



การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตพร้อมบริโภคน
ในรีทอร์ทเพาซ์

โดย

นางสาวกรรวิ พิสันเทียะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตพร้อมบริโภคน
ในรีอร์ทเพาซ์

โดย

นางสาวกรรวิ พิสันเทียะ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PROCESS DEVELOPMENT OF READY-TO-EAT REDUCED
PHOSPHATE KAI YOR (CHICKEN SAUSAGE)
IN RETORT POUCH

BY

MISS KORNRAWEE PHISANTIA



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวกรรวิ พิสันเทียะ

เรื่อง

การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตพร้อมบริโภคนรีทอร์ทแพซ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยีการอาหาร)

เมื่อ วันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภา สีละวัฒน์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ดร.รชา เทพรaksa)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา ระตะนะอาพร)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตพร้อมบริโภคนิรทอร์ทเพาซ์
ชื่อผู้เขียน	นางสาวกรรวิ พิสนเทียะ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตพร้อมบริโภคนิรทอร์ทเพาซ์ ในขั้นแรกศึกษาการลดปริมาณฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไก่ยอดที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ โดยใช้สารทดแทนฟอสเฟต 2 ชนิด คือ SPI และ PPI ปริมาณชนิดละ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดพร้อมบริโภคนิรทอร์ทเพาซ์ สามารถลดปริมาณฟอสเฟตลงจากเดิมร้อยละ 0.2 เหลือ 0.1 โดยน้ำหนักรวม โดยจะใช้ SPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม เป็นสารทดแทนฟอสเฟต ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันสูง มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่ำ มีเนื้อสัมผัส สี ความชุ่มน้ำ และกลิ่นรสที่ผู้บริโภคมองรับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ในระดับชอบเล็กน้อย หลังจากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยแปรอุณหภูมิและเวลาของการให้ความร้อนเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที, 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตในนิรทอร์ทเพาซ์ คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดที่ผ่านการให้ความร้อนรูปแบบนี้มีค่า F_0 เท่ากับ 6.36 นาที มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย มีค่าค่าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ หลังจากนั้นทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในนิรทอร์ทเพาซ์ 2 ชนิด คือ นิรทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมพอยล์เป็นส่วนประกอบ และนิรทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นอะลูมิเนียมพอยล์เป็น

ส่วนประกอบ โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ประเมินคุณภาพจากการสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี ค่าเค้ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส ค่าพีเอช ค่า TBARS และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกๆ 1 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ค่าสีเป็นค่าคุณภาพที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดได้ชัดเจนที่สุด โดยเมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิด จากการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ตามหลักจลนพลศาสตร์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้นาน 12.56 และ 12.39 สัปดาห์ ตามลำดับ รวมถึงการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่ต่ำกว่า 12 สัปดาห์ โดยตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่แสดงกลิ่นเหม็นหืน และมีการเปลี่ยนแปลงค่าเค้ค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสเล็กน้อย รวมถึงยังคงได้รับคะแนนความชอบในด้านต่างๆ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: ไส้กรอกอิมัลชัน, โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง, โปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา, สเตอริไลเซชัน, การเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

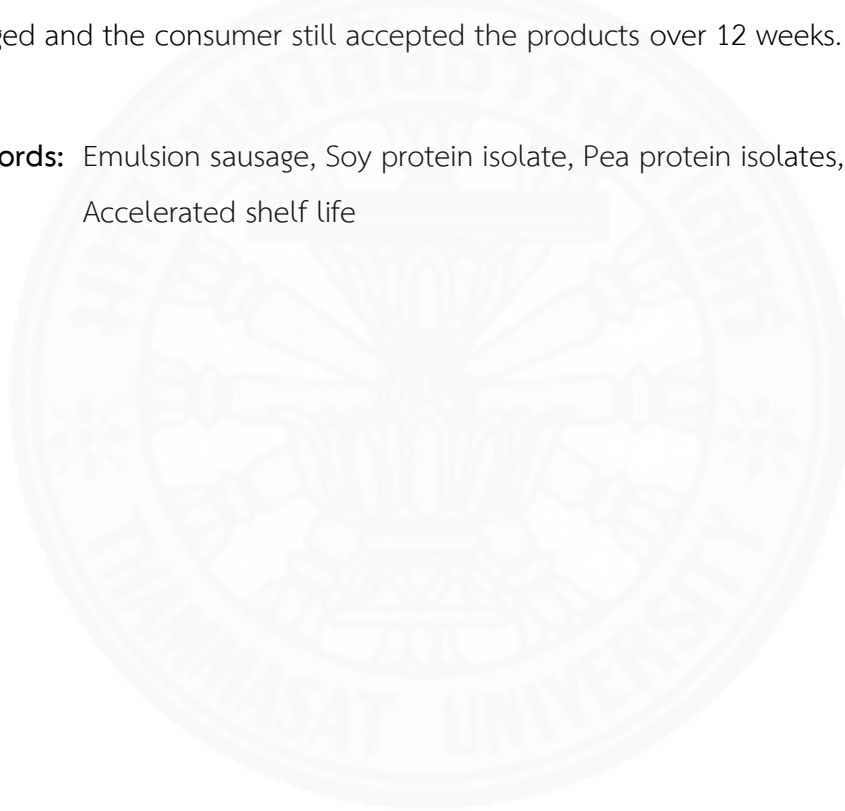
Thesis Title	PROCESS DEVELOPMENT OF READY-TO-EAT REDUCED PHOSPHATE KAI YOR (CHICKEN SAUSAGE) IN RETORT POUCH
Author	Miss Kornrawee Phisantia
Degree	Master of Science (Food Science and Technology)
Major Field/Faculty/University	Food Science and Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Prapasri Thepugsa, Ph.D.
Academic Years	2016

ABSTRACT

The purpose of this research to develop the ready-to-eat Kai Yor was to use SPI and PPI as phosphate replacer in sterilized Kai Yor. The reduced phosphate samples were conducted by reducing phosphate to 0.1% (w/w) and varying phosphate replacer content at 4 levels (0, 2, 4 and 6% w/w). The control sample contained 0.2% (w/w) of phosphate. The results showed that the incorporation of SPI and PPI resulted in the increase in emulsion stability, while sterilization weight loss decreased as compared to control sample ($p < 0.05$). Also, redness and yellowness of SPI added sample were higher than PPI added sample. However, there were no significant difference ($p \geq 0.05$) in pH lightness (L^*) and textural property between Kai Yor added phosphate replacer and control sample. The highest overall acceptance score was found in Kai Yor formulated with 4% (w/w) of SPI. Next, thermal sterilization was studied by using different process temperatures and times. The F_0 values of ready-to-eat reduced phosphate Kai Yor were calculated. The results showed that heating at 124 °C for 3 minutes give an F_0 values at 6.36 minutes. The products had texture quality and overall approval ratings same pasteurized products. Next, the shelf life of the products packed in opaque and transparent retort pouches were studied with accelerated shelf life testing (ALST) at 35, 45 and 55 °C for 4 weeks. The

results show that the color quality was the most significantly deterioration of both products. So, when used the total color difference (ΔE) to calculated the shelf-life of both products by the kinetic models showed that the products packed in opaque and transparent retort pouches can be stored at 30° C for 12.56 and 12.39 weeks respectively. In addition, the shelf life of the products packed in opaque and transparent retort pouches were studied at the room temperature over 12 weeks. The results show that amount of microbial colonies did not exceed the standard (Ministry of Public Health, 2013) and did not have rancid smell. Also, the texture slightly changed and the consumer still accepted the products over 12 weeks.

Keywords: Emulsion sausage, Soy protein isolate, Pea protein isolates, Sterilization, Accelerated shelf life



กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการอบรมและสั่งสอนจากคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ประภาศรี เทพรักษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำแนะนำ กำลังใจ และความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงปรับปรุงเนื้อหา และตรวจทานแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีถูกต้องความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภา ลีละวัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.รชา เทพชร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา ระตะนะอาพร ที่ให้ความกรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงที่กรุณาตรวจ แก้ไข และให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เปี่ยมสุข สุวรรณภูฏ ที่คอยให้ข้อมูล คำปรึกษา และความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณบริษัท Emsland Asia Food Innovation Corp. Co., Ltd ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์โปรตีนสกัดจากถั่วลิสงเตาสำหรับทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคุณเศรษฐกร นุชนิยม ที่ให้คำแนะนำ และคอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาการใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำงาน

ขอขอบพระคุณคุณชญานุช ชอบธรรม ที่ช่วยตรวจรูปเล่มการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณนางสาวชิตชนก ศุขศรีไพศาล ที่คอยให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และคอยให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณพี่และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท และปริญญาเอก ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังตลอดการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จ

นางสาวกรรวิ พิสันเทียะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(9)
สารบัญรูป	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไก่ยอ	4
2.2 โปรตีนที่สำคัญของกล้ามเนื้อสัตว์ปีก	4
2.3 การเกิดอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด	7
2.4 ฟอสเฟต	10
2.5 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา	12
2.6 กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร	14
2.7 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร	15
2.8 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์	17
2.9 ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.10 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการทดสอบในสภาวะเร่ง	20
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	23
3.1 วัตถุประสงค์	23
3.2 สารเคมี	23
3.3 วัสดุอุปกรณ์	24
3.4 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ	26
3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย	27
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	41
4.1 ผลของการศึกษาสารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอ ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	41
4.2 ผลของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อน ระดับสเตอร์ไลซ์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	60
4.3 ผลของการศึกษาชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพขณะเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์โดยการเก็บรักษา ในสภาวะเร่ง	70
4.4 ผลของการศึกษาชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพขณะเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์โดยการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง	95
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	106
5.1 บทสรุป	106

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	107
รายการอ้างอิง	108
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพ	115
ภาคผนวก ข แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภค	117
ภาคผนวก ค คุณลักษณะของสารทดแทนฟอสเฟต	120
ภาคผนวก ง คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์	125
ภาคผนวก จ ความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพกับระยะเวลา ในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งตามหลักจลนพลศาสตร์ (kinetic model)	128
ภาคผนวก ฉ ความสัมพันธ์ของค่าคงที่อัตรากับอุณหภูมิที่ใช้ ในการเก็บรักษาในสภาวะเร่งตาม Arrhenius model	140
ประวัติผู้วิจัย	143

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 สูตรการผลิตไถ่ยอสูตรต้นแบบและสูตรลดฟอสเฟต	28
3.2 รูปแบบการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ	30
4.1 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที	41
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอก่อนปรุงสุก	45
4.3 ค่าร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอก่อนปรุงสุก	46
4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	47
4.5 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	47
4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	49
4.7 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	50
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	51
4.9 ค่าสี (L^* , a^* , b) ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	53
4.10 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	55
4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์	58
4.13 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบ การให้ความร้อน	62
4.14 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ ลดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน	62
4.15 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบ การให้ความร้อน	63
4.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟต แปรรูปแบบการให้ความร้อน	66
4.17 ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟต ที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน	69
4.18 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสหลังผ่านการให้ความร้อน ในเครื่องฆ่าเชื้อ	70
4.19 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	71
4.20 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	72
4.21 ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (%STWL) ของผลิตภัณฑ์ ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	73
4.22 ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.23 ค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	75
4.24 ค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	76
4.25 ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	77
4.26 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอด ฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบขณะเก็บรักษา ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	78
4.27 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอด ฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใสขณะเก็บรักษา ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	79
4.28 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	81
4.29 ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	82
4.30 ค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	83
4.31 ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.32 ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	85
4.33 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	86
4.34 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	87
4.35 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	88
4.36 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส	89
4.37 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	91
4.38 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	92
4.39 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.40 การคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟต ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	95
4.41 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสหลังผ่านการให้ความร้อน ในเครื่องฆ่าเชื้อ	96
4.42 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	97
4.43 ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (%STWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	97
4.44 ค่า L^* , a^* , b^* และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	99
4.45 ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟต ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	101
4.46 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	102
4.47 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	103
4.48 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟต ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทึบและแบบใสขณะเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง	105

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แบบจำลองโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber)	5
2.2 แบบจำลองโมเลกุลไมโอซิน	6
2.3 โครงสร้างของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์	7
2.4 จุดที่ร้อนซ้ำที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร	16
2.5 ตัวอย่างวัสดุแต่ละชั้นของรีทอร์ทเพาซ์	17
3.1 ขั้นตอนการผลิตไก่อย	29
4.1 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่อยสูตรต้นแบบ	42
4.2 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่อยสูตรลดฟอสเฟตที่ใช้ SPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตที่ปริมาณต่างๆ	43
4.3 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่อยสูตรลดฟอสเฟตที่ใช้ PPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตที่ปริมาณต่างๆ	44
4.4 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตที่แปรรูปการให้ความร้อน	61

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ผลิตภัณฑ์ไก่ยอจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดประเภทเดียวกับไส้กรอก บดละเอียดหรือไส้กรอกอิมัลชัน (emulsion sausage) การผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอโดยทั่วไป ผู้ผลิตนิยมใช้ฟอสเฟตเป็นส่วนผสม เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอไม่สูญเสีย น้ำหนักมากเกินไปหลังการปรุงสุกและทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอมีความนุ่มและชุ่มน้ำ (เยาวลักษณ์, 2536) แต่การบริโภคฟอสเฟตในปริมาณมากส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยส่งผลให้ความเข้มข้นของ ฮอร์โมนพาราไทรอยด์ในเซรัมเพิ่มสูงขึ้น และขัดขวางการดูดซึมแคลเซียมและแมกนีเซียมเข้าสู่กระดูก ส่งผลให้กระดูกมีความหนาแน่นลดลง จึงเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคกระดูกพรุน (Long และคณะ, 2011) นอกจากนี้ไก่ยอยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แต่ยังคงมีจุลินทรีย์บางชนิดที่ทำให้อาหาร เสื่อมเสียคงอยู่ ผลิตภัณฑ์ไก่ยอจึงจำเป็นต้องเก็บรักษาโดยการแช่เย็น ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้เพียง 15-20 วัน ส่งผลให้เกิดปัญหากับผู้ผลิตที่ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งและจัดจำหน่าย

จากการค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยในช่วง 10 ปีย้อนหลังพบว่า สารปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ จำพวกโปรตีนสกัดจากพืช เช่น โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolates; SPI) มีสมบัติที่ดี ในการจับน้ำและไขมันให้คงอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชัน ลดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันหลังการปรุงสุก และระหว่างการเก็บรักษา รวมถึงช่วยคงลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันได้ (Akesowan, 2008; Petracci และคณะ, 2013; Porcella และคณะ, 2001) โดย Muguruma และ คณะ (2003) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ SPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ซึ่ง ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่สูตรลดฟอสเฟตที่เติมสารผสม ระหว่าง SPI เคซีน และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (TGase) ปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ร่วมกับใส่ฟอสเฟตปริมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักรวม และผลิตภัณฑ์ที่เติมสารผสมระหว่าง SPI โปรตีนสกัดจากน้ำเวย์ (whey protein isolate) และ TGase ปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ร่วมกับการใส่ฟอสเฟตปริมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักรวม ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่สูตรลดฟอสเฟตที่ ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่ใส่ฟอสเฟต

ปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม รวมถึงพบว่า ประเทศในแถบยุโรปและออสเตรเลียมีความสนใจจะใช้โปรตีนสกัดจากพืชชนิดอื่นด้วย เช่น โปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา (pea protein isolates; PPI) ซึ่งผลิตจากพืชที่ไม่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรม และเมื่อละลายน้ำแล้วสามารถเกิดเจลที่ดีได้ รวมถึงมีสมบัติที่ดีในการจับน้ำและไขมันให้ยังคงอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ (Petracci และคณะ, 2013) จากการรวบรวมข้อมูลข้างต้นพบงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่ได้ศึกษาการใช้ SPI และ PPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทางการค้า (commercial sterilization) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งจุลินทรีย์ชนิดที่สร้างสารพิษและก่อให้เกิดโรค รวมถึงจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย แต่ยังสามารถคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารไว้ได้ ดังนั้นการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทางการค้าจึงยังคงเหลือจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียและสปอร์ที่ทนความร้อนสูง (thermophile) ซึ่งจุลินทรีย์ที่เหลือนี้นี้จะไม่สามารถเจริญได้ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาและขนส่งปกติ (ศศิมน, 2555; Heinz และ Hautzinger, 2007) ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทางการค้าสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 ถึง 12 เดือนโดยไม่ต้องแช่เย็น และมีความปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้การให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารลงในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถทนต่อความร้อนและความดันสูง พบว่า บรรจุภัณฑ์ชนิดรีทอร์ทเพาซ์ที่ผลิตจากฟิล์มพลาสติกหลายชนิด หรือฟิล์มพลาสติกผสมอะลูมิเนียมพอยล์จำนวนหลายชั้นมาเชื่อมประสานกัน (laminated) สามารถทนต่อกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์ได้ดี

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการใช้สารธรรมชาติจำพวกโปรตีนสกัดจากพืช เป็นสารทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ ร่วมกับการบรรจุไก่ยอในบรรจุภัณฑ์แบบรีทอร์ทเพาซ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่ได้มีความปลอดภัยจากการใช้สารเคมี รวมถึงมีคุณภาพทางด้านสี ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสเป็นไปตามที่ผู้บริโภคต้องการ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่ได้ยังสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องแช่เย็น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ไก่ยอและเป็นการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไก่ยอไปสู่ตลาดโลกมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งตลาดสินค้าฮาลาล (Halal) รวมถึงผู้บริโภคสามารถรับประทานผลิตภัณฑ์ไก่ยอได้ทันทีโดยไม่ต้องให้ความร้อนซ้ำอีกครั้งในการปรุงสุก ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยทั่วไปที่ต้องการความสะดวกสบายในการดำรงชีวิต รวมถึงช่วยลดปัญหาให้กับผู้ผลิตในส่วนของกระบวนการขนส่ง และการจัดจำหน่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำสารทดแทนฟอสเฟตมาใช้ในการพัฒนาสูตรการผลิตผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต และพัฒนากระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ร่วมกับการบรรจุผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดบรรจุภัณฑ์ชนิดรีทอร์ทเพาซ์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ไถ่ยอด โดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานวิจัยแต่ละขั้นตอน ดังนี้

