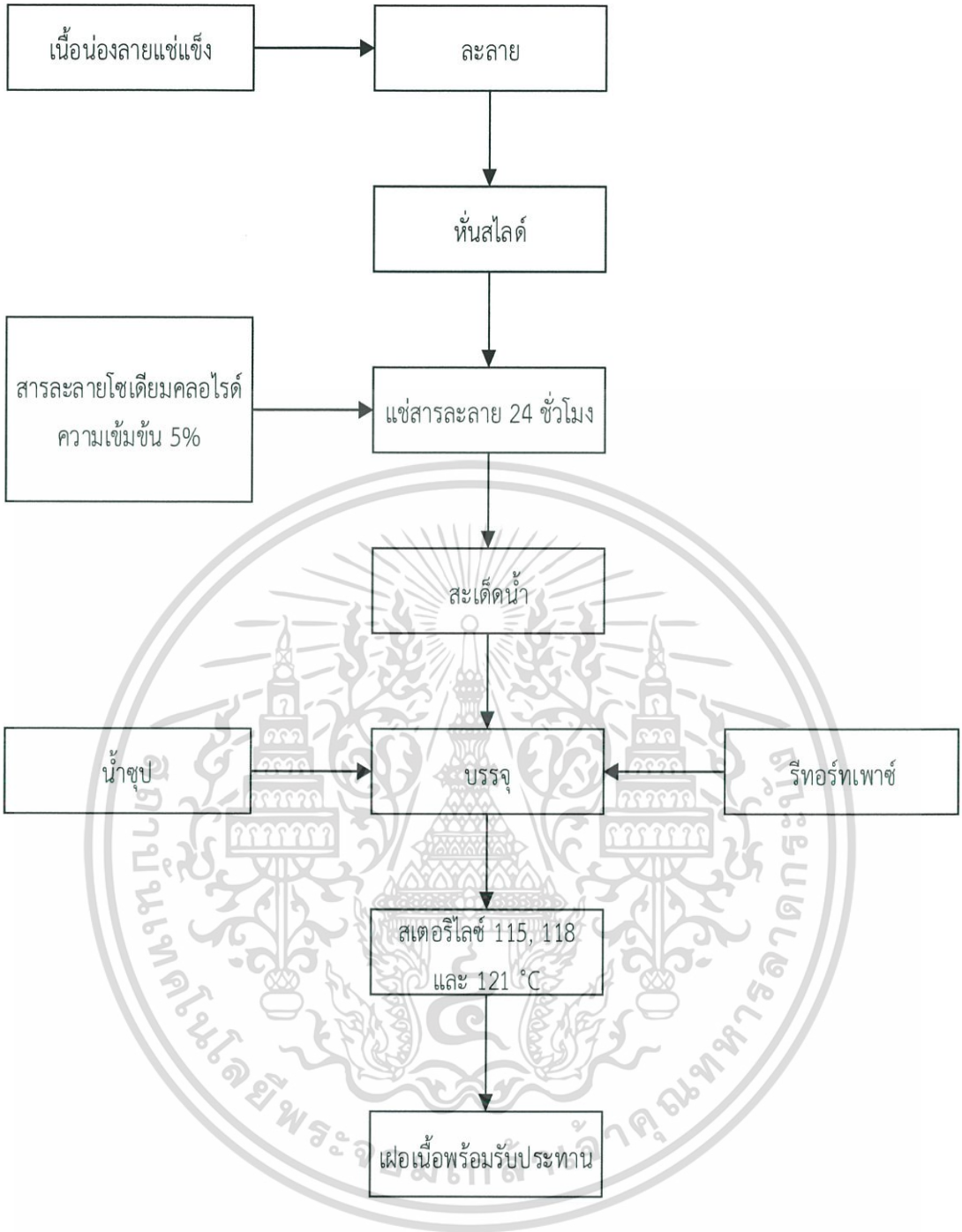
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.5** บรรจุและผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

## 3.5 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

นำเนื้อที่แช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 % เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บรรจุใส่รีทอร์ทเพาซ์ จำนวน 3 ชิ้นต่อถุง เติมน้ำซุปที่อุณหภูมิ 75 °C จำนวน 300 มิลลิลิตร น้ำหนักสุทธิ 350 กรัม ปิดผนึกถุงด้วยวิธีสุญญากาศ แล้วนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115, 118 และ 121 °C โดยมีค่า $F_0$ เท่ากับ 9 จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.6** กระบวนการผลิตเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.6 วิเคราะห์คุณภาพ

ผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อบรรจุรีทอร์ทเพาช์ ที่ได้จากการกำหนดความเข้มข้นของสารละลายเกลือและอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อของแต่ละผลิตภัณฑ์ สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

### 3.6.1 วิเคราะห์คุณภาพหลังแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์

#### 3.6.1.1 ค่าร้อยละน้ำหนักหลังแช่ (%Water adsorption)

นำตัวอย่างเนื้อมาทำการชั่งน้ำหนักเนื้อก่อนแช่และหลังแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลสองตำแหน่ง นำค่าน้ำหนักเนื้อที่บันทึกได้มาคำนวณหาค่าร้อยละน้ำหนักหลังแช่ จากสมการ

$$\% \text{ Water adsorption} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อหลังแช่สารละลาย}}{\text{น้ำหนักเนื้อก่อนแช่สารละลาย}} \times 100 \qquad (3.1)$$

#### 3.6.1.2 การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (%Cooking loss)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน บรรจุลงถุงร้อนนำไปต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำไปลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักหลังให้ความร้อน คำนวณผลที่ได้จากสมการ

$$\% \text{ Cooking loss} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังให้ความร้อน})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนให้ความร้อน}} \times 100 \qquad (3.2)$$

#### 3.6.1.3 การทดสอบแรงเฉือน (Shearing test)

สุ่มตัวอย่างชิ้นเนื้อ ตัวอย่างก่อนวัดมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ทำการทดสอบแรงเฉือนด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, รุ่นTA.XT2i, Stable Micro Systems, UK) ใช้หัววัด Warner-Bratzler blade set โดยวางตัวอย่างชิ้นเนื้อตามแนวตัดขวางของลายเนื้อบริเวณกึ่งกลางฐานรองที่มีช่องยาวเพื่อให้มีดเคลื่อนผ่าน ตัดตัวอย่างจนขาดแล้วถอดหัววัดขึ้น ได้ค่าแรงสูงสุดในการตัดเฉือน (นิวตัน) วัดทรีตเมนต์ ละ 3 ซ้ำ ใช้การทดสอบแบบเฉือน กำหนดตั้งค่าดังนี้