- (1) ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์
- (2) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์
- (3) ศึกษาชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไก่ยอ

2.1.1 นิยาม

ไก่ยอเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป จัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาด ชนิดบดละเอียด (emulsion) ประเภทเดียวกับไส้กรอกอิมัลชัน ซึ่งเตรียมได้จากการนำเนื้อไก่สดที่บดละเอียด เติมน้ำมันไก่ เครื่องปรุงรสและเครื่องเทศ เช่น พริกไทย เกลือ น้ำตาล และน้ำปลา หรืออาจเติมส่วนผสมอื่นด้วย เช่น แป้งมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวโพด แล้วสับผสมจนส่วนผสมเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว (batter) แล้วนำไปห่อเป็นมัดหรือบรรจุในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนโดยการต้มหรือนึ่งด้วยไอน้ำจนสุก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์จะต้องมีอุณหภูมิใจกลางไม่น้อยกว่า 78 องศาเซลเซียส ตามประกาศของ FAO ที่ระบุว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่ผ่านการปรุงสุกและผลิตในประเทศแถบร้อน (tropical countries) ต้องมีอุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์ไม่ต่ำกว่า 78 องศาเซลเซียส รวมถึงต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยการแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส เพื่อชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ (Heinz และ Hautzinger, 2007)

2.1.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

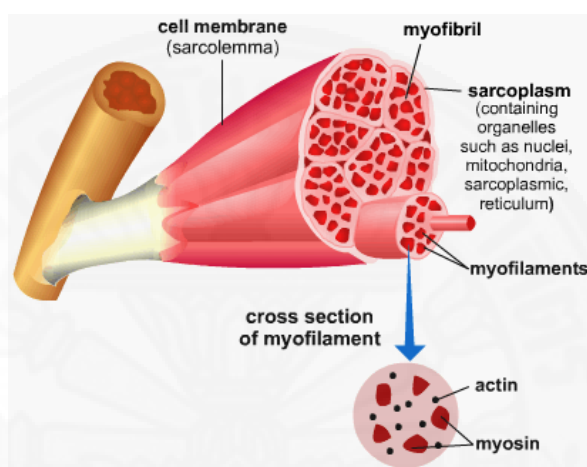
ผลิตภัณฑ์ไก่ยอจะต้องมีสีตามธรรมชาติ ลักษณะเนื้อละเอียด สามารถมีโพรงอากาศได้บ้างเล็กน้อยและต้องมีการกระจายตัวของส่วนผสมที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ โดยเมื่อผ่าออกแล้วต้องไม่พบส่วนที่ไม่สุก รวมถึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวนุ่ม ไม่เละ และต้องมีกลิ่นรสที่ดี ปราศจากกลิ่นอับ กลิ่นเหม็นเปรี้ยว และกลิ่นหืน (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549)

2.2 โปรตีนที่สำคัญของกล้ามเนื้อสัตว์ปีก

เนื้อไก่จัดเป็นเนื้อสัตว์ปีกชนิดหนึ่ง มีโปรตีนกล้ามเนื้อปริมาณร้อยละ 18 ถึง 20 โดยน้ำหนักเนื้อ (Barbut, 2015) สามารถแบ่งโปรตีนกล้ามเนื้อในสัตว์ปีกตามสมบัติการละลายออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrillar proteins) ซึ่งมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือโปรตีนซาโคพลาสซึมิก (sarcoplasmic proteins) และโปรตีนสโตรมา (stroma proteins) (Sams, 2001)

2.2.1 โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrillar proteins)

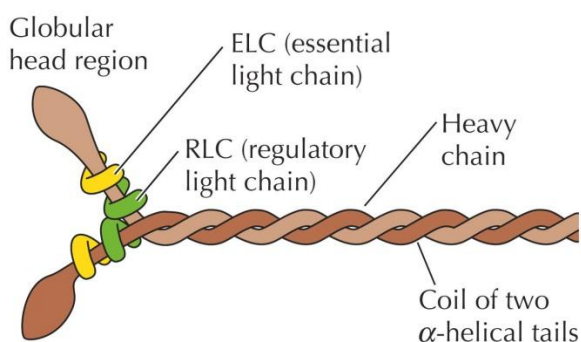
โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ เป็นโปรตีนกล้ามเนื้อหลักในสัตว์ปีกซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 50 ถึง 56 ของโปรตีนทั้งหมด มีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 1 โดยโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์เป็นส่วนที่เล็กที่สุดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ที่ถูกยึดรวมกันด้วยเยื่อหุ้มเซลล์หรือ sarcoplasm (Sams, 2001) แสดงดังรูปที่ 2.1 โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ประกอบด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิดคือ ไมโอซิน (myosin) และแอคติน (actin)



รูปที่ 2.1 แบบจำลองโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber)

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิริยา: ออนไลน์ (2560a)

ไมโอซิน (myosin) เป็นโปรตีนหลักซึ่งพบมากที่สุดประมาณร้อยละ 50 ถึง 55 ของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 520 กิโลดาลตัน ที่ประกอบด้วยโพลีเปปไทด์ (polypeptide) จำนวน 6 สายย่อย แบ่งเป็น ไมโอซินสายหลัก (myosin heavy chain) จำนวน 2 สาย และไมโอซินสายรอง (myosin light chain) จำนวน 2 คู่ แสดงดังรูปที่ 2.2 ไมโอซินสายหลักแต่ละสายจะมีส่วนหัว (head region) ที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม (globular) ซึ่งมีส่วนที่สามารถจับกับโปรตีนแอคตินได้ (actin binding site) และส่วนหาง (rod region) ที่มีลักษณะเป็นเส้น (fibrous tail) (Sams, 2001)



รูปที่ 2.2 แบบจำลองโมเลกุลไมโอซิน

ที่มา : Rajagopal: ออนไลน์ (2009)

แอกติน (actin) เป็นเส้นใยโปรตีนที่พบบรองลงมาจากไมโอซิน ประมาณร้อยละ 20 ถึง 25 ของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 42 กิโลดาลตัน หน่วยย่อยของโปรตีนแอกติน คือ จี-แอกติน (G-actin) ซึ่งมีลักษณะเป็นโปรตีนก้อนกลม (globular protein) ทั้งนี้โปรตีนไมโอซิน และแอกตินสามารถเกิดการจับกันได้แบบไม่ถาวร (reversibly binding) ในขณะที่กล้ามเนื้อสัตว์เกิดการหดตัว แต่ในกล้ามเนื้อสัตว์หลังถูกฆ่าที่อยู่ในระยะหลังการเกร็งตัว (post-rigor) จะพบว่า โปรตีนไมโอซิน และแอกตินสามารถเกิดการจับกันได้แบบถาวร (irreversibly binding) จนเกิดเป็นโครงสร้างแข็งซ้อนที่เรียกว่า แอกโตไมโอซิน (actomyosin) ซึ่งมีผลต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์ (Sams, 2001)

2.2.2 โปรตีนซาโคพลาสมิก (sarcoplasmic proteins)

เป็นโปรตีนชนิดที่มีอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 30 ถึง 35 ของโปรตีนทั้งหมด สามารถละลายได้ในน้ำหรือสารละลายที่มีค่า ionic strength ต่ำ โปรตีนหลักในกลุ่มนี้ ได้แก่ ไมโอโกลบิน ฮีโมโกลบิน และเอนไซม์ที่ช่วยในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Sams, 2001; Barbut, 2015)

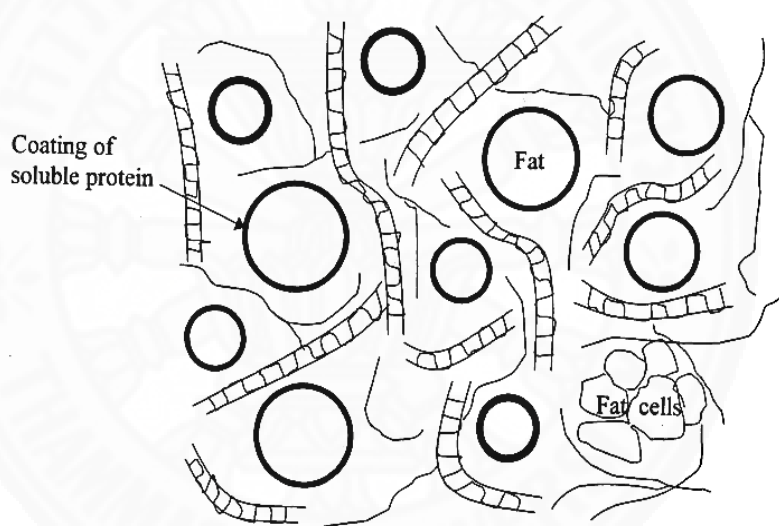
2.2.3 โปรตีนสโตรมา (stroma proteins)

เป็นโปรตีนชนิดที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue protein) ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 3 ถึง 6 ของโปรตีนทั้งหมด มีสมบัติไม่ละลายน้ำและสารละลายเกลือ โปรตีนหลักในกลุ่มนี้ ได้แก่ คอลลาเจน และอีลาสติน ที่พบมากในหนังของสัตว์ปีก ทั้งนี้โปรตีนคอลลาเจนที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป จะสามารถขัดขวางการทำงานของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ได้ เช่น ขัดขวางการจับกันของซึ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ประเภทชิ้นรูป ดังนั้นในการผลิตผลิตภัณฑ์

เนื้อสัตว์แปรรูปจึงจำเป็นต้องควบคุมปริมาณโปรตีนคอลลาเจนในผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในระดับต่ำไม่เกินร้อยละ 25 ของโปรตีนทั้งหมด (Sams, 2001; Barbut, 2015)

2.3 การเกิดอิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด

อิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด เป็นระบบอิมัลชันเชิงซ้อนที่มีส่วนประกอบร่วมกันสองส่วน ได้แก่ ส่วนของเม็ดไขมัน (fat globules) ทำหน้าที่เป็นเฟสกระจาย (discontinuous phase) และโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ทำหน้าที่เป็นเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) โดยโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์จะห่อหุ้มเม็ดไขมันไว้ แสดงดังรูปที่ 2.3 กลไกในการเกิดอิมัลชันมี 3 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์

ที่มา: Barbut (1999)

2.3.1 การสกัดและการพองตัวของโปรตีนเนื้อสัตว์ (protein extraction and swelling)

การเกิดโครงสร้างของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ เริ่มต้นจากการสับผสมเนื้อแดง (lean meat) เช่น เนื้อส่วนอก หรือเนื้อส่วนสะโพกซึ่งมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์เป็นส่วนประกอบหลัก ร่วมกับเกลือ ฟอสเฟต และน้ำแข็งบางส่วนในระหว่างการสับผสม โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์และโปรตีนซาโคพลาสติกจะละลายและพองตัว รวมถึงมีโปรตีนบางส่วนเกิดการคลายตัว (unfolding) เนื่องจากเกิดแรงผลักทางประจุระหว่างเส้นใยโปรตีน (ionic forces) ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยโปรตีนซึ่ง

สามารถจับน้ำไว้ในโครงสร้างได้ นอกจากนี้ฟอสเฟตที่เติมลงไปในระบบจะช่วยเพิ่มค่าพีเอชของเนื้อสัตว์ ส่งผลให้เส้นใยโปรตีนมีประจุเป็นลบมากขึ้นเช่นกัน ด้วยเหตุนี้เส้นใยโปรตีนจึงพองตัวมากขึ้น โดยในขั้นตอนนี้อาจจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิของส่วนผสมให้ไม่เกิน 4.4 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดการสกัดโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ออกมาในระบบได้มากขึ้น (Sams, 2001; Long และคณะ, 2011; Petracci และคณะ, 2013)

2.3.2 การกักเก็บไขมันในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ (fat encapsulation and entrapment)

หลังจากสับผสมเนื้อแดง เนื้อไก่ และน้ำแข็งบางส่วนจนเกิดการสกัดโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ออกมาในระบบได้อย่างสมบูรณ์แล้ว หลังจากนั้นจะเติมไขมัน เครื่องปรุง น้ำแข็งส่วนที่เหลือ และส่วนผสมอื่นๆที่เป็น non-meat ingredients เช่น แป้ง โปรตีนจากพืช เป็นต้น หลังจากนั้นสับผสมส่วนผสมจนเปลี่ยนเป็นมวลเหนียว (meat batter or meat emulsion) ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่ถูกสกัดออกมาในระบบจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic portions) เข้ามาห่อหุ้มเม็ดไขมันรวมถึงหันส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic portions) ซึ่งมีประจุเป็นลบออกไปจับกับน้ำที่มีอยู่ในระบบ ส่งผลให้เม็ดไขมันสามารถเกิดการกระจายตัวในเฟสน้ำและส่วนผสมอื่นๆได้ ด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่า โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ช่วยให้น้ำและเม็ดไขมันสามารถเกิดการรวมตัวกันในระบบอิมัลชันได้ โดยในขั้นตอนนี้อาจจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิส่วนผสมมวลเหนียวให้ไม่เกิน 10 ถึง 11.7 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดไขมันเกิดการหลอมเหลวและแยกตัวออกจากระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ (Sams, 2001) ทั้งนี้การกักเก็บเม็ดไขมันไว้ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ เป็นการทำงานร่วมกันของ 2 กลไก (Barbut, 1999) คือ

2.3.2.1 Interfacial protein film (IPF)

โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ที่มีอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์จะสร้างฟิล์มล้อมรอบเม็ดไขมัน โดยหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้ามาห่อหุ้มเม็ดไขมัน ส่งผลให้เม็ดไขมันมีความเสถียรและไม่เกิดการรวมตัวกัน (coalescence) และแยกออกจากระบบอิมัลชันที่เป็นส่วนผสมมวลเหนียวได้

2.3.2.2 Physical entrapment theory

หลังการให้ความร้อนส่วนผสมมวลเหนียว เม็ดไขมันในระบบอิมัลชันจะเกิดการหลอมเหลว ในขณะที่โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์จะเกิดการเสียสภาพ และเซ็ทตัวเป็นโครงสร้างเจลที่มีความหนืดสูง (semi-rigid) ส่งผลให้เม็ดไขมันมีการเคลื่อนที่ที่จำกัด ด้วยเหตุนี้จึงสามารถกักเก็บเม็ดไขมันไว้ในโครงสร้างเจลได้

2.3.3 การเกิดเจลของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ (formation of a heat-set gel)

หลังจากสับผสมจนส่วนผสมเปลี่ยนเป็นมวลเหนียวแล้ว จะต้องนำส่วนผสมมวลเหนียวที่ได้ไปให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิใจกลางไม่ต่ำกว่า 63.8 ถึง 73.9 องศาเซลเซียส เพื่อให้โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์เสียสภาพ และเกิดการเซ็ทตัวเป็นโครงสร้างเจล (meat gel) ที่สามารถกักเก็บไขมันและน้ำให้อยู่ภายในโครงสร้างได้ รวมถึงโปรตีนคอลลาเจนที่มีอยู่ในระบบจะหดตัวเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 64.4 องศาเซลเซียส ในสภาวะร้อนชื้น (moist heat) และเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเจลาคติน ทั้งนี้ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ที่มีความเสถียร เจลาคตินจะถูกกักเก็บไว้ในโครงสร้างเจล และสามารถจับกับน้ำที่มีอยู่ในระบบได้บางส่วน (Sams, 2001)

2.3.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดอิมัลชันเนื้อสัตว์

2.3.4.1 ปริมาณเนื้อแดงในผลิตภัณฑ์

ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชัน จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณของโปรตีนไมโอซินที่มีอยู่ในระบบเพื่อให้เพียงพอต่อการห่อหุ้มเม็ดไขมัน เนื่องจากในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ หากพบว่ามีปริมาณเนื้อแดงน้อยเกินไปจะส่งผลให้มีโปรตีนไมโอซินไม่เพียงพอที่จะเกิดการห่อหุ้มเม็ดไขมันได้อย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้เม็ดไขมันเหล่านี้เกิดการรวมตัวกัน และสามารถไหลออกจากระบบอิมัลชันหลังผ่านการให้ความร้อนได้ นอกจากนี้การมีโปรตีนคอลลาเจนในส่วนผสมปริมาณมากเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้เม็ดไขมันบางส่วนถูกห่อหุ้มโดยโปรตีนคอลลาเจน โดยเมื่อนำไปผ่านการให้ความร้อน โปรตีนคอลลาเจนจะเกิดการหดตัว และเปลี่ยนเป็นโปรตีนเจลาคตินซึ่งสามารถไหลออกจากผิวที่ห่อหุ้มเม็ดไขมันได้ ในขณะที่โปรตีนไมโอซินเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการตกตะกอน และห่อหุ้มเม็ดไขมันเอาไว้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันมีคราบไขมัน (fat cap) เกาะตามผิวของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ภายในของผลิตภัณฑ์จะเกิดโพรงเจลลี่ (jelly pockets) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่ต้องการในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชัน (เยาวลักษณ์, 2536)

2.3.4.2 เวลาในการสับผสม

การสับผสมส่วนผสมเป็นเวลานานเกินไป (over chopping) ส่งผลให้เม็ดไขมันถูกตัดแบ่งเป็นเม็ดเล็กๆ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกลง แต่มีผิวหน้าของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น จนโปรตีนไมโอซินไม่สามารถห่อหุ้มเม็ดไขมันได้ เกิดลักษณะการแยกตัวของไขมัน (greasing out) กล่าวคือ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการให้ความร้อนจะทำให้เม็ดไขมันสามารถไหลออกจากระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ได้ จนสามารถสังเกตเห็นไขมันเกาะเป็นจุดๆ บริเวณภายในเนื้อของผลิตภัณฑ์อิมัลชันได้ (เยาวลักษณ์, 2536)