ความเร็วก่อนการทดสอบ : 2 มิลลิเมตร / วินาที
ความเร็วในการทดสอบ : 2 มิลลิเมตร / วินาที
ความเร็วหลังการทดสอบ : 10 มิลลิเมตร / วินาที

**รูปที่ 3.7** การทดสอบแรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 วิเคราะห์คุณภาพหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

#### 3.6.2.1 การวิเคราะห์ค่าสีของเนื้อและของน้ำซุป (Color Analysis Method)

เตรียมตัวอย่างชิ้นเนื้อและเตรียมน้ำซุปเฝอโดยกรองตัวอย่างน้ำซุปด้วยผ้าขาวบาง ใส่วงแหวนยางสีดำลงในแก้วควอตซ์สำหรับวัดสี และเทตัวอย่างลงในแก้วควอตซ์ ปิดทับด้วยดิสก์สีขาวและครอบด้วย opaque cover วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (รุ่น Color Flex, Hunter Lab, สหรัฐอเมริกา) วางบนแท่นวัดของเครื่องวัดค่าสี อ่านค่าสีโดยใช้ระบบ CIE Lab โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่า L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ทำการวัด 3 ซ้ำ การวิเคราะห์ผล

ค่า L* คือ ค่าความสว่าง (L* เท่ากับ 100 คือสีขาว และ L* เท่ากับ 0 คือสีดำ)
ค่า a* คือ ค่าสีแดง (เมื่อมีค่าเป็นบวก) และค่าสีเขียว (เมื่อมีค่าเป็นลบ)
ค่า b* คือ ค่าสีเหลือง (เมื่อมีค่าเป็นบวก) และค่าสีน้ำเงิน (เมื่อมีค่าเป็นลบ)

**รูปที่ 3.8** การวิเคราะห์ค่าสีตัวอย่างชิ้นเนื้อน่องลายและน้ำซุป

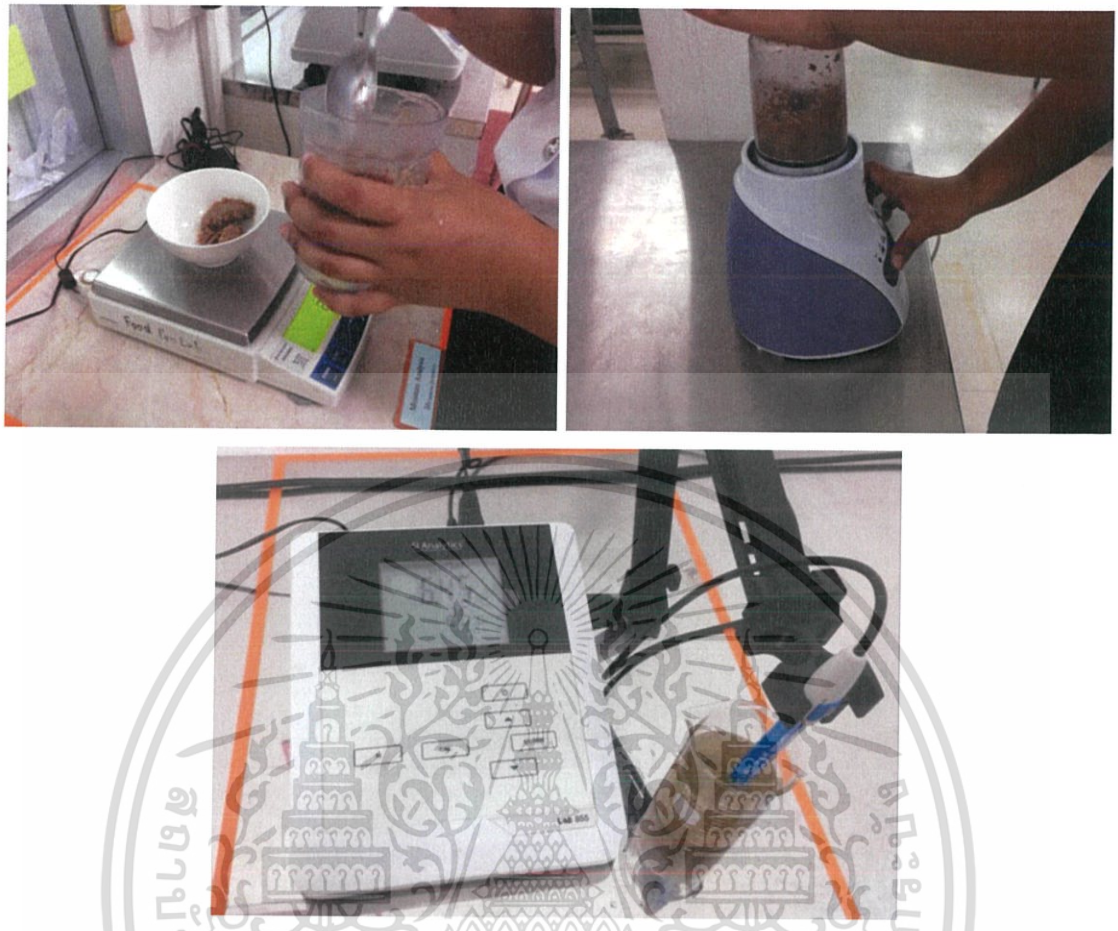
#### 3.6.2.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total Soluble Solids)

เตรียมตัวอย่างกรองน้ำซุปด้วยผ้าขาวบาง ทำการวัดด้วยเครื่อง Refractometer (HI 96800, HANNA, Romania) ปรับมาตรฐานเครื่องมือเป็น 0°Brix โดยหยดน้ำกลั่น และกด ZERO จนจอแสดงผลเป็น 0°Brix เช็ดทำความสะอาดด้วยกระดาษทิชชู แล้วหยดน้ำซุปวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของตัวอย่าง วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ หาค่าเฉลี่ยเป็นค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (°Brix)