2.3.4.3 อุณหภูมิในการสับผสม

อุณหภูมิในการสับผสมเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อความเสถียรของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ เนื่องจากโปรตีนไมโอซินสามารถเกิดการสกัดออกมาในระบบได้มากขึ้นขณะสับผสม

ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4.4 องศาเซลเซียส รวมถึงจะต้องควบคุมอุณหภูมิส่วนผสมมวลเหนียวสุดท้ายให้ไม่เกิน 10 ถึง 11.7 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดไขมันเกิดการหลอมเหลวและแยกตัวออกจากระบบอิมัลชัน (Sams, 2001)

2.4 ฟอสเฟต

ฟอสเฟตเป็นวัตถุดิบอาหารที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ซึ่งส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่ม alkaline phosphates เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ไพรอโรฟอสเฟต หรือโมโนฟอสเฟต เป็นต้น

2.4.1 หน้าที่ของฟอสเฟตที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ฟอสเฟตที่ลงไปผลิตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ มีหน้าที่ 4 ประการ คือ

2.4.1.1 การเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ความนุ่ม และชุ่มน้ำ

ฟอสเฟตที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความนุ่มและชุ่มน้ำ เนื่องจากฟอสเฟตช่วยเพิ่มค่าพีเอชของเนื้อสัตว์ ส่งผลให้เส้นใยโปรตีนมีประจุลบมากขึ้น จึงทำให้เส้นใยโปรตีนเกิดการพองตัวน้ำมากขึ้น รวมถึงฟอสเฟตที่เติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ โดยทำให้โปรตีนไมโอซินและแอคตินมีประจุเป็นลบมากขึ้น จึงทำให้เกิดแรงผลักทางประจุระหว่างโมเลกุลโปรตีน ส่งผลให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลโปรตีนไมโอซินและแอคตินขยายกว้างมากขึ้น ดังนั้นสามารถกักเก็บน้ำไว้ในช่องว่างระหว่างโมเลกุลของโปรตีนได้มากขึ้น (เขาวลัษณ์, 2536; Long และคณะ, 2011; Petracci และคณะ, 2013)

2.4.1.2 การเพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์

เนื่องจากฟอสเฟตทำให้โมเลกุลเนื้อสัตว์เรียงตัวเป็นตาข่าย จึงสามารถกักเก็บของเหลวที่หักลิ้นรสไว้ได้ รวมถึงสามารถกั้นไม่ให้เลือดและของเหลวในเนื้อไหลออกมา ผลิตภัณฑ์จึงมีรสชาติดีขึ้น (เขาวลัษณ์, 2536)

2.4.1.3 ช่วยให้มีโมเลกุลเนื้อยึดเกาะกันดี

เนื่องจากฟอสเฟตสามารถช่วยสกัดโปรตีนไมโอซินออกมาเชื่อมชิ้นเนื้อ และช่วยดึงโมเลกุลโปรตีนที่ละลายน้ำได้มารวมกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความเหนียวและยึดหยุ่นมากขึ้น (เขาวลัษณ์, 2536)

2.4.1.4 ช่วยเหลือของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความคงทน

เนื่องจากฟอสเฟตทำหน้าที่ควบคุมค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้คงอยู่ในช่วง 6.0 ถึง 6.6 จึงทำให้เนื้อมีส่วนคงทนดีขึ้น ส่งผลให้การใช้ในเตาและเกลือแอสคอร์เบทมีความคงตัวมากขึ้น (เยาวลักษณ์, 2536)

2.4.2 ข้อกำหนดการใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

อย่างไรก็ตามได้มีข้อกำหนดทางกฎหมายให้มีการเติมฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปีกแปรรูปได้ไม่เกินปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักรวม (Muguruma และคณะ, 2003) และเมื่อคำนวณเป็นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549) เนื่องจากการบริโภคฟอสเฟตในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ความเข้มข้นของพาราไทรอยด์ฮอร์โมนในเซรัมเพิ่มสูงขึ้น และขัดขวางการดูดซึมแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมเข้าสู่กระดูก ทำให้กระดูกมีความหนาแน่นลดลงและช่วยเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคกระดูกพรุน (Long และคณะ, 2011)

2.4.3 การใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

Peng และคณะ (2009) ได้ศึกษาผลของฟอสเฟตต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าฟอสเฟตทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูมีค่าน้ำหนักหลังผ่านการให้ความร้อน (cooking yield) มากขึ้น และช่วยลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์หลังผ่านการปรุงสุก (total expressible fluid; TEF) ได้มากกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูที่มีการเติมฟอสเฟต แต่การใช้ฟอสเฟตร่วมกับเกลือเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถรักษาสมบัติในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูได้ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 ถึง 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน ทำให้มีปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา (purge loss; PL) มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูมีความแข็งมากขึ้น

Muguruma และคณะ (2003) ได้ศึกษาการใช้ SPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่เติมสารผสมระหว่าง SPI โปรตีนเคซีน และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ร่วมกับการใช้ฟอสเฟตปริมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักรวม และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่เติมสารผสมระหว่าง SPI โปรตีนสกัดจากน้ำเวย์ และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนักรวม ร่วมกับการใช้ฟอสเฟตปริมาณร้อยละ 0.05 โดยน้ำหนักรวม มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ที่มีการใช้ฟอสเฟตปริมาณร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนักรวม

2.5 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปีกแปรรูปมีการใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่หรือ functional ingredients อย่างแพร่หลายมากขึ้น เพื่อปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น รวมถึงช่วยในการจับน้ำและไขมันให้คงอยู่ในผลิตภัณฑ์หลังผ่านการให้ความร้อน (Petracci และคณะ, 2013) จากการค้นคว้างานวิจัย พบว่า SPI และPPI เป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด หรือผลิตภัณฑ์อิมัลชัน

2.5.1 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolate: SPI)

SPI มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 90 โดยน้ำหนักรวมตามน้ำหนักฐานแห้ง จัดเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ประกอบด้วยโปรตีนหลัก 2 ชนิด ได้แก่ glycinin (11S) และ β -conglycinin (7S) ซึ่งสามารถเสียสภาพได้ที่อุณหภูมิ 90 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดย SPI ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นชนิดที่ผ่านการทำให้เสียสภาพบางส่วน (pre-denaturing) เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ และทำให้ SPI สามารถที่จะเกิด interaction กับส่วนผสมอื่นๆ ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Youssef และ Barbut, 2011; Petracci และคณะ, 2013)

โดยทั่วไปในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ผู้ผลิตนิยมเติม SPI เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ และสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยเติม SPI ทดแทนเนื้อแดงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด รวมถึงช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เช่น ทำให้ส่วนผสมมวลเหนียวของผลิตภัณฑ์โบลอนามีความข้นเหนียวมากขึ้น หรือทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดหมักเกลือ และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดขนาดชนิดบดละเอียด เช่น ไส้กรอก มีความชุ่มน้ำมากขึ้น ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการปรุงสุก และระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจาก SPI มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์จึงสามารถจับน้ำและไขมันให้คงตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้ (Petracci และคณะ, 2013)

Porcella และคณะ (2001) ได้ศึกษาผลของการเติม SPI ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Chorizo (ไส้กรอกดิบของประเทศอาร์เจนตินา) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1.5 ± 0.5 องศาเซลเซียส พบว่าการเติม SPI ปริมาณร้อยละ 2.5 สามารถลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากชิ้นไส้กรอกดิบ (drip loss) ระหว่างการเก็บรักษาได้

Serdaroğlu และ Özsümer (2003) ได้ศึกษาผลการเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการเติมโปรตีนจากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม จะไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัว

รวมถึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวของอิมัลชันมากขึ้น และมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวที่ไม่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลือง

Akesowan (2008) ได้ศึกษาผลของการเติม SPI ปริมาณร้อยละ 1 ถึง 2 โดยน้ำหนักรวมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการเติม SPI ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำมีความชุ่มน้ำและค่าสีเหลืองมากขึ้น ในขณะที่มีค่าสีแดง ค่าการสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากไส้กรอกหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่ไม่มีการเติม SPI และเมื่อพิจารณาที่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวม มีคะแนนความเข้มทางด้านสี ความชุ่มน้ำ และความแน่นเนื้อมากกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่ไม่มีการเติม SPI

Youssef และ Barbut (2011) ได้ศึกษาผลของการเติม SPI ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการเติม SPI ปริมาณร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างมากขึ้น ในขณะที่มีค่าสีแดง ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน และค่าความแข็งต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ไม่มีการเติม ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก SPI ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ไปรบกวนโครงสร้างเจลของเนื้อสัตว์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัมผัสนุ่มลง

Gao และคณะ (2015) ได้ศึกษาผลของการเติม SPI ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อหมูอิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า การเติม SPI ปริมาณร้อยละ 5.7 โดยน้ำหนักรวม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีการเติม SPI

2.5.2 โปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา (pea protein isolate: PPI)

PPI ผลิตจากพืชที่ไม่ผ่านการตัดแปลงพันธุกรรม มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 90 โดยน้ำหนักรวมตามน้ำหนักฐานแห้ง มีสมบัติละลายน้ำและสามารถเกิดเป็นเจลได้ รวมถึงมีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์จึงสามารถจับน้ำและไขมันให้คงอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปได้ แต่เนื่องจาก PPI มีกลีนิรสถ์ค่อนข้างแรง ส่งผลให้ไม่ค่อยได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ปีกแปรรูป (Petracci และคณะ, 2013)

Pietrasik และ Janz (2010) ได้ศึกษาผลของการเติมแป้งและเส้นใยจากถั่วลันเตา (pea flour, pea starch และ pea fiber) ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์โบโลน่าชนิดไขมันต่ำที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เติม pea flour, pea starch หรือ pea fiber ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม มีปริมาณของเหลวที่ไหลออกจากโบโลน่า และค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลิตภัณฑ์โบโลน่าชนิดไขมันต่ำที่ไม่เติม pea flour, pea starch

หรือ pea fiber จึงอาจกล่าวได้ว่า pea flour, pea starch และ pea fiber ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ไบโอโลนาไขมันต่ำได้

2.6 กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร

กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในอาหาร จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์มีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ดังนั้นจึงสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิปกติได้ แต่ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความร้อนสูงมากจนเกินไป จะมีคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปรวมถึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นในอุตสาหกรรมอาหารจึงใช้กระบวนการสเตอริไลซ์ทางการค้า (commercial sterilization) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำลายเซลล์ และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษและก่อให้เกิดโรค เช่น *Clostridium botulinum* (*Cl. botulinum*) รวมถึงจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ดังนั้นภายหลังกระบวนการสเตอริไลซ์ทางการค้า สปอร์และจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคแต่ทนความร้อนสูง (thermophile) อาจหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ แต่ไม่สามารถเจริญภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (ประภาศรี, 2547; ศศิมน, 2555)

กระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์แก่อาหารให้มีความสำคัญกับค่า F_0 มาก เนื่องจากค่า F_0 เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงระดับความร้อนที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร และเป็นดัชนีที่บอกระดับความยากง่ายของการสเตอริไลซ์อาหารชนิดต่างๆ ซึ่งค่า F_0 คือค่า F (lethal value) หรือเวลาในหน่วยนาที่ของการให้ความร้อนเพื่อที่จะทำลาย *Cl. botulinum* ที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ (121.1 องศาเซลเซียส) และค่า Z เท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮต์ (10 องศาเซลเซียส) แสดงได้ดังต่อไปนี้ F_{250}^{18} หรือ $F_{121.1}^{10}$ แต่ในทางปฏิบัติที่เป็นสากลนิยมใช้สัญลักษณ์ F_0 แทนค่า F ที่อุณหภูมิและค่า Z ดังกล่าว (ศศิมน, 2555)

โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่บรรจุในกระป๋อง ต้องผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 117 ถึง 130 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์มีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 4 ถึง 5.5 นาที จึงจะเพียงพอสำหรับทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดที่สามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตของผู้บริโภคได้ รวมถึงมีความต้านทานความร้อนสูง และสามารถเจริญได้ในสภาพที่มีอากาศเพียงเล็กน้อย หรือในสภาพที่ไม่มีอากาศ ซึ่งต้องให้ความร้อนจนผลิตภัณฑ์อาหารมีค่า F_0 มากกว่า 2.52 นาที จึงจะเพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* (ศศิมน, 2555; Heinz และ Hautzinger, 2007)

2.7 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร (สายรุฟ, 2547)

การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหาร (heat penetration test) เป็นการทดลองหาเวลาในการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะต้องพิจารณาจากกลไกการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ ว่าเป็นอย่างไร กล่าวคือ จำเป็นต้องทราบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอาหารบริเวณจุดที่ร้อนช้าที่สุด (cold point) ภายในภาชนะบรรจุ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาค่า F_0 หรือเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (process time) ต่อไป

2.7.1 การหาจุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร (cold point)

จุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร ขึ้นอยู่กับลักษณะการถ่ายโอนความร้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

2.7.1.1 การถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อน

อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อน จะมีลักษณะเป็นอาหารแข็ง หรืออาหารที่มีความข้นหนืดสูง ซึ่งโมเลกุลของอาหารไม่สามารถเกิดการเคลื่อนที่ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนได้ ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้จะเกิดการถ่ายโอนความร้อนในทุกทิศทาง ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ บริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์อาหารที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

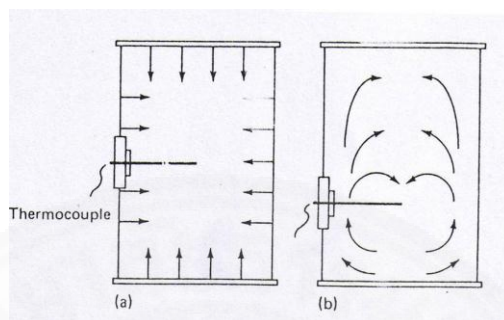
2.7.1.2 การถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อน

อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อน จะมีลักษณะเป็นอาหารเหลว อาหารที่มีความข้นหนืดต่ำ เช่น น้ำผลไม้ที่มีความข้นหนืดต่ำ หรืออาหารที่มีชิ้นอาหารขนาดเล็กอยู่ในของเหลว เช่น ข้าวโพดในน้ำเกลือ ซึ่งโมเลกุลของอาหารสามารถเกิดการเคลื่อนที่ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนได้ โดยเมื่อได้รับความร้อนอาหารที่เป็นของเหลวบางส่วนจะได้รับความร้อนก่อน และเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำกว่า ในขณะที่อาหารที่เป็นของเหลวส่วนที่เหลือซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า จะเคลื่อนที่ลงสู่ด้านล่าง เนื่องจากมีความหนาแน่นมากกว่า ส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนของโมเลกุลอาหารภายในบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร จะอยู่ประมาณบริเวณ 1 ใน 3 ของความสูงเมื่อวัดจากด้านล่างสุดของบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

2.7.1.3 การถ่ายโอนความร้อนแบบผสม

อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อนแบบผสม เช่น อาหารที่มีส่วนผสมของสารให้ความข้นหนืด ซึ่งจะมีการถ่ายโอนความร้อนแบบพาความร้อนก่อน จากนั้นเมื่อให้ความ

ร้อนจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นหนืดมากขึ้น จะเกิดการถ่ายโอนความร้อนแบบนำความร้อน หรือในอาหารที่มีชิ้นอาหารขนาดใหญ่อยู่ในช่องเหลว ซึ่งส่วนที่เป็นของเหลวจะร้อนเร็วกว่าส่วนที่เป็นชิ้นอาหาร ดังนั้นจุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร จะอยู่ระหว่างจุดที่ร้อนช้าที่สุดของการถ่ายโอนความร้อนทั้งสองแบบ



รูปที่ 2.4 จุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหาร

กำหนดให้ จุดที่ร้อนช้าที่สุดของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการถ่ายโอนความร้อน

(a) แบบการนำความร้อน และ (b) แบบการพาความร้อน

ที่มา: พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา: ออนไลน์ (2560b)

2.7.2 การหาเวลาในการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (ค่า F_0)

เมื่อทราบจุดที่ร้อนช้าที่สุดในผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว หลังจากนั้นจะเก็บข้อมูลการแทรกผ่านความร้อนในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเริ่มจากการเจาะรูที่ด้านข้างของบรรจุภัณฑ์บริเวณจุดที่ร้อนช้าที่สุด (cold point) แล้วเสียบเข็มวัดอุณหภูมิ (thermocouple) เพื่อวัดอุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์อาหาร หลังจากนั้นบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารลงในบรรจุภัณฑ์ และทำการปิดผนึกแบบสุญญากาศ แล้วนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งในระหว่างการให้ความร้อน จะต้องบันทึกอุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์อาหารที่เวลาต่างๆ ตลอดกระบวนการให้ความร้อน หลังจากนั้นนำข้อมูลอุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์อาหารที่เวลาต่างๆ มาพลอตกราฟเพื่อหาเวลาที่ต้องการใช้ในการฆ่าเชื้อหรือค่า F_0 ต่อไป

วิธีที่นิยมใช้หาเวลาในการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (process time) หรือค่า F_0 มี 2 วิธี คือ general method และ formula method

2.7.2.1 General method

General method เป็นวิธีการหาค่า F_0 ที่แท้จริงของกระบวนการให้ความร้อนที่สภาวะหนึ่งๆ โดยการนำค่า lethal rate ซึ่งได้จากการคำนวณตามสมการข้างล่าง

ไปพลอตกับเวลา แล้วหาพื้นที่ใต้กราฟ หลังจากนั้นนำไปคูณด้วยค่าแฟกเตอร์เพื่อเปลี่ยนเป็นค่า F_0 ของกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งค่าแฟกเตอร์ที่ใช้คูณหาจากพื้นที่ในกราฟที่เท่ากับ $1 F_0$

$$\text{Lethal rate (L)} = 10^{(T-250)/Z}$$

กำหนดให้ T คือ อุณหภูมิใจกลางของผลิตภัณฑ์อาหาร (องศาฟาเรนไฮต์)

Z คือ ค่า Z ของ *Clostridium Botulinum* ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18 องศาฟาเรนไฮต์

2.7.2.2 Formula method

Formula method เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้หาเวลาในการให้ความร้อน (process time) ที่แท้จริงของกระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ที่สภาวะหนึ่งๆ โดยนำข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากการทำการแทรกผ่านความร้อนมาพลอตกับเวลาบนกราฟ semilog

2.8 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (สุขเกษม, 2555)

2.8.1 ความหมายของบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ (retort pouch) จัดเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว (flexible package) ผลิตจากฟิล์มพลาสติกหลายชนิด หรือฟิล์มพลาสติกผสมอะลูมิเนียมเนียมพอยล์ จำนวนหลายชั้นมาเชื่อมประสานกัน (laminated) ทำให้สามารถทนความร้อนและความดันสูงในระหว่างกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนระดับสเตอริไลซ์ได้

2.8.2 วัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์

วัสดุที่ใช้ในการผลิตรีทอร์ทเพาซ์มีหลายชนิดนำมาเชื่อมประสานกันเป็นชั้นๆ แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยสามารถจำแนกวัสดุแต่ละชั้นจากด้านนอกไปด้านใน ดังนี้



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างวัสดุแต่ละชั้นของรีทอร์ทเพาซ์

2.8.2.1 พลาสติกชนิดโพลีเอสเตอร์ (polyester; PET)

เป็นวัสดุที่อยู่ชั้นนอกสุดของรีเทอร์ทเพาซ์ มีสมบัติ คือ สามารถทนต่ออุณหภูมิระหว่าง -60 ถึง 200 องศาเซลเซียส มีความเหนียว โปร่งแสง และสามารถพิมพ์ฉลากได้

2.8.2.2 ไนลอน (polyamide; Ny)

เป็นวัสดุที่อยู่ถัดจากพลาสติกชนิด PET มีสมบัติ คือ เป็นชั้นที่เพิ่มความเหนียวและแข็งแรง ป้องกันความชื้นและอากาศได้ดี รวมถึงมีความโปร่งแสง

2.8.2.3 อะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil; Al)

เป็นวัสดุที่อยู่ชั้นถัดจากพลาสติกชนิดไนลอน มีสมบัติ คือ สามารถป้องกันแสง ออกซิเจน จุลินทรีย์ และกลิ่นแปลกปลอมจากภายนอกเข้าสู่ภายในถุง ดังนั้นจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้

2.8.2.4 พลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene: PP)

เป็นวัสดุที่อยู่ชั้นในสุดของบรรจุภัณฑ์รีเทอร์ทเพาซ์ มีสมบัติ คือ สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ดี มีความยืดหยุ่นสูง มีความเหนียว และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร

2.9 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่บรรจุในรีเทอร์ทเพาซ์

สาริตา และคณะ (2549) ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมุยที่บรรจุในรีเทอร์ทเพาซ์ โดยผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์หมุยมีค่าสี ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับหมุยที่ผ่านการนึ่งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้นาน 75 วัน โดยผู้บริโภคยังให้การยอมรับ และมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินตามมาตรฐานที่มอก. กำหนด

ขนิษฐฉนิชา (2558) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอพร้อมบริโภคโดยใช้น้ำมันรำข้าวทดแทนไขมันไก่ที่บรรจุในรีเทอร์ทเพาซ์ โดยผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอมีการสูญเสียน้ำหนักหลังปรุงสุกต่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัสนิ่มลง และผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 12 สัปดาห์ โดยตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน และผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

Mohan และคณะ (2006) ได้ศึกษาคุณภาพของแกงกึ่ง Kuruma ที่บรรจุในรีเทอร์ทเพาซ์และกระป๋องอะลูมิเนียม ซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121.1 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์

มีค่า F_0 เท่ากับ 8.0 นาที พบว่า แงงกุ้ง Kuruma ที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจใช้เวลาให้ความร้อนน้อยกว่า แanggกุ้ง Kuruma ที่บรรจุในกระป๋องอะลูมิเนียมถึงร้อยละ 35 ส่งผลให้เนื้อกุ้งที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจมีความชื้น ค่า TBARS ค่าเค้โครงลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า เนื้อกุ้งที่บรรจุในกระป๋องอะลูมิเนียม

Rajkumar และคณะ (2010) ได้ศึกษาคุณภาพของแกงเผ็ดแพะที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ ซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121.1 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์แกงเผ็ดแพะมีค่า F_0 เท่ากับ 12.1 นาที พบว่า เนื้อแพะมีความชื้น ค่าสี และค่าเค้โครงลักษณะเนื้อสัมผัสลดลง แต่มีปริมาณไขมัน โปรตีน เกลือ ค่าพีเอช และ ค่า TBARS เพิ่มขึ้น

Muhlisin และคณะ (2013) ได้ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ผัดขอสต์กคาลปีที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจระยะเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์มี ค่า TBARS เพิ่มขึ้น และไม่พบจุลินทรีย์ตลอดการเก็บรักษา

แต่เนื่องจากรีทอร์ทแพคเกจมีส่วนประกอบของอะลูมิเนียมฟอยล์ ทำให้ไม่สามารถนำเข้าไปไมโครเวฟได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้วิจัยพัฒนารีทอร์ทแพคเกจที่สามารถนำเข้าไปไมโครเวฟได้ (microwavable retort pouch) โดยใช้สารเคลือบ เช่น อะลูมิเนียมออกไซด์ (ALOX) ซิลิคอนออกไซด์ (SIOX) หรือ สารอินทรีย์ (ORG) ในกลุ่ม hydrophobic biomaterials เคลือบบนผิวด้านในของชั้นพลาสติกชนิด PET หรือไนลอน เพื่อทดแทนการใช้อะลูมิเนียมฟอยล์ โดยสารเคลือบที่ใช้มีข้อดี คือ สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี มีน้ำหนักเบา โปร่งแสง และสามารถนำเข้าไปไมโครเวฟได้ (Byun และคณะ, 2010a,b; Deng และคณะ, 2009)

Byun และคณะ (2010a, b) ได้ศึกษาผลของการใช้สารเคลือบซิลิคอนออกไซด์ (SIOX) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (ALOX) ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาแซลมอนพร้อมบริโภคที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจชนิดต่างๆ พบว่า สารเคลือบ ALOX สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีกว่า SIOX จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาแซลมอนที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจซึ่งเคลือบด้วย ALOX มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นและการยอมรับใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ปลาแซลมอนที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจซึ่งมีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างสารเคลือบ ALOX และสารเคลือบอินทรีย์ (ORG) พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกพร้อมบริโภคที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจซึ่งเคลือบด้วย ORG มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านความชื้น และค่าความสว่างเพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษาที่ 37.7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ข้าวหุงสุกที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจซึ่งเคลือบด้วย ALOX และ ORG ให้ผลคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า ALOX และ ORG สามารถใช้เป็นสารเคลือบเพื่อทดแทนอะลูมิเนียมฟอยล์ในรีทอร์ทแพคเกจได้

2.10 การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารโดยการทดสอบที่สภาวะเร่ง (Accelerated shelf life testing)

การทดสอบอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง เป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอายุการเก็บรักษานาน โดยเร่งสภาวะแวดล้อมที่ส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเสื่อมเสียด้วยอัตราที่เร็วกว่าปกติ เช่น การเพิ่มอุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ในขณะที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร และนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการประมาณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาศัยหลักการทางจลนพลศาสตร์ทางเคมี (Corradini และ Peleg, 2007)

2.10.1 หลักการทางจลนพลศาสตร์ทางเคมี (kinetic model)

สมการทางคณิตศาสตร์ของการเกิดปฏิกิริยาจลนพลศาสตร์ทางเคมี ที่นิยมใช้บ่งบอกลักษณะการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารมี 3 สมการ ได้แก่

2.10.1.1 สมการปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order)

เป็นปฏิกิริยาที่นิยมพบในผลิตภัณฑ์อาหาร มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพแบบเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (Sewald และ DeVries, 2017) มีสมการแสดงการเปลี่ยนแปลง ดังต่อไปนี้ (Yan และ คณะ, 2007)

$$C_t - C_0 = -kt$$

กำหนดให้ C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น
 C_t คือ ความเข้มข้นที่เวลาใดๆ
 k คือ rate constant หรือค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)

2.10.1.2 สมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first-order)

เป็นปฏิกิริยาที่นิยมพบในผลิตภัณฑ์อาหาร มีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพแบบไม่เป็นเส้นตรง และขึ้นกับความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ณ เวลานั้นๆ (Sewald และ DeVries, 2017) มีสมการแสดงการเปลี่ยนแปลง ดังต่อไปนี้ (Yan และ คณะ, 2007)

$$\ln C_0 / C_t = -kt$$

กำหนดให้ C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น
 C_t คือ ความเข้มข้นที่เวลาใดๆ
 k คือ rate constant หรือค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)

2.10.1.2 สมการปฏิกิริยาอันดับสอง (second-order)

เป็นปฏิกิริยาที่ไม่ค่อยพบในผลิตภัณฑ์อาหาร มีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพแบบไม่เป็นเส้นตรง และขึ้นกับความเข้มข้นของสารที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ณ เวลานั้นๆ เช่นเดียวกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง แต่ปฏิกิริยาอันดับสองจะเกิดอัตราการเสื่อมเสียของค่าคุณภาพได้มากกว่าปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง เมื่อมีความเข้มข้นของสารเท่ากัน (Sewald และ DeVries, 2017) มีสมการแสดงการเปลี่ยนแปลง ดังต่อไปนี้ (Yan และคณะ, 2007)

$$1/C_0 - 1/C_t = -kt$$

กำหนดให้ C_0 คือ ความเข้มข้นเริ่มต้น
 C_t คือ ความเข้มข้นที่เวลาใดๆ
 k คือ rate constant หรือค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)

2.10.2 สมการอาร์เรเนียส (Arrhenius model)

Martins และคณะ (2001) กล่าวว่า จากผลการศึกษาของ Svante August Arrhenius ทำให้พบว่า อุณหภูมิมีผลต่ออัตราของการเกิดปฏิกิริยาค่อนข้างมาก โดยที่อุณหภูมิต่ำปฏิกิริยาจะดำเนินไปได้ช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง และแต่ละอุณหภูมิจะมีค่าคงที่อัตราไม่เท่ากัน ซึ่งมีสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และค่าคงที่ของอัตรา ดังนี้

$$k = A \exp(-E^a/RT) \text{ หรือ}$$

$$\ln k = \ln A + (\text{slope}/T)$$

กำหนดให้ k คือ rate constant หรือค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)
 A คือ แฟกเตอร์ความถี่ (หน่วยเหมือนค่า k)
 E_a คือ พลังงานกระตุ้น (J/mol)
 R คือ ค่าคงที่ของแก๊ส (8.314 J/mol K)
 T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

Yan และคณะ (2007) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 15, 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส กำหนดให้มีความชื้นสัมพัทธ์ ขณะเก็บรักษา เท่ากับร้อยละ 50 ถึง 57, 61 ถึง 68 และ 75 ถึง 76 ตามหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (L^*) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) อยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order)

Maskan (2001) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กวีวี่ในระหว่างอบแห้งด้วยลมร้อน ไมโครเวฟ และลมร้อนผสมไมโครเวฟ ตามหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมี พบว่า ผลิตภัณฑ์กวีวี่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) อยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์กวีวี่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนผสมไมโครเวฟ มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) อยู่ในปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first-order)

Kaczmarek และคณะ (2015) ได้ศึกษาการสร้างสมการที่ใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3, 6, 9, และ 18 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูมีการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ซึ่งมีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ $2.6979 \times 10^{18} \text{ วัน}^{-1}$ ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 109 KJ/mol โดยมีสมการที่ใช้ทำนายค่า TBARS ที่อุณหภูมิและเวลาใดๆ ดังนี้ $TBA = [TBA]_0 + 2.6979 \times 10^{18} \times \exp(-13119.39/RT) \times t$

Wenjiao และคณะ (2014) ได้ศึกษาการสร้างสมการที่ใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูมีการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง มีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ $9.262 \times 10^{10} \text{ วัน}^{-1}$ ค่าพลังงานกระตุ้นเท่ากับ 14.12 KJ/mol โดยมีสมการที่ใช้ทำนายค่า TBARS ที่อุณหภูมิและเวลาใดๆ ดังนี้ $B = B_0 \exp [(9.262 \times 10^{10} t \exp(-14120)/RT)]$

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เนื้ออกไก่ จากตลาดสดปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

3.1.2 ไขมันไก่ที่ติดกับหนังไก่ โดยมีอัตราส่วนไขมันไก่ต่อหนังไก่ประมาณ 1 : 1 จากตลาดสดปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

3.1.3 กระเทียมชนิดกลีบใหญ่ (กระเทียมจีน) จากตลาดสดปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

3.1.4 หอมแดง จากตลาดสดปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี

3.1.5 เปลือกป่น ตราปรุngthิพย์ บริษัท สหพัฒน์พิบูล จำกัด

3.1.6 โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (STPP) บริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

3.1.7 น้ำตาล ตรามิตรผล บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

3.1.8 น้ำปลา ตรahoyนางรม บริษัท น้ำปลาพิไชย จำกัด

3.1.9 พริกไทยขาวป่น ตรามือที่ 1 บริษัท อัจฉิตต์อินเตอร์เนชั่นเนล เพ็พเพอร์แอนด์สไปซ์ จำกัด

3.1.10 ผงชูรส ตรายายิโนะโมะไต้ะ บริษัท อายิโนะโมะไต้ะ ประเทศไทย จำกัด

3.1.11 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soy protein isolate; SPI) ISOPRO500A ซื้อจากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ซึ่งคุณลักษณะของ SPI แสดงดังภาคผนวก ค

3.1.12 โปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา (pea protein isolate; PPI) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Emsland Asia Food Innovation Corp. Co., Ltd ซึ่งคุณลักษณะของ SPI แสดงดังภาคผนวก ค

3.2 สารเคมี

3.2.1 3-*tert*-butyl-4-hydroxyanisole (BHA) ชนิด analytical grade ยี่ห้อ Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2 3,5-di-*tert*-4-butylhydroxytoluene (BHT) ชนิด analytical grade ยี่ห้อ Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.3 2-thiobarbituric acid (TBA) ชนิด analytical grade ยี่ห้อ Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.4 1,1,3,3,-tetraethoxypropane (TEP) ชนิด analytical grade ยี่ห้อ TCI บริษัท TCI ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.5 propylene glycol ชนิด analytical grade ยี่ห้อ Carlo erba reagents บริษัท Carlo erba reagents ประเทศสเปน

3.2.6 tween 20 ชนิด phrama grade ยี่ห้อ PanReac AppliChem บริษัท Panreac Quimica ประเทศสเปน

3.2.7 hydrochloric acid (HCl) 37% (analytical grade) ยี่ห้อ RCI Labscan บริษัท RCI Labscan จำกัด ประเทศไทย

3.2.8 trichloroacetic acid (TCA) (analytical grade) ยี่ห้อ Aldrich บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.3 วัสดุอุปกรณ์

3.3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการผลิตไก่ย่อย

3.3.1.1 เครื่องบดเนื้อ ยี่ห้อ Kenwood Major รุ่น KM005 ประเทศอังกฤษ

3.2.1.2 เครื่องสับผสม ยี่ห้อ Panasonic รุ่น MK-5087M ประเทศมาเลเซีย

3.2.1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น ED32025-CW ประเทศเยอรมนี

3.2.1.4 เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Leifheit รุ่น LFH-03095 ประเทศเยอรมนี

3.2.1.5 เครื่องบรรจุสุญญากาศ ยี่ห้อ VAC-STAR รุ่น S210PX ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.2.1.6 เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ (water spray retort) บริษัท Owner Food Machinery รุ่น PP500 ประเทศไทย

3.2.1.7 เครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) ยี่ห้อ Yokogawa รุ่น FX1012 ประเทศจีน และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ (thermocouple) ขนาดความยาวเข็ม 2.5 เซนติเมตร

3.2.1.8 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ (PET 12 μm /ON 15 μm /Al 9 μm /CPP 80 μm) ขนาด 7x12 เซนติเมตร บริษัท รอยัล เมอิวะ แพ็คซ์ จำกัด ประเทศไทย

3.2.1.9 บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ (PET coated with aluminium oxide 13 μm /ON 15 μm /CPP 70 μm) ขนาด 7x12 เซนติเมตร บริษัท รอยัล เมอิวะ แพ็คซ์ จำกัด ประเทศไทย

3.2.1.10 อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ พิมพ์เคลือบเทฟลอนทรงเหลี่ยมแบบมีฝาปิด ขนาด 9 x 12 x 6 เซนติเมตร ลังถึง หม้อ เชียง มีด ซ้อน เป็นต้น

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์

3.2.2.1 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BA210S ประเทศเยอรมนี

3.2.2.2 เครื่องชั่งตวงวัด 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น ED32025-CW ประเทศเยอรมนี

3.2.2.3 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น ColorFlex CX2687 ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.4 เครื่องวัดค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XTPlus ประเทศอังกฤษ และหัววัดทรงกระบอกขนาด 50 มิลลิเมตร (cylindrical probe P/50)

3.2.2.5 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ยี่ห้อ TOMY รุ่น MX-305 High Speed ประเทศญี่ปุ่น

3.2.2.6 เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ยี่ห้อ Hettich รุ่น Universal/16R ประเทศเยอรมนี