#### 3.6.2.3 ความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำซุปและเนื้อ

เตรียมตัวอย่างเนื้อโดยปั่นเนื้อให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันเติมน้ำกลั่นลงไปผสมในอัตราส่วน 1:5 (w/w) ห่อด้วยผ้าขาวบางบิดเอาน้ำออกจากเนื้อ ใส่ในบีกเกอร์ ส่วนเตรียมตัวอย่างน้ำซุปด้วยการกรองด้วยผ้าขาวบาง นำตัวอย่างที่เตรียมไปตรวจวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดพีเอช (รุ่น Lab855, SI Analytics, เยอรมนี) จุ่มอิเล็กโทรดลงในตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องอ่านค่าและบันทึกผล ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยแต่ละครั้งที่วัดค่าตัวอย่างใหม่ต้องล้างโพรบวัดด้วยน้ำกลั่นและซับเบาๆ ให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.9** การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำซุปและเนื้อ

**3.6.2.4 การทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture analyzer)**

เตรียมตัวอย่างชิ้นเนื้อที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง มาซับด้วยกระดาษทิชชู่ให้แห้งก่อนวัด วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer รุ่นTA.XT2i, Stable Micro Systems, UK) โดยวางตัวอย่างบนฐานขนานไปแนวระนาบ ทำการทดสอบโดยใช้โหลดเซลล์ขนาด 25 กิโลนิวตัน ใช้หัวทดสอบแบบหัววัดทรงกระบอก P/100 กด 2 ครั้ง กดครั้งแรกด้วยระยะแรงกด 80% Strain เมื่อยกแผ่นกดพ้นตัวอย่าง รอเป็นเวลา 5 วินาที เพื่อให้ตัวอย่างคลายความเครียด จากนั้นกดครั้งที่ 2 ด้วยระยะแรงกด 80% Strainวิเคราะห์ค่า Hardness (ความแข็ง), Cohesiveness (การเกาะตัวกันเอง), Springiness (ความยืดหยุ่น) และChewiness (ความเคี้ยวได้) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ความเร็วก่อนการทดสอบ 1.0 มิลลิเมตร/วินาที
ความเร็วในการทดสอบ 0.2 มิลลิเมตร/วินาที
ความเร็วหลังการทดสอบ 10.0 มิลลิเมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 การทดสอบเนื้อสัมผัส

**3.6.2.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส (Sensory test)**

ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเฝอเนื้อด้วยวิธี 9-Point Hedonic scale โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ชิมตัวอย่างและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แล้วให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 1 ไม่ชอบมากที่สุด | 2 ไม่ชอบมาก | 3 ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 เฉย ๆ | 6 ชอบเล็กน้อย |
| 7 ชอบปานกลาง | 8 ชอบมาก | 9 ชอบมากที่สุด |

**3.6.2.6 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา**

ทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ตามมาตรฐาน Bacteriological Analytical Manual (BAM) ได้แก่ วิเคราะห์ Coliform, วิเคราะห์ Flat sour ชนิด Thermophilic และชนิด Mesophilic, วิเคราะห์ Thermophilic anaerobe และวิเคราะห์ Putrefactive anaerobe

**3.6.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ**

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนโดย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan new's multiple range test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาผลของการแช่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของเนื้อ

หลังจากแช่เนื้อในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0%, 2.5% และ 5% ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำเนื้อมาชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ค่าร้อยละน้ำหนักหลังแช่ (%Water adsorption) นำเนื้อบรรจุลงถุงร้อนนำไปต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำไปลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำเนื้อมาชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังทำให้สุก (%Cooking loss) และวิเคราะห์แรงเฉือน (Shear force) ดังแสดงผลในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อหลังแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์

| วิเคราะห์ | ความเข้มข้นสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (%) | | |
|---|---|---|---|
| | 0.00 | 2.50 | 5.00 |
| ร้อยละน้ำหนักหลังแช่ (%Water adsorption) | 12.24±0.22$^{b}$ | 10.81±0.26$^{b}$ | 14.04±1.09$^{a}$ |
| ร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังทำให้สุก (%Cooking loss) | 29.30±1.60$^{a}$ | 26.31±0.64$^{b}$ | 23.75±0.22$^{c}$ |
| แรงในการตัดเฉือน (Shear force) (N) | 17.5441±0.33$^{c}$ | 11.9142±0.32$^{b}$ | 9.0441±0.86$^{a}$ |

$^{a,b,c}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 4.1 ผลการแช่เนื้อในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่าร้อยละน้ำหนักหลังแช่ที่ความเข้มข้นของสารละลายเกลือ 0% และ 2.5% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนที่ความเข้มข้น 5% มีค่าร้อยละน้ำหนักหลังแช่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังทำให้สุกและค่าแรงในการตัดเฉือนที่ความเข้มข้นสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ทั้ง 3 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ เนื้อหลังแช่จะมีค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังทำให้สุกและค่าแรงในการตัดเฉือนลดลง ซึ่งเนื้อที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5% มีค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังทำให้สุกและค่าแรงในการตัดเฉือนน้อยสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

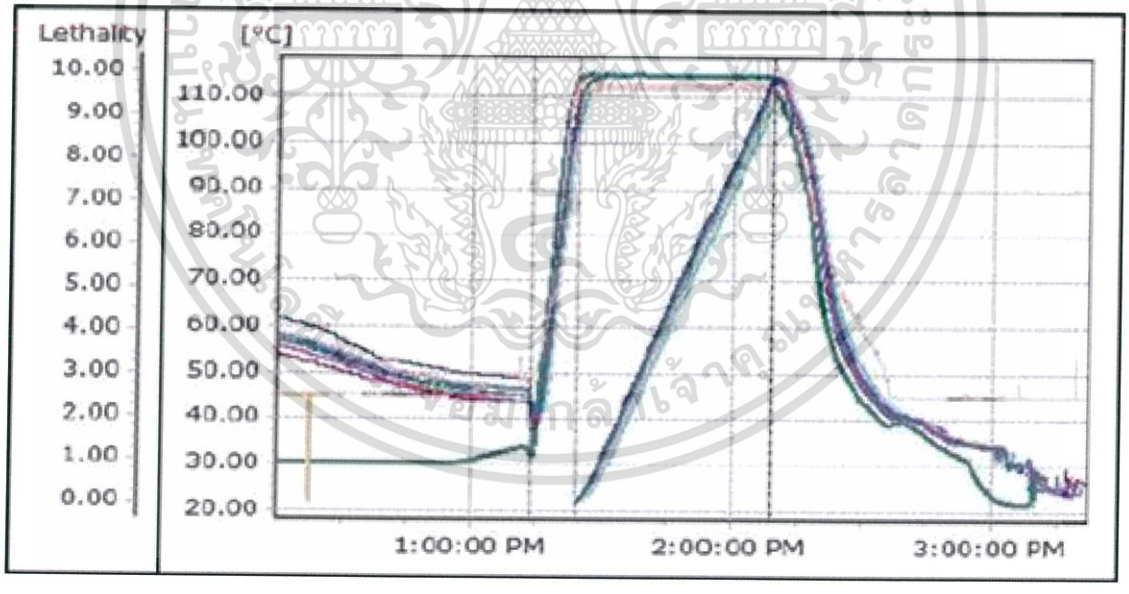
## 4.2 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของเฝอเนื้อบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ (heat penetration test)

การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อพร้อมรับประทานบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ที่อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อ 115, 118 และ 121 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์มีค่า $F_0$ เท่ากับ 9 ดังแสดงในตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อของเฝอเนื้อพร้อมรับประทาน มีค่า $F_0$ เท่ากับ 9

| **ชนิด/ขนาดบรรจุภัณฑ์ กว้าง x ยาว x หนาก้นถุง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)** | **อุณหภูมิที่ใช้ (องศาเซลเซียส)** | **เวลาที่ใช้ (นาที)** |
|---|---|---|
| Alu Pouch 15 x 23 x 6 | 115 | 45 |
| | 118 | 27 |
| | 121 | 18 |

จากตารางที่ 4.2 ผลการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อจนผลิตภัณฑ์มีค่า $F_0$ เท่ากับ 9 พบว่าที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 115 °C ใช้เวลาฆ่าเชื้อ (process time) นานสุดที่ 45 นาที ส่วนที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 118 และ 121 °C จะใช้เวลาฆ่าเชื้อ 27 และ 18 นาที ตามลำดับ




**รูปที่ 4.1** Heat penetration profile ของเฝอเนื้อในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่อุณหภูมิ 115°C มีค่า $F_0 \geq 9$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ผลการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

**ตารางที่ 4.3** ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) และ pH ของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อหลังผ่านการฆ่าเชื้อ

| ตัวอย่าง | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) | pH |
|---|---|---|---|
| น้ำซุป | น้ำซุปที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ | 4.07 ±0.05[a] | 6.29 ±0.02[a] |
| | 115 | 4.07 ±0.05[a] | 6.31 ±0.02[a] |
| | 118 | 3.97 ±0.05[a] | 6.34 ±0.02[b] |
| | 121 | 4.07 ±0.05[a] | 6.44 ±0.02[c] |
| เนื้อ | 115 | - | 6.38 ±0.01[a] |
| | 118 | - | 6.48 ±0.01[b] |
| | 121 | - | 6.50 ±0.01[b] |

[a,b,c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 4.3 ผลการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) ของน้ำซุปเฝอ พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ของน้ำซุปที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 3 อุณหภูมิและน้ำซุปที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

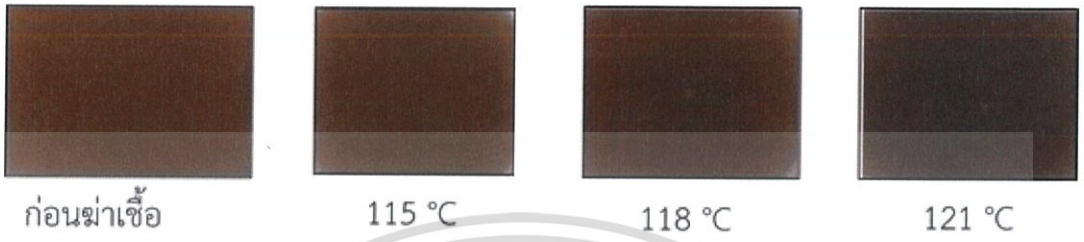
ผลการวัดค่า pH ของน้ำซุปเฝอ พบว่าค่า pH ของน้ำซุปที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C และน้ำซุปที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่น้ำซุปที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 °C และ 121 °C มีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลการวัดค่า pH ของเนื้อ พบว่าเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C มีค่า pH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 °C และ 121 °C ค่า pH ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางที่ 4.4** ค่าสีของผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ

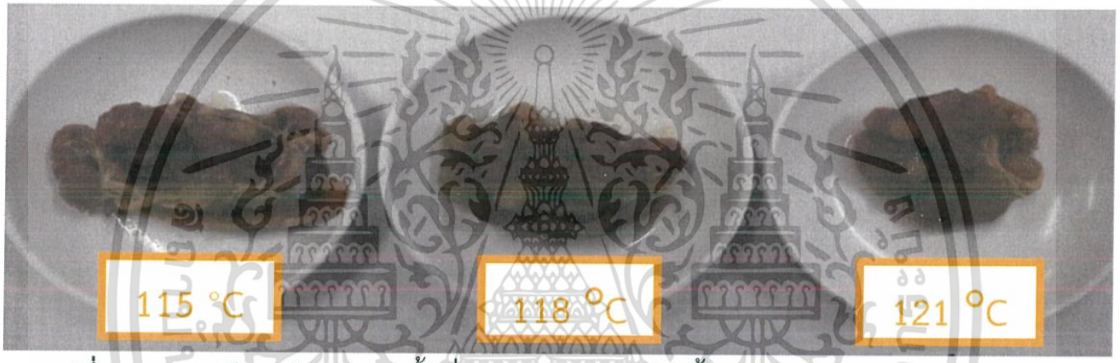
| ตัวอย่าง | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ระบบ CIE L* | ระบบ CIE a* | ระบบ CIE b* |
|---|---|---|---|---|
| น้ำซุป | น้ำซุปที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ | 41.04 ±0.01[a] | 3.41 ±0.09[a] | 20.67 ±0.21[a] |
| | 115 | 41.04 ±0.11[a] | 3.42 ±0.13[a] | 19.91 ±0.79[a] |
| | 118 | 45.35 ±0.04[c] | 2.60 ±0.04[b] | 25.59 ±0.05[c] |
| | 121 | 42.38 ±0.13[b] | 2.65 ±0.07[b] | 23.30 ±0.29[b] |
| เนื้อ | 115 | 39.63 ±0.05[a] | 4.52 ±0.07[a] | 14.15 ±0.13[a] |
| | 118 | 40.84 ±0.20[c] | 4.33 ±0.13[b] | 13.81 ±0.09[b] |
| | 121 | 38.78 ±0.10[b] | 3.82 ±0.09[c] | 12.38 ±0.15[c] |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 ผลการวัดสีในระบบ CIE ของน้ำซุป พบว่าค่า L* (ค่าความสว่าง), a*(ค่าสีแดง) และ b*(ค่าสีเหลือง) ของน้ำซุปที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C กับน้ำซุปที่ไม่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนน้ำซุปที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 °C และ 121 °C มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวัดสีในระบบ CIE ของเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 3 อุณหภูมิ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ




**รูปที่ 4.2** การเปรียบเทียบสีของน้ำซุปเฝอก่อนฆ่าเชื้อและน้ำซุปเฝอที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ




**รูปที่ 4.3** การเปรียบเทียบสีของเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้ออุณหภูมิ 115 118 และ 121 °C

**ตารางที่ 4.5** ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสแบบการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA)

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | Hardness (N) | Cohesiveness | Springiness | Chewiness (N) |
|---|---|---|---|---|
| 115 | 24.78 ±1.68$^{c}$ | 0.59 ±0.10$^{a}$ | 0.49 ±0.12$^{a}$ | 7.28 ±2.44$^{b}$ |
| 118 | 15.99 ±2.47$^{b}$ | 0.55 ±0.02$^{a}$ | 0.36 ±0.19$^{a}$ | 3.29 ±2.10$^{a}$ |
| 121 | 1.96 ±1.61$^{a}$ | 0.63 ±0.06$^{a}$ | 0.38 ±0.26$^{a}$ | 0.50 ±0.41$^{a}$ |

$^{a,b,c}$ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสแบบการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) พบว่ากระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงขึ้นเนื้อจะมีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่าการเกาะติด (Cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อทั้ง 3 อุณหภูมิ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.6** ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อพร้อมรับประทาน

| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | ค่าคุณภาพ (คะแนน) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Color | Flavor | Texture | Taste | Overall |
| 115 | 7.60±0.50[a] | 7.20±0.60[a] | 7.90±0.54[a] | 7.40±0.50[a] | 7.40±0.50[a] |
| 118 | 5.80±0.75[b] | 5.90±0.54[b] | 6.40±0.49[b] | 6.30±0.46[b] | 6.50±0.50[b] |
| 121 | 4.40±0.80[c] | 4.60±0.80[c] | 5.00±0.78[c] | 5.20±0.87[c] | 5.00±0.78[c] |

[a,b,c] ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อพร้อมรับประทานที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 3 ระดับ พบว่าผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C มีคะแนนคุณภาพด้านสีเท่ากับ 7.60 คะแนนคุณภาพด้านกลิ่นเท่ากับ 7.20 คะแนนคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 7.90 คะแนนคุณภาพด้านรสชาติเท่ากับ 7.40 และคะแนนคุณภาพความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 7.40 ซึ่งมีค่าคะแนนคุณภาพทุกด้านมากกว่าผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 118 °C และ 121 °C อย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางที่ 4.7** ผลการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ของเฝอเนื้อพร้อมรับประทาน

| อุณหภูมิบ่ม (องศาเซลเซียส) | การตรวจวิเคราะห์ | ผลที่ปรากฏ | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $10^{-1}$ | $10^{-2}$ | $10^{-3}$ |
| 35 | Coliform | - | - | - |
| | Flat sour | - | - | - |
| | Thermophilic anaerobe | - | - | - |
| | Putrefactive anaerobe | - | - | - |
| 55 | Coliform | - | - | - |
| | Flat sour | - | - | - |
| | Thermophilic anaerobe | - | - | - |
| | Putrefactive anaerobe | - | - | - |

หมายเหตุ: - ไม่พบ ,+ พบ

จากตารางที่ 4.7 การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ของเฝอเนื้อพร้อมรับประทานที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มีค่า $F_0$ เท่ากับ 9 โดยใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์ Bacteriological analytical manual (BAM) ผลการตรวจวิเคราะห์ไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุปผลการทดลอง

1. การแช่เนื้อในสารสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ทำให้เนื้อมีน้ำหนักหลังแช่เพิ่มขึ้น มีค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังให้ความร้อนและค่าแรงในการตัดเฉือนลดลง ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้น โดยเนื้อที่แช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5% มีค่าร้อยละน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหลังแช่มากสุด มีค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียหลังให้ความร้อนและค่าแรงในการตัดเฉือนน้อยสุด
2. เมื่อนำเนื้อที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 5% มาผลิตเฝอเนื้อบรรจุรีทอร์ทเพาช์พบว่าน้ำซุปเฝอที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C มีคุณภาพด้านสีและค่า pH ใกล้เคียงกับน้ำซุปที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ส่วนชิ้นเนื้อเมื่อนำไปทดสอบเนื้อสัมผัสพบว่าที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อเพิ่มสูงขึ้นเนื้อจะมีค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความเคี้ยวได้ (Chewiness) ลดลง ในด้านการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °C มีคะแนนจากผู้ทดสอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


กระทรวงสาธารณะสุข. 2556. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข(ฉบับที่ ๓๔๙) พ.ศ. ๒๕๕๖ เรื่อง วิธีการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กระทรวงสาธารณะสุข.

กรรวี พิสันเทียะ. 2559. "การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาช์." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. **ชิ้นส่วนตัดแต่งและการใช้ประโยชน์.** [Online]. Available :http://extension.dld.go.th/ th1/ index.php?option=com_content&view=article&id=209:2012-03-12-07-15-03&cati d=49:2012-03-05-10-24-38&Itemid=40.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2546. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลการอาหาร Food Science and Technology**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และคณะ. 2557. ผลของสายพันธ์ไก่และระดับการสเตอริไลส์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภคในรีทอร์ทเพาช์. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

พฤกษา สวาทสุข. 2559. "ผลของเวลาให้ความร้อนต่อลักษณะทางกายภาพของปลาทูต้มเค็มในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์." **แก่นเกษตร**. 44(2) : 257-264. เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต.

วิไล รังสาดทอง. 2557. **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2551. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์มิ่งเมือง.