3.2.2.7 เครื่องอัลตราไวโอเลต วิสเปิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) ยี่ห้อ Unicam รุ่น UV2-100 ประเทศอังกฤษ

3.2.2.8 เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Sartorius รุ่น PB-20 ประเทศเยอรมนี

3.2.2.9 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้ได้เท่ากับ 45 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Binder รุ่น BD 115 ประเทศเยอรมนี

3.2.2.10 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้ได้เท่ากับ 55 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Binder รุ่น ED ประเทศเยอรมนี

3.2.2.11 ตู้บ่มเชื้อ (incubator) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้ให้ได้เท่ากับ 35 องศาเซลเซียส ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี

3.2.2.12 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WNB 14 ประเทศเยอรมนี

3.2.2.13 เครื่องผสมสารละลาย (vortex mixer) ยี่ห้อ Dragonlab รุ่น MX-S ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.14 ออโต้ปิเปตแบบปรับได้ (variable volume pipettes) ขนาด 100-1,000 μ l ยี่ห้อ pipetman รุ่น G ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.15 ออโต้ปิเปตแบบปรับได้ (variable volume pipettes) 1-10 ml ยี่ห้อ pipetman รุ่น neo ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.2.16 หลอดเซนตริฟิวจ์ที่ทนความร้อนมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ขนาด 50 มิลลิลิตร ยี่ห้อ Hycon plastics ประเทศอังกฤษ

3.2.2.17 กระดาษเช็ดมือกระดาษสำหรับงานครัว ขนาดแผ่นใหญ่ (cooking towels) ยี่ห้อสก๊อตต์ บริษัทคิมเบอร์ลีย์ - คลีค ประเทศไทย

3.2.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.2.3.1 ถ้วยชิมพลาสติกแบบมีฝาปิด

3.2.3.2 ถูจิบลิ้อค

3.2.3.3 แก้วน้ำพลาสติก

3.2.3.4 ไม้จิ้มฟัน

3.2.3.5 แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภค

3.4 วิธีการเตรียมวัตถุดิบ

3.4.1 การเตรียมเนื้ออกไก่

นำมาล้างน้ำให้สะอาดที่อุณหภูมิห้อง ตัดแต่งไขมัน และฟังฟัดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 5 มิลลิเมตร บดซ้ำสองครั้ง แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (polyethylene, PE) และนำไปแช่เยือกแข็งในช่องแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที จนผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเท่ากับ 0 ถึง 1 องศาเซลเซียส

3.4.2 การเตรียมไขมันไก่

3.4.2.1 ไขมันไก่สำหรับไก่ยอสูตรควบคุม

นำมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร บดซ้ำสองครั้ง แล้วบรรจุในถุงพลาสติกชนิด PE จากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1

3.4.2.2 ไขมันไก่สำหรับไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต

นำมาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อผ่านหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร บดซ้ำสองครั้ง หลังจากนั้นสับผสมรวมกับ SPI หรือ PPI ตามปริมาณที่ระบุไว้ในตารางที่ 3.1 ด้วยเครื่องสับผสมเป็นระยะเวลา 2 นาที หลังจากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1

3.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

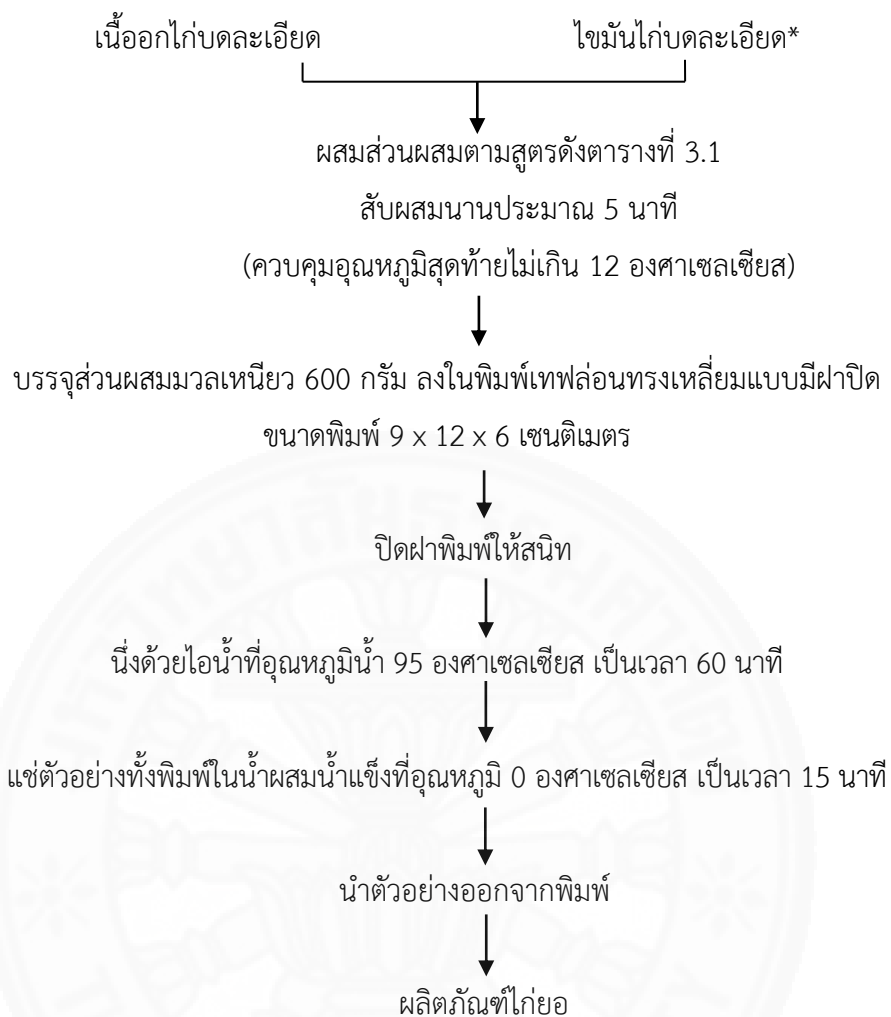
3.5.1 ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

ผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรต้นแบบและสูตรลดฟอสเฟต ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร แสดงในตารางที่ 3.1 โดยไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตใช้สารทดแทนฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ SPI และ PPI ปริมาณชนิดละ 4 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 2, 4, และ 6 โดยน้ำหนักรวม ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอแสดงดังรูปที่ 3.1 จากนั้นตัดแต่งผลิตภัณฑ์ไก่ยอให้มีรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 3 x 5 x 2 เซนติเมตร น้ำหนักต่อชิ้น 30±5 กรัม แล้วบรรจุลงในรีทอร์ทแพคเกจแบบที่บที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ ขนาด 7 x 12 เซนติเมตร และปิดผนึกที่สภาวะสุญญากาศ นำไปเข้าเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ เพื่อให้ความร้อนที่ระดับสเตอริไลซ์ตามรูปแบบการให้ความร้อนตามตารางที่ 3.2 หลังจากนั้นจึงคัดเลือกสูตรการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป โดยทำการทดสอบการแทรกผ่านความร้อน และประเมินคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 สูตรการผลิตไถ่ยอสูตรต้นแบบและสูตรลดฟอสเฟต

ส่วนผสม (ร้อยละ)	สูตรต้นแบบ*	สูตรลดฟอสเฟต					
		SPI			PPI		
		2	4	6	2	4	6
เนื้ออกไก่	69.25	67.96	66.65	65.39	67.96	66.65	65.39
ไขมันไก่	18.20	17.86	17.52	17.19	17.86	17.52	17.19
น้ำแข็ง	6.80	6.67	6.54	6.42	6.67	6.54	6.42
เกลือ	1.05	1.03	1.01	0.99	1.03	1.01	0.99
น้ำตาล	1.20	1.18	1.15	1.13	1.18	1.15	1.13
พริกไทย	1.50	1.47	1.44	1.42	1.47	1.44	1.42
ผงชูรส	0.30	0.29	0.29	0.28	0.29	0.29	0.28
น้ำปลา	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.47
หอมแดงสับ	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.47
กระเทียมสับ	0.50	0.49	0.48	0.47	0.49	0.48	0.47
STPP	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
SPI	-	2.00	4.00	6.00	-	-	-
PPI	-	-	-	-	2.00	4.00	6.00

*ที่มา: ดัดแปลงจากขนิษฐา (2558)



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตก๊วยอ

ตารางที่ 3.2 รูปแบบการให้ความร้อนระดับสเตอร์ไลซ์ของเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ

ขั้นที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ความดันเกจ (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
1	70	1	14.50
2	90	2	17.40
3	110	2	20.31
4	115	2	23.21
5	124	3	27.56
6	110	2	20.31
7	90	2	14.50
8	60	2	10.15
9	40	2	0.00

3.5.1.1 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อที่บรรจุในรีโอร์ทเพาซ์ (heat penetration test)

บันทึกอุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ และอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อที่บรรจุในรีโอร์ทเพาซ์บริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ ด้วยเข็มวัดอุณหภูมิ ติดตามผลทุกๆ 1 นาที จนถึงสุดกระบวนการให้ความร้อนและทำให้เย็น แล้วคำนวณหาค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไถ่เยื่อตามวิธี General method (สายวรุฬ, 2547)

3.5.1.2 การประเมินความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability) ของส่วนผสมมวลเหนียวก่อนปรุงสุก

ประเมินความคงตัวของอิมัลชันตามวิธีของวรรณชยา และคณะ (2556) โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมมวลเหนียวหลังการสับผสมปริมาณ 25 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ (W_a) และนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,600 xg ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง หลังจากนั้นแยกส่วนของเหลวออก ส่วนผสมที่เหลือในหลอดเซนตริฟิวจ์นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงปั่นเหวี่ยงที่ 3,600 xg ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที แยกส่วนของเหลวออกอีกครั้ง หลังจากนั้นนำส่วนผสมที่เหลือในหลอดเซนตริฟิวจ์ไปชั่งน้ำหนัก (W_b) คำนวณหาร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (total expressible fluid; %TEF) โดยไถ่เยื่อแต่ละสูตรวัดค่า %TEF จำนวน 2 หลอดต่อ 1 ซ้ำ

$$\text{สูตรการคำนวณ \%TEF} = [(W_a - W_b) / W_a] \times 100$$

กำหนดให้ W_a = น้ำหนักหลอดเซนตริฟิวจ์และส่วนผสมมวลเหี่ยวก่อนปรุงสุก (กรัม)

W_b = น้ำหนักหลอดเซนตริฟิวจ์และส่วนผสมที่เหลือหลังแยกของเหลวออก (กรัม)

3.5.1.3 การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไถ่อยู่ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ (ดัดแปลงจาก Porcella และคณะ, 2001) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างไถ่ยก่อนบรรจุลงในรีทอร์ทเพาซ์ (W_c) และน้ำหนักตัวอย่างไถ่ยกหลังให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยนำตัวอย่างไถ่ยกออกจากรีทอร์ทเพาซ์ แล้วใช้กระดาษชั่งน้ำหนักสำหรับงานครัว ชั่งของเหลวรอบๆ ขึ้นตัวอย่างไถ่ยก ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก (W_d) คำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (sterilization weight loss; %SWL) โดยไถ่ยกแต่ละสูตรทำการวัดค่า %SWL จำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ซ้ำ

$$\text{สูตรการคำนวณ \%SWL} = [(W_c - W_d) / (W_c)] \times 100$$

กำหนดให้ W_c = น้ำหนักตัวอย่างไถ่ยกก่อนให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (กรัม)

W_d = น้ำหนักตัวอย่างไถ่ยกหลังให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (กรัม)

3.5.1.4 การวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่อยู่ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ซึ่งไถ่ยกที่บดละเอียดปริมาณ 10 กรัม ผสมน้ำกลั่นปริมาตร 90

มิลลิลิตร แล้ววัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช (Agnihotri และ Pal, 1997) โดยไถ่ยกแต่ละสูตรทำการวัดค่าพีเอชจำนวน 2 ครั้งต่อ 1 ซ้ำ

3.5.1.5 การวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่อยู่ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ตัดตัวอย่างไถ่ยกให้มีขนาด $3 \times 2.5 \times 2$ เซนติเมตร แล้ววัดค่าสี ได้แก่ ความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ด้วยเครื่องวัดสี ตั้งค่ามาตรฐานของเครื่องโดยใช้จานเทียบสีดำและสีขาว เลือกใช้โหมด setup number 14 โดยไถ่ยกแต่ละสูตรทำการวัดค่าสีจำนวน 3 ซ้ำต่อ 1 ซ้ำ

3.5.1.6 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยที่บรรจุในรีทอร์ทแพช

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยด้วยวิธี 9-point hedonic scale กำหนดให้คะแนน 1 คือไม่ชอบมากที่สุด คะแนน 9 คือชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เตรียมตัวอย่างไถ่ย โดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ เซนติเมตร แล้วบรรจุลงในถ้วยพลาสติกที่มีรหัสกำกับตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก ปิดฝาให้สนิท หลังจากนั้นเสิร์ฟตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง โดยให้ผู้บริโภคทำแบบสอบถามความชอบ (ภาคผนวก ข-1) ในด้านสี เนื้อสัมผัส ความชุ่มน้ำ รสชาติ กลิ่นรส และความชอบรวม

3.5.1.7 การวิเคราะห์ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยที่บรรจุในรีทอร์ทแพช

ตัดตัวอย่างไถ่ยให้มีขนาด $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ เซนติเมตร หลังจากนั้นวัดค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) ดัดแปลงจาก Colmenero และคณะ (2010) โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาด 50 มิลลิเมตร (P/50) กำหนดให้หัววัดกดลงบนตัวอย่างด้วยความเร็วก่อนกด (pre-test speed) เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะกด (test speed) เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร/วินาที เป็นระยะ 5 มิลลิเมตร หลังจากนั้นหัววัดจะเคลื่อนที่กลับด้วยความเร็ว (post-test speed) เท่ากับ 10.0 มิลลิเมตร/วินาที ซึ่งหัววัดจะกดลงบนตัวอย่างอีกครั้งด้วยความเร็วเท่าเดิม ทำการบันทึกค่า ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) ค่าความเหนียว (adhesiveness) และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (chewiness) รวมถึงไถ่ยแต่ละสูตรวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัสจำนวน 9 ขึ้นต่อ 1 ซ้ำ

3.5.1.8 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินความคงตัวของอิมัลชัน และการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ไถ่ยหลังให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ ได้แก่ ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ค่าพีเอช ค่าสี และค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD แบบ 2×4 โดยมีปัจจัยที่ศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย คือ ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟต 2 ชนิด ได้แก่ SPI และ PPI และปริมาณของสารทดแทนฟอสเฟต 4 ระดับ ได้แก่ ปริมาณร้อยละ 0, 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม ทำการทดลองจำนวน 2 ซ้ำ สำหรับการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.5.2 ศึกษาสถานะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

ผลิตไถ่ยอลดฟอสเฟตตามสูตรที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อที่ 3.5.1 หลังจากนั้นบรรจุลงในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมพอยล์เป็นส่วนประกอบ ขนาด 7 x 12 เซนติเมตร และปิดผนึกที่สภาวะสุญญากาศ หลังจากนั้นศึกษาการแปรระดับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที กำหนดให้ความดันแก๊มมีค่าเท่ากับ 27.56 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที กำหนดให้ความดันแก๊มมีค่าเท่ากับ 27.56 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที กำหนดให้ความดันแก๊มมีค่าเท่ากับ 24.66 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จากนั้นประเมินคุณภาพด้านต่างๆ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตตามสูตรที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อที่ 3.5.1 แต่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำตามวิธีพื้นบ้าน (สูตรควบคุม) เพื่อคัดเลือกสถานะที่เหมาะสมในการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป ซึ่งจะทดสอบการแทรกผ่านความร้อน และประเมินคุณภาพด้านต่างๆของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอ ดังนี้

3.5.2.1 การทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟต ที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ (heat penetration test)

ทดสอบการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ ซึ่งผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.1

3.5.2.2 การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนระดับ พาสเจอร์ไรซ์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟต

วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (ดัดแปลงจาก Porcella และคณะ, 2001) โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมมวลเหนียวหลังการสับผสมปริมาณ 600 กรัม (W_e) ใส่ในพิมพ์ แล้วนำไปให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ตามรูปที่ 3.1 หลังจากนั้นนำตัวอย่างไถ่ยอออกจากพิมพ์เทฟลอน แล้วใช้กระดาษชั่งน้ำหนักสำหรับงานครัวค่อยๆ ชับของเหลวรอบๆ ขึ้นไถ่ยอ หลังจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W_f) คำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization weight loss; %PWL) โดยไถ่ยอแต่ละสูตรวัดค่า %PWL จำนวน 3 ขึ้นต่อ 1 ช้า

$$\text{สูตรการคำนวณ \%PWL} = [(W_e) - (W_f) / (W_e)] \times 100$$

กำหนดให้ W_e = น้ำหนักส่วนผสมมวลเหนียวหลังการสับผสม (กรัม)

W_f = น้ำหนักตัวอย่างไถ่ยอหลังให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยไอน้ำ (กรัม)

3.5.2.3 การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนใน

เครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.3

3.5.2.4 การวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตหลัง

ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

วิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.5

3.5.2.5 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอด

ฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.6

3.5.2.6 การวิเคราะห์ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอด

ฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

วิเคราะห์ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.7

3.5.2.7 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ค่าสี และค่าลักษณะเค้าโครงเนื้อสัมผัส จะวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี

Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.5.3 ศึกษาชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่อยู่ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ โดยการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ผลิตไก่ยอดฟอสเฟตทดแทนฟอสเฟตตามสูตรที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อที่ 3.5.1 หลังจากนั้นบรรจุไก่ลงในรีทอร์ทเพาซ์ 2 ชนิด ได้แก่ รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ และรีทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ ขนาด 7 x 12 เซนติเมตร จากนั้นปิดผนึกที่สภาวะสุญญากาศ และนำไปให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ตามรูปแบบที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อที่ 3.5.2 ศึกษาอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ประเมินคุณภาพด้านต่างๆ ทุก 1 สัปดาห์ จากนั้นเลือกค่าคุณภาพที่สามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตได้ชัดเจนที่สุดมาใช้ในคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตด้วยการคำนวณตาม kinetic model