Anjaneyulu, A.S.R., Sharma, N. and Kondaiah, N. 1990. "Specific Effect of Phosphate on the Functional Properties and Yield of Buffalo Meat Patties." **Food Chemistry**. 36: 149-154.

Adams, M.R. and Moss M.O. 2008. **Food Microbiology**. 3rd ed. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.

Al-Baali, A.G. and Farid, M.M. 2006. **Sterilization of food in retort pouches**. New York :Springer Science+Business Media.

ALLEN, C.D., FLETCHER, D.L., NORTHCUTT, J.K. and RUSSELL, S.M. 1998. "The Relationship of Broiler Breast Color to Meat Quality and Shelf-Life." **Poulty Science**. 77: 361-366.

DAWSON, P.L. SHELDON, B. W. and MILES, J. J. 1991. "Effect of Aseptic Processing on


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the Texture of Chicken Meat." **Poulty Science**. 70 : 2359-2367.

Holdsworth, D. and Simpson, R. 2008. **Thermal Processing of Packaged Foods**. 2nd ed. New York : Springer Science+Business Media.

JANKY, D.M., ARAFA, A.S., OBLINGER, J.L. and KOBURGER, J.A. 1977. "Sensory, Physical, and Microbiological Comparison of Brine-Chilled, Water-chilled, and Hot packaged(No Chill) Broilers." **Poulty Science**. 57 : 417 – 421.

JANKY, D.M., KOBURGER, J.A., OBLINGER, J.L. and RILEY, P.K. 1975. "Effect of Salt Brining and Cooking Procedure on Tenderness and Microbiology of Smoked Cornish Game Hens." **Poulty Science**. 55: 761 – 764.

Karel, M. and Lund, D.B. 2003. **Physical Principles of Food Preservation**. 2nd ed. New York : Marcel Dekker.

LYON, B.G. 1982. "Effects of Salt and Phosphate Treatments on Deboned Meat from Light and Heavy Fowl." **Poulty Science**. 62: 321 - 330.

Majumdar, R.K., Dhar, B., Roy, D. and Saha, A. 2015. "Optimization of process conditions for Rohu fish in curry medium in retortable pouches using instrumental and sensory characteristics." **Journal of Food Science and Technology.**

OBLINGER, J.L., JANKY, D.M., and KOBURGER, J.A. 1975. "The Effect of Water Soaking, Brining and Cooking Procedure on Tenderness of Broilers." **POULTRY SCIENCE**. 55: 1494 -1497.

Shah, M.A., Bosco, S.J.D., Mir, S.A. and Sunooj, K.V. 2017. "Evaluation of shelf life of retort pouch packaged Rogan josh, a traditional meat curry of Kashmir, India." **Food Packaging and Shelf Life**. 12: 76-82.

Saowakon Wattanachant, Thanyaporn Sornprasitt, and Yoottana Polpara. 2008. "Quality characteristics of raw and canned goat meat in water, brine, oil and Thai curry during storage." **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. 30(1): 41- 50.

Thawatchai Prommana. 2016 "**เฝอ(Phở) : อาหารอภิวัฒน์**." [Online]. Available: https://vietnamesestudies.wordpress.com/2016/11/18/.

VOLLER-REASONOVER, L., HAN, I.Y., ACTON, J.C., TITUS, T.C., BRIDGES, W.C. and DAWSON, P.L. 1997. "High Temperature Processing Effects on the Properties of Fowl Meat Gels." **Poulty Science**. 76: 774 – 779.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รูปอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ข แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

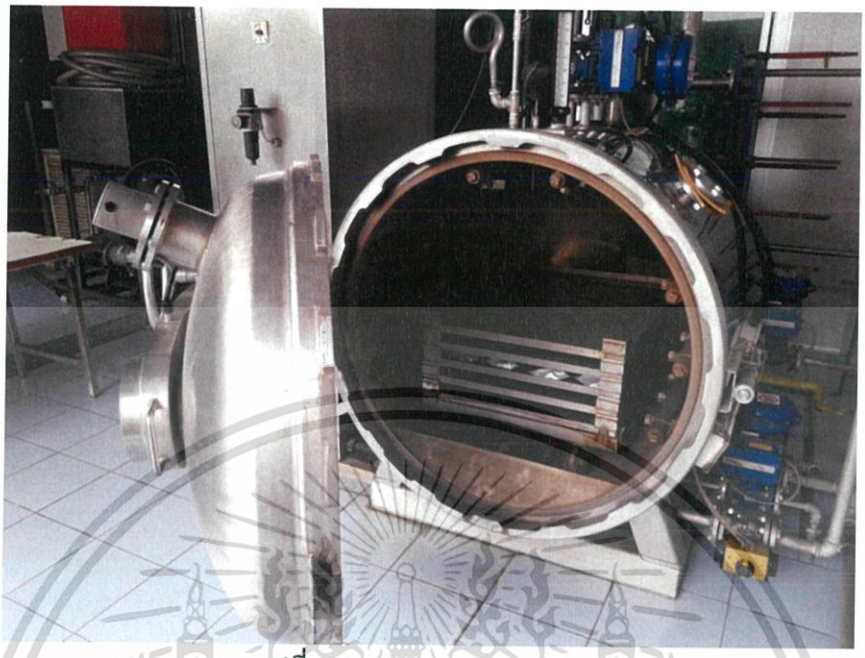
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

# รูปอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รูปอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์



**รูปที่ ก.1** Water spray retort

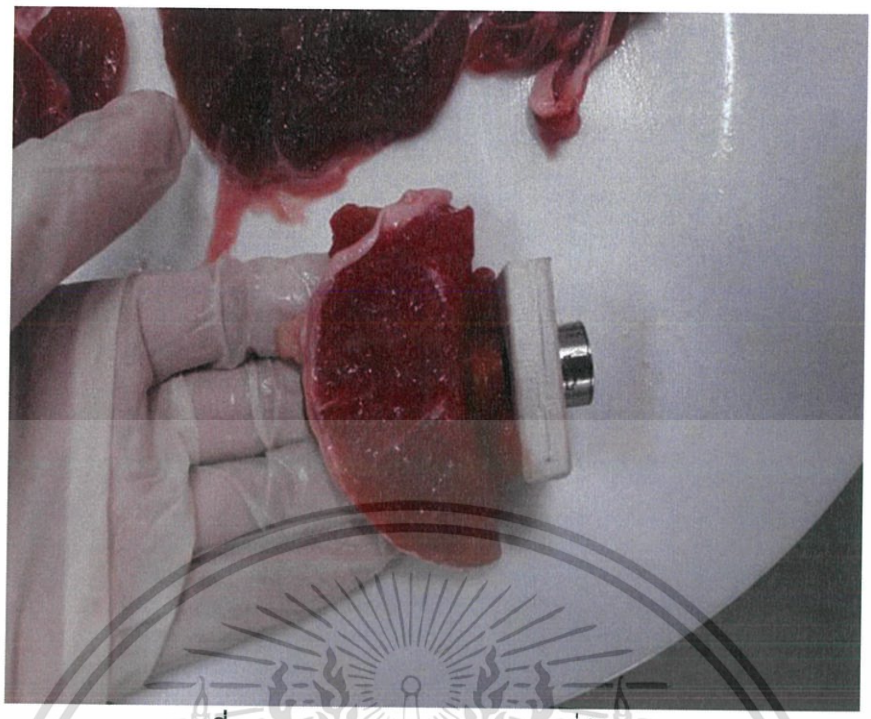
**รูปที่ ก.2** เครื่องผนึกสุญญากาศ รุ่น DZD-500/2SD ยี่ห้อ Tengtong

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.3** เครื่องสไลด์ รุ่น 350S ยี่ห้อ Savioli

**รูปที่ ก.4** เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดิจิตอล รุ่น AD-5764A-150 ยี่ห้อ AND

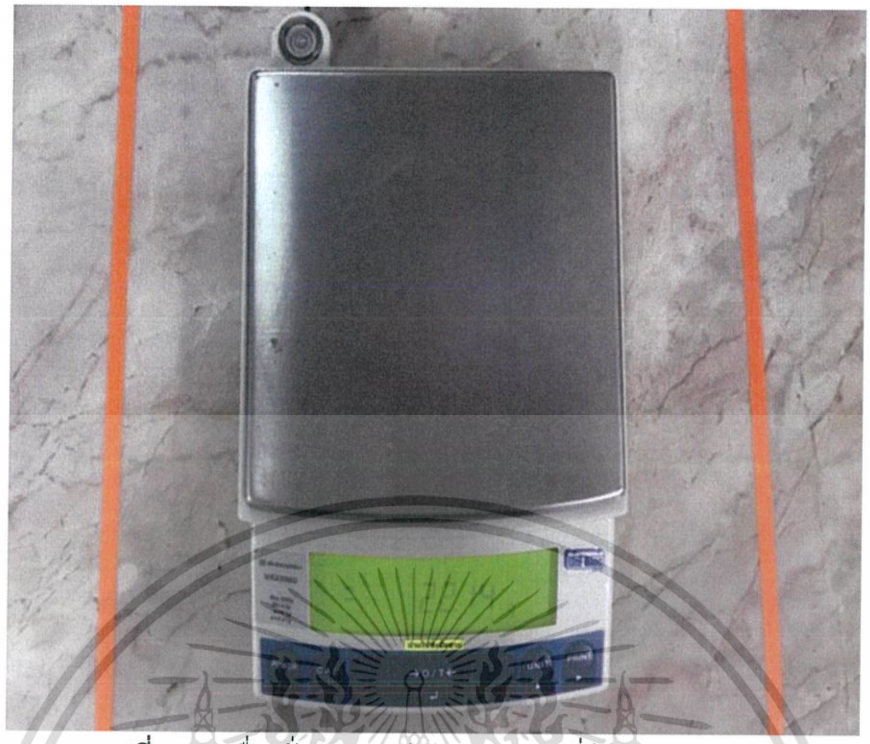
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



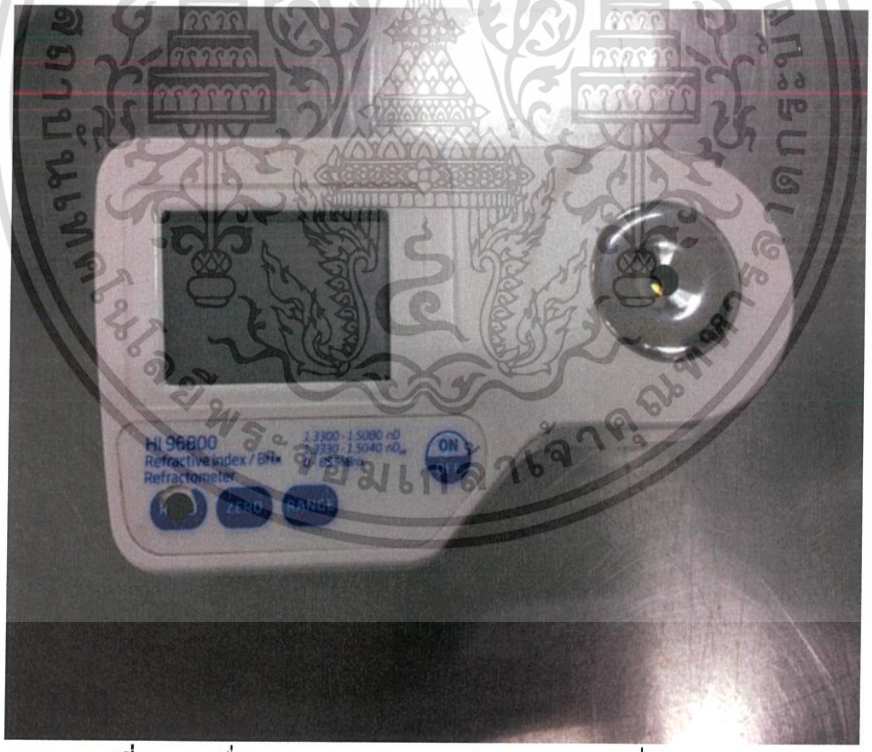
**รูปที่ ก.5** Wireless Data Logger ยี่ห้อ Ellab