3.5.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ โดยส่งตรวจที่บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตร แห่งเอเชีย จำกัด (AMARC) ทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (พ.ศ. 2556) ว่าด้วยเรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมด (FDA-BAM online, 2001) ยีสต์และรา (AOAC, 2015) Coliforms (FDA-BAM online, 2013) *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่าง 25 g (ISO 6888-3, 2003) *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 g (ISO 6579, 2002) *Cl. botulinum* ในตัวอย่าง 25 g (FDA-BAM online, 2001) mesophilic และ thermophilic anaerobic sporeformer (APHA, 2001)

3.5.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (FDA-BAM online, 2001) ยีสต์และรา (AOAC, 2015) ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยส่งตรวจที่ AMARC

3.5.3.3 การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไถ่ยอดก่อนการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (W_c) และน้ำหนักตัวอย่างไถ่ยอดที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา (ดัดแปลงจาก Porcella และคณะ, 2001) นำตัวอย่างไถ่ยอดออกจากรีทอร์ทเพาซ์ ใช้กระดาษชั่งน้ำหนักสำหรับงานครัว ค่อยๆ ซับของเหลวรอบๆ ชั่งตัวอย่างไถ่ยอด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก (W_{week}) หลังจากนั้นคำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (storage weight loss; %STWL) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสวัดค่า %STWL จำนวน 4 ซินต่อ 1 ซ้ำ

$$\text{สูตรการคำนวณ \%STWL} = [(W_c) - (W_{week}) / (W_c)] \times 100$$

กำหนดให้ W_c = น้ำหนักตัวอย่างไถ่ยอดก่อนให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (กรัม)
 W_{week} = น้ำหนักตัวอย่างไถ่ยอดระหว่างการเก็บรักษา (กรัม) ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4

3.5.3.4 การวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.5 คำนวณการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีในสัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษา

$$\text{สูตรการคำนวณ } \Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

กำหนดให้ ΔL^* = ผลต่างระหว่างค่าความสว่างในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 หรือ 4
 Δa^* = ผลต่างระหว่างค่าสีแดงในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 หรือ 4
 Δb^* = ผลต่างระหว่างค่าสีเหลืองในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 หรือ 4

3.5.3.5 การวิเคราะห์ค่าค่าโคโรนลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าค่าโคโรนลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส ระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.7 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4

3.5.3.6 การวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อที่ 3.5.1.4 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4

3.5.3.7 การวิเคราะห์ปริมาณ 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ปริมาณ TBARS ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา โดยไก่ยอดที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) จำนวน 4 ครั้งต่อ 1 ซ้ำ ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 หลังจากนั้นคำนวณปริมาณ TBARS (g malonaldehyde (MDA)/kg sample) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอดจากกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของสารละลาย 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP) แสดงดังรูปที่ 1 ก (ดัดแปลงจาก Sinnhuber และ Yu, 1977) ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4

3.5.3.8 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยเตรียมตัวอย่างไก่ยอดตามการศึกษาในข้อ 3.5.1.6 ซึ่งการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสในการศึกษาขั้นตอนนี้ ผู้บริโภคไม่ต้องชิมผลิตภัณฑ์ไก่ยอด และจะให้ผู้บริโภคทำแบบสอบถามความชอบจำนวน 2 ชุด ด้วยวิธี 9-point hedonic scale จำนวน 2 ชุด ดังนี้

(1) แบบสอบถามความชอบชุดที่ 1 (ภาคผนวก ข-2)

ประเมินตัวอย่างไก่ยอดที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบ และแบบใส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบรวม

(2) แบบสอบถามความชอบชุดที่ 2 (ภาคผนวก ข-3)

ประเมินเฉพาะตัวอย่างไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใส ในด้าน
ของเหลวรอบชิ้นไถ่ยอ

3.5.3.9 การคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุใน รีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด

เลือกค่าคุณภาพที่สามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสได้ชัดเจนที่สุดมาใช้ในคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟต ด้วยการคำนวณตามหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมี (kinetic model)

3.5.4 ศึกษาชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ต่อคุณภาพขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุ ในรีทอร์ทเพาซ์ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลิตไถ่ยอลดฟอสเฟตทดแทนฟอสเฟตตามสูตรที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อที่ 3.5.1 หลังจากนั้นบรรจุไถ่ยอลงในรีทอร์ทเพาซ์ 2 ชนิด ได้แก่ รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ และรีทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบขนาด 7 x 12 เซนติเมตร จากนั้นปิดผนึกที่สภาวะสุญญากาศ แล้วนำไปให้ความร้อนระดับสเตอร์ไรส์ตามสภาวะที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อที่ 3.5.2 หลังจากนั้นศึกษาอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟต โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ประเมินคุณภาพด้านต่างๆ ทุก 4 สัปดาห์

3.5.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุ ในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดหลังผ่านการทำความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสหลังผ่านการทำความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.1

3.5.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุ ในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.2 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.3 การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.3 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.4 การวิเคราะห์ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าสีและการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.4 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.5 การวิเคราะห์ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.5 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.6 การวิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.6 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.7 การวิเคราะห์ปริมาณของ 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

วิเคราะห์ปริมาณ TBARS ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.7 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.8 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอด พอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษา

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดพอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการศึกษาในข้อ 3.5.3.8 ประเมินผลทุกสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4

3.5.4.9 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดพอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส โดยการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง และที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าพีเอช และค่า TBARS ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ และการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลของการใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

จากการศึกษาผลของการใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ ซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที ทั้งนี้ให้ผลการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอ และให้ผลการประเมินคุณภาพในด้านความคงตัวของอิมัลชัน ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ ค่าพีเอช ค่าสี คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส และค่าลักษณะเนื้อสัมผัส ดังต่อไปนี้

4.1.1 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

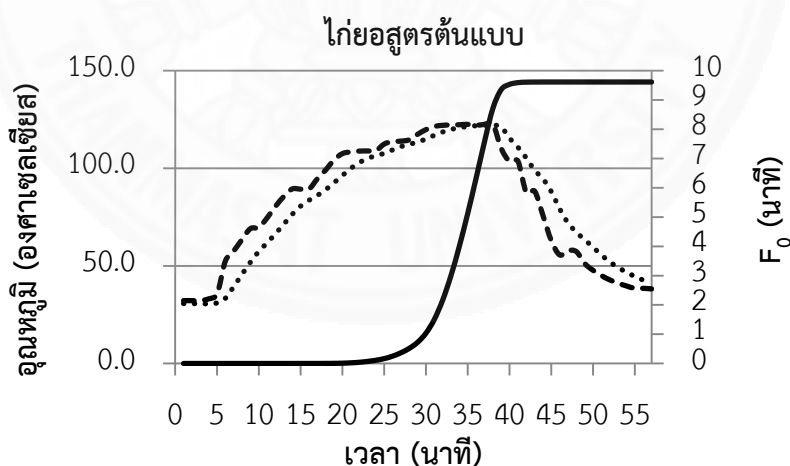
การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอทุกสูตรมีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 8.73 ถึง 9.61 นาที สอดคล้องกับประกาศของ FAO ที่ระบุว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่บรรจุในกระป๋องทุกชนิดจะต้องผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 117 ถึง 130 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า F_0 เท่ากับ 4.0 ถึง 5.5 นาที จึงจะเพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* (Heinz และ Hautzinger, 2007)

ตารางที่ 4.1 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

ชนิด	สารทดแทนฟอสเฟต		ค่า F_0 (นาที)
	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)		
SPI	0		9.61
	2		8.73
	4		9.15
	6		9.51
PPI	0		9.61
	2		8.96
	4		9.30
	6		9.07

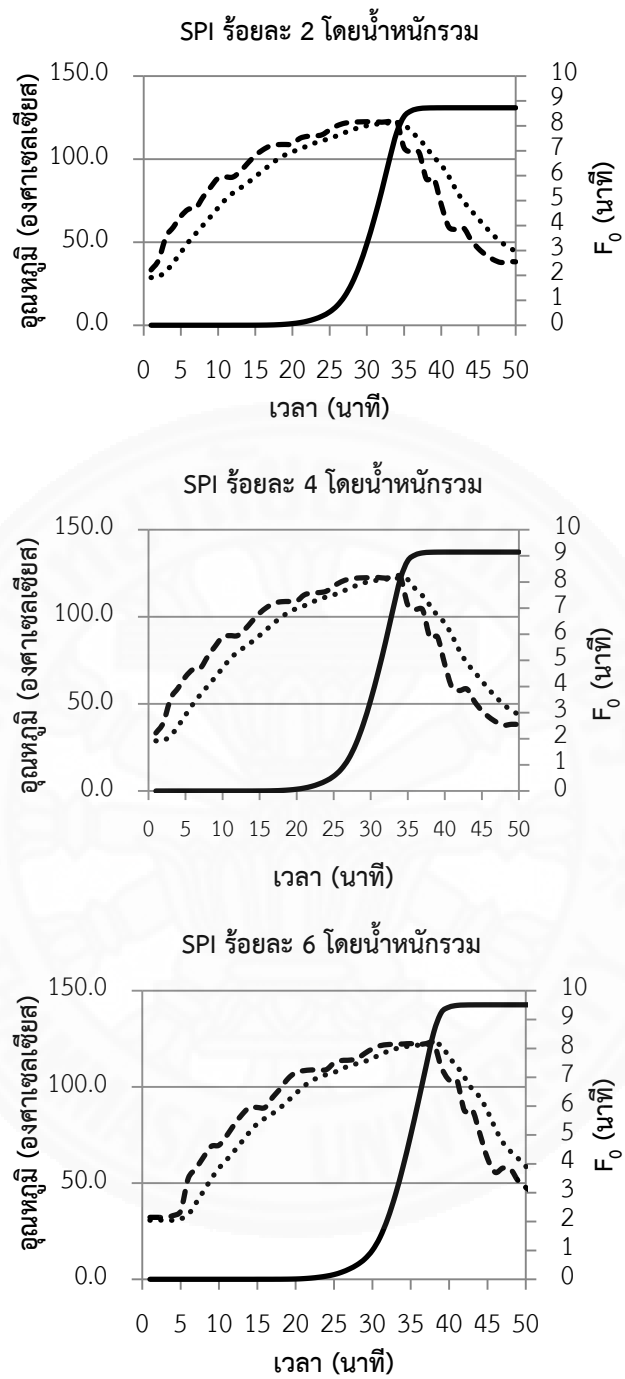
ตามรูปที่ 4.1 ถึง 4.3 และตารางที่ 4.1 พบว่า ผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบมีค่า F_0 มากกว่าผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 ถึง 6 โดยน้ำหนัก รวม ทั้งนี้ผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบมีค่า F_0 เท่ากับ 9.61 นาที ในขณะที่ผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตมีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 8.73 ถึง 9.51 นาที แสดงว่า ผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบและสูตรลดฟอสเฟตมีการถ่ายเทความร้อนไม่เท่ากัน

จากการศึกษาการถ่ายเทความร้อนตามกฎของ Fourier พบว่า การถ่ายเทความร้อนในอาหารแปรผกผันกับค่าความจุความร้อน (specific heat) และความหนาแน่น (density) ของอาหาร โดยอาหารที่มีค่าความจุความร้อนสูง และความหนาแน่นมาก จะมีการถ่ายเทความร้อนช้า (ASHRAE, 2006) เมื่อพิจารณาส่วนผสมของผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบเปรียบเทียบกับไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟต ตามตารางที่ 3.1 พบว่า ผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบมีปริมาณส่วนผสมโดยเฉพาะน้ำ ซึ่งมีค่าความจุความร้อนสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมอื่นๆ (ASHRAE, 2006) มากกว่าไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟต โดยผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบมีปริมาณน้ำร้อยละ 6.80 โดยน้ำหนักรวม ในขณะที่ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติมสาร SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 ถึง 6 โดยน้ำหนักรวม มีปริมาณน้ำร้อยละ 6.42 ถึง 6.67 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบมีค่าความจุความร้อนมากกว่าผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟต ดังนั้นผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบจึงมีการถ่ายเทความร้อนที่ช้ากว่าไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟต



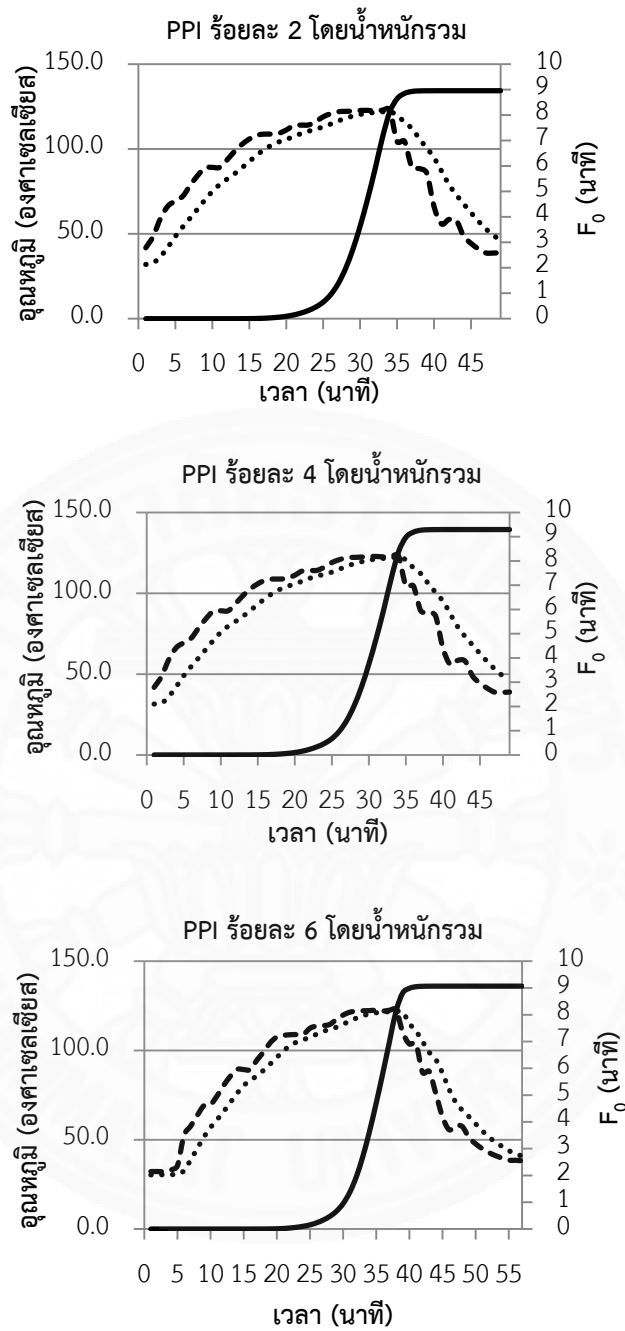
รูปที่ 4.1 การแทรกผ่านความร้อนของผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอสูตรต้นแบบ

- กำหนดให้
- หมายถึง อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ
 - หมายถึง อุณหภูมิบริเวณจุดกึ่งกลางของผลผลิตก้อนที่ไถ่ยอ
 - หมายถึง ค่า F_0 ระหว่างการให้ความร้อนที่ระยะเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.2 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดสูตรฟอสเฟตที่ใช้ SPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตที่ปริมาณต่างๆ

- กำหนดให้
- หมายถึง อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ
 - หมายถึง อุณหภูมิบริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ไก่ยอด
 - หมายถึง ค่า F_0 ระหว่างการให้ความร้อนที่ระยะเวลาต่างๆ



รูปที่ 4.3 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่ใช้ PPI เป็นสารทดแทนฟอสเฟตที่ปริมาณต่างๆ

- กำหนดให้
- หมายถึง อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อแนวนอนแบบใช้การพ่นไอน้ำ
 - หมายถึง อุณหภูมิบริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ
 - หมายถึง ค่า F_0 ระหว่างการให้ความร้อนที่ระยะเวลาต่างๆ

และเมื่อพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์ไก่ยอดสุตรลดฟอสเฟต จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ว่า การเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็น 4 และ 6 ตามลำดับ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดสุตรลดฟอสเฟตมีค่า F_0 มากขึ้นด้วย เนื่องจาก SPI หรือ PPI ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์ไก่ยอดเกิดการรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน (non-meat protein island) และสามารถกระจายตัวในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนเนื้อสัตว์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดมีความแน่นเนื้อมากขึ้น (Youssef และ Barbut, 2011) แสดงว่าการเติม SPI หรือ PPI ปริมาณเพิ่มขึ้นอาจจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นด้วย

4.1.2 ความคงตัวของอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดก่อนปรุงสุก

จากการประเมินความคงตัวอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดก่อนปรุงสุก โดยการคำนวณหาร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) ของส่วนผสมมวลเหนียวหลังการสับผสม ให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และค่า %TEF แสดงดังตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดก่อนปรุงสุก

sources of variation	df	<i>p</i> value ของ %TEF
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.519
ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (B)	3	0.021**
A x B	3	0.543

** ปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟต และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่า %TEF แต่ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตที่เดิมมีผลต่อค่า %TEF

ตารางที่ 4.3 ค่าร้อยละปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกได้ (%TEF) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ก่อนปรุงสุก