**รูปที่ ก.6** เทอร์โมมิเตอร์ รุ่น TTX 110 ยี่ห้อ Ebro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

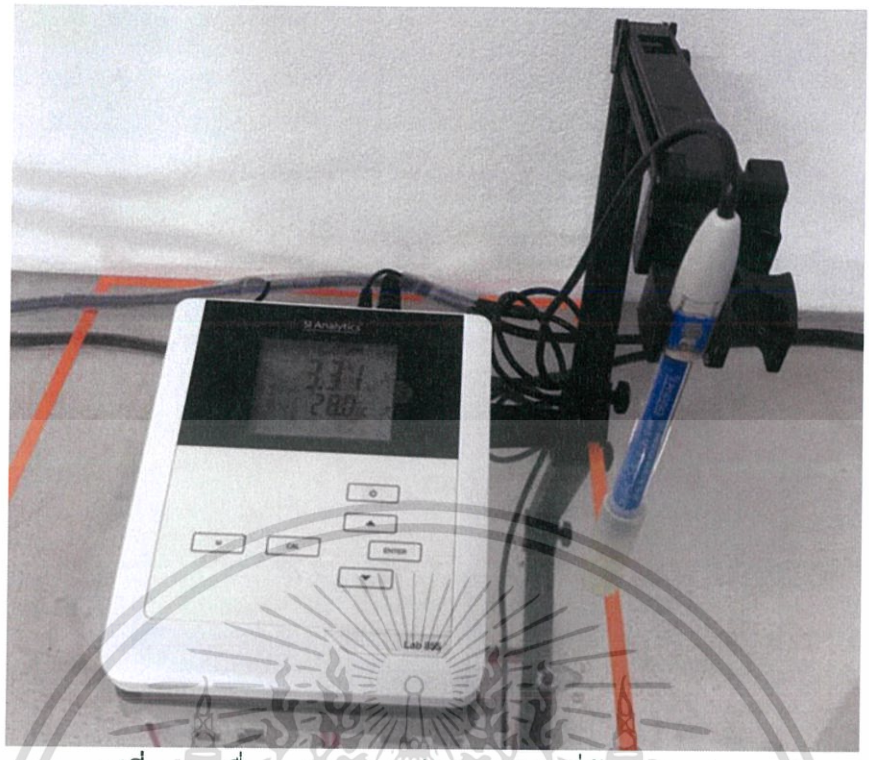


**รูปที่ ก.7** เครื่องชั่งดิจิตอล รุ่น UX3200G ยี่ห้อ SHIMADZU




**รูปที่ ก.8** เครื่อง Refractometer รุ่น HI 96800 ยี่ห้อ HANNA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

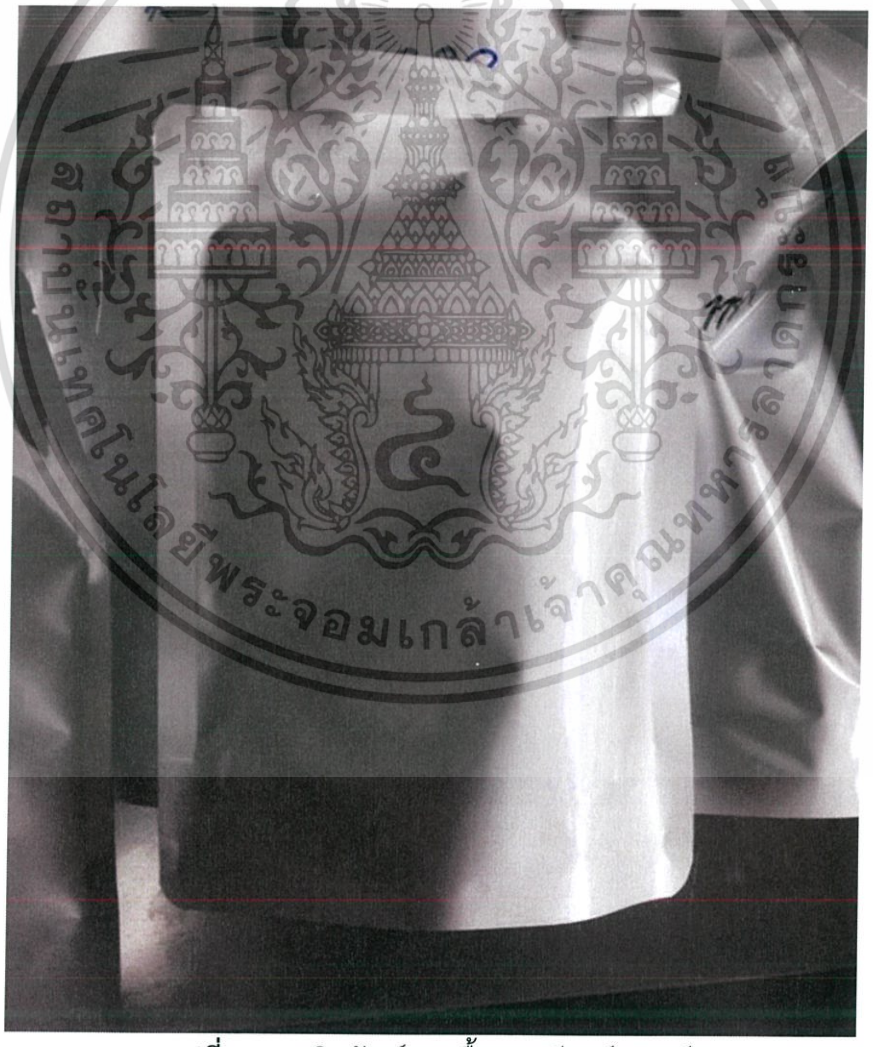



**รูปที่ ก.9** เครื่อง pH meter รุ่น Lab 855 ยี่ห้อ SI Analytics

**รูปที่ ก.10** เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture analyzer รุ่น TA.XT2i ยี่ห้อ Stable Micro Systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ ก.11** เครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Flex ยี่ห้อ Color Global



**รูปที่ ก.12** ผลิตภัณฑ์เฝอเนื้อบรรจุรีทอร์ทเพาช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

# แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# แบบประเมินทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

รหัสตัวอย่างผลิตภัณฑ์ _ _

ผู้ชิมลำดับที่ _ _ วันที่ทดสอบ _ /_ /_

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เฝอเนื้อบรรจุรีทอร์ทเพาช์ (115 , 118 ,121 )

ชื่อ.....อายุ.....เพศ.....

คำแนะนำ : 1. กรุณาทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

2. กรุณาดื่มน้ำระหว่างทดลองตัวอย่างทุกครั้ง

| คุณลักษณะ | ระดับความพอใจ | | |
|---|---|---|---|
| | 115 | 118 | 121 |
| สี | | | |
| กลิ่น | | | |
| เนื้อสัมผัส | | | |
| รสชาติ | | | |
| ความชอบโดยรวม | | | |

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้