ชนิดสาร ns	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
SPI	12.93 ± 1.56	10.12 ± 0.22	5.99 ± 0.40	4.06 ± 0.26	8.28 ± 3.78
PPI	12.93 ± 1.56	10.75 ± 0.73	6.21 ± 1.03	3.95 ± 0.78	8.46 ± 3.91
เฉลี่ย	12.93 ± 1.56 ^a	10.44 ± 0.57 ^b	6.10 ± 0.65 ^c	4.00 ± 0.48 ^d	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

a, b, c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแถวบนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่สูตรต้นแบบมีค่า %TEF มากกว่าไถ่สูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 ถึง 6 โดยน้ำหนักรวม โดยผลิตภัณฑ์ไถ่สูตรต้นแบบมีค่า %TEF เท่ากับ 12.93 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไถ่สูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI มีค่า %TEF อยู่ระหว่าง 3.95 ถึง 10.75 และการเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็น 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ไถ่สูตรลดฟอสเฟตมีค่า %TEF ลดลง ($p < 0.05$) โดยไถ่สูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวม มีค่า %TEF เท่ากับร้อยละ 10.12 หรือ 10.75 ตามลำดับ ในขณะที่ไถ่สูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม มีค่า %TEF เท่ากับร้อยละ 5.99 หรือ 6.21 ตามลำดับ และไถ่สูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนักรวม จะมีค่า %TEF น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.06 หรือ 3.95 ตามลำดับ แสดงถึงผลิตภัณฑ์ไถ่ที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันมากขึ้น

ผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Serdaroglu และ Özsümer (2003) ที่พบว่า ส่วนผสมมวลเหนียวหลังผ่านการสับผสมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวที่เติมโปรตีนจากถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม มีค่า %TEF น้อยกว่าส่วนผสมมวลเหนียวที่ไม่มีการเติมโปรตีนจากถั่วเหลือง

ทั้งนี้เนื่องจาก SPI และ PPI มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์จึงสามารถจับน้ำและไขมันให้คงตัวอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ได้ (Gao และคณะ, 2015; Petracci และคณะ, 2013; Pietrasik และ Duda, 2000; Pietrasik และ Janz, 2010; Serdaroglu และ Özsümer, 2003; Youssef และ Barbut, 2011) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ที่เติม SPI หรือ PPI มีความคงตัวของอิมัลชันมากขึ้น

4.1.3 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ของผลิตภัณฑ์ไถयोที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไถयोที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และค่า %SWL แสดงดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ของผลิตภัณฑ์ไถयोที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

sources of variation	df	p value ของค่า %SWL
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.588
ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (B)	3	0.000**
A x B	3	0.811

** ปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟต และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่า %SWL แต่ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตที่เดิมมีผลต่อค่า %SWL

ตารางที่ 4.5 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ (%SWL) ของผลิตภัณฑ์ไถयोที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ชนิดสาร ^{ns}	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
SPI	6.70 ± 0.37	6.42 ± 0.20	4.68 ± 0.27	3.31 ± 0.67	5.28 ± 1.50
PPI	6.70 ± 0.37	6.40 ± 0.57	4.22 ± 0.38	3.33 ± 0.18	5.16 ± 1.56
เฉลี่ย	6.70 ± 0.37 ^a	6.41 ± 0.35 ^a	4.45 ± 0.38 ^b	3.32 ± 0.40 ^c	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

^{a, b, c} ตัวเลขที่อักษรกำกับในแถวบนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผลผลิตกัญชงไถ่ย่อยสูตรต้นแบบมีค่า %SWL มากกว่าไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 ถึง 6 โดยน้ำหนักรวม โดยผลผลิตกัญชงไถ่ย่อยสูตรต้นแบบมีค่า %SWL เท่ากับ 6.70 ในขณะที่ไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI จะมีค่า %SWL อยู่ระหว่างร้อยละ 3.31 ถึง 6.42 แต่ไม่มีความแตกต่าง ($p \geq 0.05$) ระหว่างผลผลิตกัญชงไถ่ย่อยสูตรต้นแบบกับผลผลิตกัญชงไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวม แสดงว่าการเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณมากกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ผลผลิตกัญชงไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตมีการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ลดลง

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในผลผลิตกัญชงเนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ของ Youssef และ Barbut (2011) ที่พบว่า การเติม SPI ปริมาณร้อยละ 1.66 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ผลผลิตกัญชงเนื้อสัตว์อิมัลชันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลผลิตกัญชงที่ไม่เติม SPI และงานวิจัยของ Gao และคณะ (2015) ที่พบว่า การเติม SPI ปริมาณร้อยละ 5.7 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ผลผลิตกัญชงเนื้อหมูอิมัลชันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลผลิตกัญชงที่ไม่เติม SPI รวมถึงงานวิจัยของ Pietrasik และ Janz (2010) ที่พบว่า การเติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลันเตาปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ผลผลิตกัญชงโบลอน่าไขมันต่ำมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลผลิตกัญชงที่ไม่เติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลันเตา

นอกจากนี้การเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็น 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม จะส่งผลให้ไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตมีค่า %SWL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักรวม จะมีค่า %SWL เท่ากับ 6.42 หรือ 6.40 ตามลำดับ ในขณะที่ไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม มีค่า %SWL เท่ากับ 4.68 หรือ 4.22 ตามลำดับ ซึ่งไถ่ย่อยสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนักรวม มีค่า %SWL น้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.31 หรือ 3.33 ตามลำดับ

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในผลผลิตกัญชงเนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ของ Akesson (2008) ที่พบว่า ผลผลิตกัญชงไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 1 ถึง 2 โดยน้ำหนักรวม มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนต่ำกว่าผลผลิตกัญชงที่ไม่เติม SPI และการเติม SPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1 เป็น 1.5 และ 2 โดยน้ำหนักรวม จะทำให้ผลผลิตกัญชงไส้กรอกหมูไขมันต่ำมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนลดลงด้วย

ทั้งนี้การให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จะทำให้โครงสร้างร่างแหของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์เกิดความเสียหาย ส่งผลให้น้ำและไขมันที่กระจายตัวอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์

บางส่วนสามารถไหลออกจากโครงสร้างร่างแหได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไถ่ยกจึงมีการสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ แต่ทั้งนี้เนื่องจาก SPI และ PPI มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์จึงสามารถจับน้ำและไขมันให้คงตัวอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ได้ (Gao และคณะ, 2015; Petracci และคณะ, 2013; Pietrasik และ Duda, 2000; Pietrasik และ Janz, 2010; Serdaroğlu และ Özsümer, 2003; Youssef และ Barbut, 2011) ดังนั้นการเติม SPI และ PPI จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในเครื่องฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกสูตรลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

4.1.4 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยการวัดค่าพีเอช ให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และค่าพีเอช แสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

sources of variation	df	p value ของค่าพีเอช
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.503
ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (B)	3	0.475
A × B	3	0.927

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟต ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตที่เติม และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยกหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 4.7 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ชนิดสาร ^{ns}	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต ^{ns} (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
SPI	6.44 ± 0.18	6.35 ± 0.06	6.32 ± 0.04	6.42 ± 0.07	6.38 ± 0.09
PPI	6.44 ± 0.18	6.36 ± 0.06	6.40 ± 0.06	6.47 ± 0.04	6.42 ± 0.09
เฉลี่ย	6.44 ± 0.18	6.36 ± 0.05	6.36 ± 0.06	6.44 ± 0.05	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอทุกสูตรมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.32 ถึง 6.47

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Serdaroglu และ Özsumer (2003) ที่พบว่า การเติมโปรตีนถั่วเหลืองปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวมไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัว งานวิจัยของ Pietrasik และ Duda (2000) ที่พบว่า การเติมสารผสมระหว่างโปรตีนจากถั่วเหลืองและคาร์ราจีแนนปริมาณร้อยละ 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักรวม ไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัวรมควัน และงานวิจัยของ Pietrasik และ Janz (2010) ที่พบว่า การเติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลิ้นเตาปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวมไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์โบลอน่าชนิดไขมันต่ำ

4.1.5 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยวัดค่าสี ได้แก่ ความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และค่าสี แสดงดังตารางที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

sources of variation	df	p value		
		L^*	a^*	b^*
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.545	0.014**	0.025**
ปริมาณที่เติม (B)	3	0.065	0.000**	0.001**
A x B	3	0.674	0.147	0.340

** ปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต ไม่มีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอ ในขณะที่ชนิดและปริมาณของสารทดแทนฟอสเฟตที่เติมไม่มีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอ แต่มีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอ

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอทุกสูตรมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 63.03 ถึง 65.34 แต่ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการเติม SPI หรือ PPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ระหว่างผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI หรือ PPI ปริมาณร้อยละ 4 กับ 6 โดยน้ำหนักรวม

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ของงานวิจัย Akesowan (2008) ที่พบว่า การเติม SPI ปริมาณร้อยละ 1 ถึง 2 โดยน้ำหนักรวม ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง แต่มีผลต่อค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำ โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมูไขมันต่ำที่เติม SPI มีค่าสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม SPI รวมถึงการเติม SPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1 เป็น 1.5 และ 2 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ไส้กรอกหมูไขมันต่ำมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย และงานวิจัยของ Dzudie และคณะ (2002) ที่พบว่า การเติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลิ้นเตาปริมาณร้อยละ 2.5 ถึง 10 โดยน้ำหนักเนื้อแดง มีผลต่อค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อวัว โดยไส้กรอกเนื้อวัวที่เติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลิ้นเตาจะมีค่าสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลิ้นเตา รวมถึงการเติมแป้งหรือเส้นใยจากถั่วลิ้นเตาที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2.5 เป็น 5, 7.5 และ 10 โดยน้ำหนักเนื้อแดง ส่งผลให้ไส้กรอกเนื้อวัวมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย

นอกจากนี้ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟตที่เติมก็มีผลต่อค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟต โดยไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากกว่าไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI เมื่อพิจารณาในระดับการเติมที่เท่ากัน ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม มีค่าสีแดงเท่ากับ 1.77, 2.28 และ 2.47 ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI ปริมาณร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม มีค่าสีแดงเท่ากับ 1.70, 2.08 และ 2.11 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสีเหลืองซึ่งผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม มีค่าสีเหลืองเท่ากับ 16.54, 17.35 และ 17.56 ตามลำดับ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI ปริมาณร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม มีค่าสีเหลืองเท่ากับ 16.06, 16.95 และ 16.66 ตามลำดับ แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI มีโอกาสในการเกิดรงควัตถุสีน้ำตาลหรือเมลานอยดิน (melanoidins) จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reactions) ได้มากกว่าไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI โดยปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส กับกรดอะมิโน ซึ่งไลซีน (lysine) อาร์จินีน (arginine) และซิสเตอีน (cysteine) เป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Damodaran และคณะ, 2008)

ในการศึกษานี้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่มีการเติม SPI หรือ PPI ที่ระดับการเติมเท่ากันที่ปริมาณร้อยละ 2, 4 หรือ 6 โดยน้ำหนักรวม มีส่วนผสมของน้ำตาลทรายเท่ากัน คือ ปริมาณร้อยละ 1.18, 1.15 และ 1.13 ตามลำดับ รวมถึงผลิตภัณฑ์ไถ่ยอทุกสูตรในการศึกษาขั้นตอนนี้ผ่านการให้ความร้อนระดับสูง ซึ่งทำให้น้ำตาลทรายถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลกลูโคสได้ (Damodaran และคณะ, 2008) นอกจากนี้ยังพบว่า SPI มีไลซีนและอาร์จินีนซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดมากกว่า PPI โดย SPI มีไลซีนและอาร์จินีนเท่ากับ 6.38 และ 7.23 กรัมต่อโปรตีน 100 กรัม ตามลำดับ (Berk, 2017) ในขณะที่ PPI มีไลซีนและอาร์จินีนเท่ากับ 6.29 และ 7.00 กรัมต่อโปรตีน 100 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ตามภาคผนวก ค ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI จึงอาจจะมีโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI มีค่าสีแดงและค่าสีเหลือง มากกว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI

ตารางที่ 4.9 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ผลผลิตทันทีไถ่ยกที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ค่าคุณภาพ	ชนิดสาร	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
		0	2	4	6	
ค่าความสว่าง (L^*) ^{ns}	SPI	65.34 ± 0.16	65.27 ± 0.26	64.80 ± 0.90	63.38 ± 0.53	64.70 ± 0.94
	PPI	65.34 ± 0.16	63.98 ± 0.86	65.19 ± 2.39	63.03 ± 0.42	64.38 ± 1.40
	เฉลี่ย	65.34 ± 0.16	64.62 ± 0.91	65.00 ± 1.49	63.20 ± 0.44	
ค่าสีแดง (a^*)	SPI	1.57 ± 0.02	1.77 ± 0.15	2.28 ± 0.12	2.47 ± 0.04	2.02 ± 0.40 ^x
	PPI	1.57 ± 0.02	1.70 ± 0.18	2.08 ± 0.07	2.11 ± 0.06	1.86 ± 0.26 ^y
	เฉลี่ย	1.57 ± 0.02 ^a	1.73 ± 0.14 ^b	2.18 ± 0.14 ^c	2.29 ± 0.21 ^c	
ค่าสีเหลือง (b^*)	SPI	15.80 ± 0.13	16.54 ± 0.08	17.35 ± 0.46	17.56 ± 0.02	16.81 ± 0.77 ^x
	PPI	15.80 ± 0.13	16.06 ± 0.64	16.95 ± 0.08	16.66 ± 0.39	16.37 ± 0.57 ^y
	เฉลี่ย	15.80 ± 0.13 ^a	16.30 ± 0.46 ^a	17.15 ± 0.35 ^b	17.11 ± 0.56 ^b	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

^{a, b, c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันภายใต้ปัจจัยเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

^{x, y} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งและปัจจัยเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.6 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ ด้านสี เนื้อสัมผัส ความชุ่มน้ำ กลิ่นรส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงในตารางที่ 4.10 เมื่อพิจารณาระดับการเติมสารทดแทนฟอสเฟตที่เท่ากัน แต่ใช้โปรตีนสกัดจากถั่วต่างชนิดกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI มีคะแนนความชอบรวมมากกว่าไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม PPI เนื่องจาก PPI มีกลิ่นรสเหม็นเขียวและมีกลิ่นรสถั่วเข้มกว่า SPI ทำให้ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นรสของ PPI ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Petracci และคณะ (2013) ที่พบว่า PPI มีกลิ่นรสถั่วเข้มกว่า SPI

เมื่อพิจารณาที่การใช้ SPI ที่ปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 2 เป็น 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่มีการเติม SPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม มีคะแนนความชอบในทุกด้านสูงที่สุด ยกเว้นด้านสีและกลิ่นรส แต่ยังคงมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย แต่การเพิ่มปริมาณ SPI เป็นร้อยละ 6 โดยน้ำหนักรวม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตมีคะแนนความชอบทุกด้านลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการเติม SPI ในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ถึงอนุภาคของ SPI ที่กระจายตัวอยู่ในผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟต และสามารถรับรู้ถึงกลิ่นรสของถั่วเหลืองได้มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 6 โดยน้ำหนักรวม มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และความชอบรวมลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม

ตารางที่ 4.10 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

สารทดแทนฟอสเฟต			คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส			
ชนิด	ปริมาณ (ร้อยละ)	สี	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ	กลิ่นรส	ความชอบรวม
สูตรควบคุม	0	6.28 ± 1.21 ^a	5.46 ± 1.49 ^{abc}	5.42 ± 1.53 ^a	6.46 ± 1.16 ^a	6.12 ± 1.29 ^{ab}
SPI	2	6.20 ± 1.09 ^a	5.72 ± 1.43 ^{ab}	5.62 ± 1.42 ^{ab}	6.26 ± 1.34 ^{ab}	6.12 ± 1.06 ^{ab}
SPI	4	6.20 ± 1.28 ^a	5.94 ± 1.56 ^a	6.04 ± 1.55 ^b	6.24 ± 1.56 ^{ab}	6.30 ± 1.37 ^a
SPI	6	6.22 ± 1.13 ^a	5.34 ± 1.77 ^{bc}	5.30 ± 1.46 ^a	5.84 ± 1.53 ^b	5.64 ± 1.51 ^{bc}
PPI	2	6.36 ± 1.06 ^a	5.26 ± 1.65 ^{bc}	5.64 ± 1.52 ^{ab}	5.80 ± 1.99 ^b	5.74 ± 1.63 ^{bc}
PPI	4	6.10 ± 1.23 ^{ab}	5.42 ± 1.80 ^{abc}	5.54 ± 1.51 ^{ab}	5.16 ± 1.81 ^c	5.46 ± 1.64 ^c
PPI	6	5.86 ± 1.13 ^b	4.92 ± 1.91 ^c	4.60 ± 1.65 ^c	4.20 ± 2.08 ^d	4.34 ± 1.90 ^d

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแถวเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.7 ค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

จากการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ หลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยการวัดค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ให้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA และค่าลักษณะค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัส แสดงดังตารางที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ชนิดของสารทดแทนฟอสเฟต ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตที่เติม และปัจจัยร่วมระหว่างชนิดกับปริมาณสารทดแทนฟอสเฟตไม่มีผลต่อค่าลักษณะค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทุกด้านของผลิตภัณฑ์ไก่ยอ

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตทุกสูตรมีค่าลักษณะค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรต้นแบบ ($p \geq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale แสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตทุกสูตรมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรต้นแบบ ($p \geq 0.05$)

ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ไก่ยอทุกสูตรในการศึกษานี้เป็นการให้ความร้อนที่ระดับสูงมากถึง 124 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสามารถทำลายโครงสร้างพันธะไฮโดรเจนและพันธะไดซัลไฟด์ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ จึงส่งผลให้โครงสร้างร่างแหในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ไม่เสถียร นอกจากนี้การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียสเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าค่า T_d (denaturation temperature) ของโปรตีนไมโอซิน SPI และ PPI (Damodaran และคณะ, 2008) จึงส่งผลให้โครงสร้างร่างแหในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์เกิดความเสียหาย ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรต้นแบบและไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จึงมีค่าค่าโครงสร้างเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ของค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุไนริทอร์ทเพาซ์

sources of variation	df	p value				
		ค่าความแข็ง	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าการยืดเกาะ	ค่าความเหนียว	ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว
ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต (A)	1	0.495	0.316	0.313	0.921	0.563
ปริมาณที่เติม (B)	3	0.249	0.256	0.050	0.403	0.205
A x B	3	0.882	0.562	0.452	0.920	0.843

ตารางที่ 4.12 ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่อยู่ที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์

ค่าคุณภาพ	ชนิดสารทดแทนฟอสเฟต	ปริมาณสารทดแทนฟอสเฟต ^{ns} (ร้อยละโดยน้ำหนักรวม)				เฉลี่ย
		0	2	4	6	
ค่าความแข็ง ^{ns} (Kg _f)	SPI	1.94 ± 0.34	1.68 ± 0.24	1.61 ± 0.42	2.04 ± 0.17	1.82 ± 0.30
	PPI	1.94 ± 0.34	1.66 ± 0.28	1.52 ± 0.14	1.76 ± 0.09	1.72 ± 0.24
	เฉลี่ย	1.94 ± 0.34	1.67 ± 0.22	1.57 ± 0.26	1.90 ± 0.20	
ค่าความยืดหยุ่น ^{ns}	SPI	0.92 ± 0.00	0.92 ± 0.02	0.91 ± 0.02	0.93 ± 0.00	0.92 ± 0.02
	PPI	0.92 ± 0.00	0.92 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.00	0.93 ± 0.01
	เฉลี่ย	0.92 ± 0.00	0.92 ± 0.02	0.92 ± 0.02	0.94 ± 0.00	
ค่าการยึดเกาะ ^{ns}	SPI	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.79 ± 0.02	0.81 ± 0.01	0.80 ± 0.01
	PPI	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.00	0.80 ± 0.01
	เฉลี่ย	0.79 ± 0.01	0.80 ± 0.01	0.80 ± 0.02	0.81 ± 0.01	
ค่าความเหนียว ^{ns} (Kg _f -s)	SPI	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
	PPI	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
	เฉลี่ย	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00	
ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ^{ns} (Kg _f)	SPI	1.39 ± 0.23	1.24 ± 0.22	1.16 ± 0.31	1.54 ± 0.10	1.33 ± 0.23
	PPI	1.39 ± 0.23	1.22 ± 0.17	1.15 ± 0.10	1.33 ± 0.06	1.28 ± 0.15
	เฉลี่ย	1.39 ± 0.23	1.23 ± 0.16	1.15 ± 0.19	1.44 ± 0.14	

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

จากผลการศึกษาการใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ โดยการประเมินคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอพร้อมบริโภคนรีทอร์ทเพาซ์สามารถลดปริมาณฟอสเฟตลงจากเดิมร้อยละ 0.2 เหลือ 0.1 โดยน้ำหนักรวม ซึ่งจะใช้ SPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม เป็นสารทดแทนฟอสเฟต ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันสูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรต้นแบบ และมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรต้นแบบ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอที่ได้ยังมีเนื้อสัมผัส สี ความชุ่มน้ำ และกลิ่นรสที่ผู้บริโภคมอบรับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมในระดับชอบเล็กน้อย จึงอาจกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอสูตรลดฟอสเฟตที่เติม SPI ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการศึกษาสถานะของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในขั้นตอนต่อไป

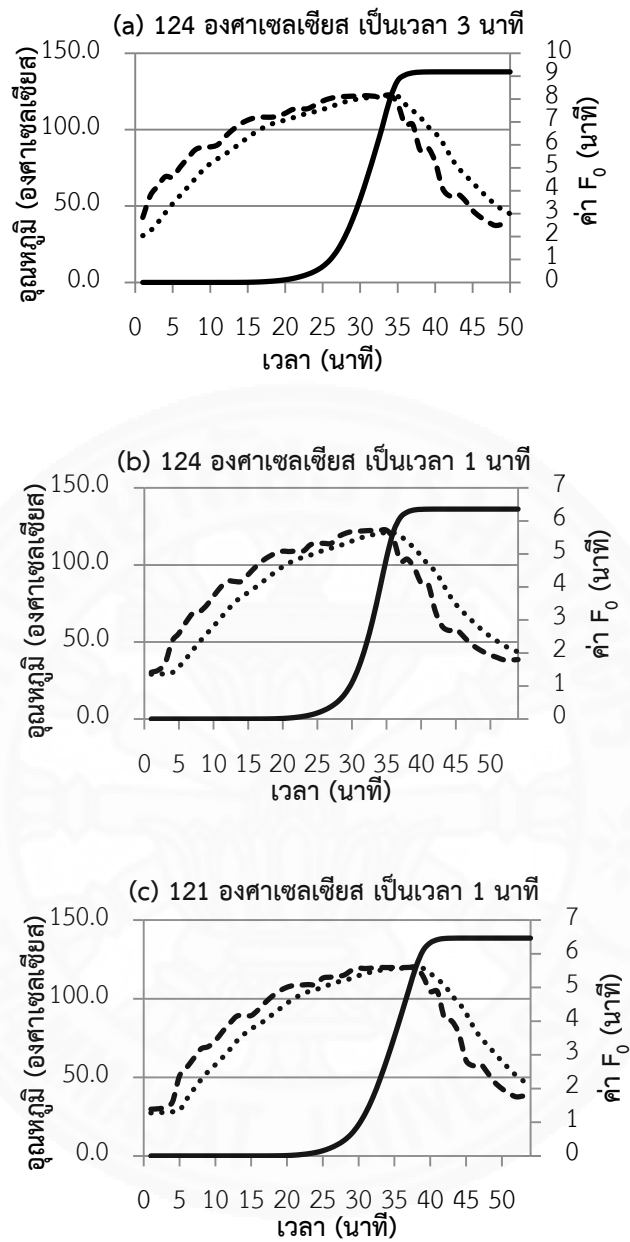


4.2 ผลของการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ ไก่อยที่บรรจุในรีทอร์ทแพจ

จากงานวิจัยของชนิษฐ์ณิชา (2558) ที่ศึกษารูปแบบการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อของคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่อยที่ใช้น้ำมันรำข้าวแช่เยือกแข็งทดแทนไขมันไก่ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อยที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ซึ่งจัดเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงแต่ระยะเวลาสั้น (high temperature short time; HTST) มีคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสดีกว่าผลิตภัณฑ์ไก่อยที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งจัดเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำแต่ระยะเวลานาน (low temperature long time; LTLT) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงศึกษาการแปรรูปแบบการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพจ โดยใช้หลักการ HTST และ LTLT โดยแปรรูปอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที (จากการศึกษาในข้อ 4.1), 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ซึ่งให้ผลการแทรกผ่านความร้อน การประเมินคุณภาพทางกายภาพ และประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

4.2.1 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพจ

ผลการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตพร้อมบริโภคนที่บรรจุในรีทอร์ทแพจ ซึ่งผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 ระดับ แสดงดังรูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.13 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตมีค่า F_0 อยู่ระหว่าง 6.36 ถึง 9.19 นาที สอดคล้องกับประกาศของ FAO ที่ระบุว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่บรรจุในกระป๋องทุกชนิดจะต้องมีค่า F_0 เท่ากับ 4.0 ถึง 5.5 นาที ถึงจะมีค่าเพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* (Heinz และ Hautzinger, 2007) โดยการลดระยะเวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส จาก 3 เป็น 1 นาที ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตมีค่า F_0 ลดลงด้วย โดยผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนอุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส 3 นาทีมีค่า F_0 เท่ากับ 9.19 นาที ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไก่อยลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนอุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส 1 นาทีมีค่า F_0 เท่ากับ 6.36 นาที



รูปที่ 4.4 การแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน

(a) 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที (b) 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที (c) 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที

กำหนดให้

- หมายถึง อุณหภูมิเครื่องฆ่าเชื้อแบบวนแบบใช้การพ่นไอน้ำ
- หมายถึง อุณหภูมิบริเวณจุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ไก่ยอล
- หมายถึง ค่า F_0 ระหว่างการให้ความร้อนที่ระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ 4.13 ค่า F_0 ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน

รูปแบบการให้ความร้อน		ความดัน	ค่า F_0 (นาที)
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	(ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)	
124	3	27.56	9.19
124	1	27.56	6.36
121	8	24.66	6.47

4.2.2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต

ผลการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตหลังให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำ (สูตรควบคุม) และหลังให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน

รูปแบบการให้ความร้อน		ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	(ร้อยละ)
สูตรควบคุม		1.55 ± 0.43^b
124	3	5.84 ± 0.86^a
124	1	6.09 ± 1.06^a
121	8	5.60 ± 1.25^a

^{a, b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนมากกว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตสูตรควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตสูตรควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน เท่ากับร้อยละ 1.55 ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการให้ความร้อนอยู่ระหว่างร้อยละ 5.60 ถึง 6.09 และเมื่อพิจารณาเฉพาะผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง

3 รูปแบบมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ทั้งนี้การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียสจะทำให้โปรตีนไมโอซินเสียสภาพ รวมถึงสูญเสียความสามารถในการจับน้ำและไขมัน (Barbut, 1999) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตสูตรควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์มีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในการศึกษานี้ เป็นผลิตภัณฑ์ไก่ยอดที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์มาก่อนแล้วจึงนำมาผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ ซึ่งในขั้นตอนการสเตอริไลซ์เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากถึง 121 หรือ 124 องศาเซลเซียส จึงสามารถทำลายโครงสร้างพันธะไฮโดรเจน และพันธะไดซัลไฟด์ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ ส่งผลให้โครงสร้างร่างแหของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ไม่เสถียร นอกจากนี้การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 หรือ 124 องศาเซลเซียสเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าค่า T_d (denaturation temperature) ของโปรตีนไมโอซินและ SPI (Damodaran และคณะ, 2008) จึงส่งผลให้โครงสร้างร่างแหในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์เกิดความเสียหาย ทำให้น้ำและไขมันที่กระจายตัวอยู่ในระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์สามารถไหลออกจากโครงสร้างร่างแหได้ ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนมากกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตสูตรควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์เพียงอย่างเดียว

4.2.3 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟต

ผลการศึกษาค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำ (สูตรควบคุม) และหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน

รูปแบบการให้ความร้อน		ค่าสี		
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
สูตรควบคุม		69.44 ± 1.86^a	0.66 ± 0.03^b	15.51 ± 0.30^b
124	3	64.88 ± 0.81^b	2.27 ± 0.54^a	18.17 ± 1.28^a
124	1	65.72 ± 0.98^b	1.93 ± 0.18^a	17.62 ± 0.56^a
121	8	64.67 ± 0.00^b	2.02 ± 0.18^a	17.98 ± 0.80^a

^{a, b} ในแนวตั้งเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบนี้จะมีค่าความสว่างลดลง แต่กลับมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตสูตรควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จะมีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตสูตรควบคุม รวมถึงเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าสีทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของสาริตา และคณะ (2549) ที่ศึกษาผลของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูยอพร้อมบริโภคน พบว่า ผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์มีค่าความสว่างลดลง แต่จะมีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์หมูยอชุดควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ รวมถึงผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที, 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที, 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที และ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีค่าสีทุกด้านไม่แตกต่างกัน และงานวิจัยของชนิษฐ์ธัญญา (2558) ที่ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่อที่ใช้ไขมันรำข้าวแช่เยือกแข็งทดแทนไขมันไก่พร้อมบริโภคน พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ มีค่าความสว่างลดลง แต่มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่อที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ โดยผลิตภัณฑ์ไก่อที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที มีค่าสีทุกด้านไม่แตกต่างกัน

ทั้งนี้เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ไก่อสูตรลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์สามารถเกิดปฏิกิริยา Maillard ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ ได้แก่ กลูโคส และกรดอะมิโน ซึ่งการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จะทำให้น้ำตาลทรายซึ่งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไก่อจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นน้ำตาลกลูโคสได้ (Damodaran และคณะ, 2008) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตมีค่าสีเปลี่ยนแปลงไปหลังการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์

4.2.4 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟต

ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำ (สูตรควบคุม) และหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที รวมถึงไก่อลด

ฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกับไก่ยอลดฟอสเฟตสูตรควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย



ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน

รูปแบบการให้ความร้อน		คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส					
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	สี ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชุ่มน้ำ	รสชาติ ^{ns}	กลิ่นรส ^{ns}	ความชอบรวม
สูตรควบคุม		6.44 ± 1.39	6.34 ± 1.57 ^a	5.80 ± 1.62 ^{bc}	6.46 ± 1.71	5.92 ± 1.84	6.42 ± 1.42 ^a
124	3	6.36 ± 1.43	5.36 ± 1.80 ^b	5.44 ± 1.81 ^c	6.16 ± 1.67	6.26 ± 1.68	5.98 ± 1.51 ^b
124	1	6.36 ± 1.38	6.14 ± 1.51 ^a	6.30 ± 1.47 ^a	6.26 ± 1.44	6.10 ± 1.33	6.52 ± 1.22 ^a
121	8	6.26 ± 1.40	6.04 ± 1.70 ^a	6.06 ± 1.65 ^{ab}	6.38 ± 1.60	6.22 ± 1.60	6.40 ± 1.41 ^a

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.5 ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟต

ผลการศึกษาค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์โดยการนึ่งด้วยไอน้ำ (สูตรควบคุม) และผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 4.17 พบว่า ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของชนิษฐ์ธิดา (2558) ที่ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่อพร้อมบริโภคที่ใช้น้ำมันรำข้าวแช่เยือกแข็งทดแทนไขมันไก่ พบว่า ไก่อที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกัน

และเมื่อพิจารณาค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทั้ง 3 รูปแบบ เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตสูตรควบคุมที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที มีค่าลักษณะเค้าโครงเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตสูตรควบคุม ($p \geq 0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที มีค่าความแข็ง และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตสูตรควบคุม ($p < 0.05$) นอกจากนี้ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที มีแนวโน้มของค่าความแข็ง และแรงที่ใช้ในการเคี้ยวน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 นาที จัดเป็นการให้ความร้อนแบบ HTST ในขณะที่การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที จัดเป็นการให้ความร้อนแบบ LTLT ซึ่งการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์เป็นระยะเวลานานอาจจะทำให้โครงสร้างร่างแหของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์เกิดความเสียหายมากยิ่งขึ้น และส่งผลให้ไก่ออลดฟอสเฟตซึ่งผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนุ่มกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที โดยผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับนี้จะมีค่า F_0 เท่ากับ 6.36 นาที ซึ่งเพียงพอสำหรับการทำลายสปอร์ของ *Cl. botulinum* และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า

เค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ ซึ่งมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย



ตารางที่ 4.17 ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่แปรรูปแบบการให้ความร้อน

รูปแบบการให้ความร้อน		ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัส				
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ค่าความแข็ง (Kgf)	ค่าความยืดหยุ่น	ค่าการยึดเกาะ ^{ns}	ค่าความเหนียว ^{ns} (Kgf-s)	ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Kgf)
สูตรควบคุม		2.28 ± 0.15 ^a	0.93 ± 0.00 ^{ab}	0.80 ± 0.01	-0.01 ± 0.01	1.69 ± 0.08 ^a
124	3	1.89 ± 0.16 ^{ab}	0.92 ± 0.01 ^a	0.78 ± 0.01	-0.01 ± 0.00	1.36 ± 0.12 ^b
124	1	2.04 ± 0.11 ^{ab}	0.94 ± 0.00 ^b	0.79 ± 0.01	-0.02 ± 0.01	1.51 ± 0.07 ^{ab}
121	8	1.77 ± 0.15 ^b	0.94 ± 0.01 ^b	0.80 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	1.33 ± 0.11 ^b

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3 ผลของการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส โดยการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมพอยล์เป็นส่วนประกอบ และผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมพอยล์เป็นส่วนประกอบ โดยการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ให้ผลการประเมินคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ภายนอก เคมี และประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา ดังต่อไปนี้

4.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

ผลของการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทึบและแบบใสหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

ชนิดของจุลินทรีย์	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	
	รีทอร์ทเพาซ์ทึบ	รีทอร์ทเพาซ์ใส
จุลินทรีย์ทั้งหมด	<10 CFU/g	<10 CFU/g
ยีสต์และรา	<10 CFU/g	<10 CFU/g
Coliforms	<3 MPN/g	<3 MPN/g
<i>Staphylococcus. aureus</i>	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
<i>Clostridium botulinum</i>	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
Thermophilic anaerobic sporeformer	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
Mesophilic anaerobic sporeformer	<10 CFU/g	<10 CFU/g

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส มีปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (พ.ศ. 2556) เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 364 (พ.ศ. 2556) เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ที่ระบุว่า อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

ซึ่งมีค่าพีเอชมากกว่า 4.6 หรืออาหารที่เป็นกรดต่ำ ต้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ

4.3.2 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

จากผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ไม่พบการเจริญของยีสต์และราตลอดการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์ แต่มีการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ทางการค้ายังคงมีจุลินทรีย์บางชนิดเหลือรอด ได้แก่ แบคทีเรียที่ทนความร้อนสูง ซึ่งจุลินทรีย์ที่เหลือรอดนี้จะไม่สามารถเจริญได้ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาและขนส่งปกติ (ศศิมน, 2555; Heinz และ Hautzinger, 2007)

ตารางที่ 4.19 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ค่าคุณภาพ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	0	<10	<10	<10
	1	<10	<10	<10
	2	<10	<10	<10
	3	9.0×10	1.0×10^2	7.0×10
	4	<10	<10	1.9×10^3
ยีสต์และรา (CFU/g)	0	<10	<10	<10
	1	<10	<10	<10
	2	<10	<10	<10
	3	<10	<10	<10
	4	<10	<10	<10

ตารางที่ 4.20 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใส
ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 เป็นเวลา 4 สัปดาห์

ค่าคุณภาพ	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	0	<10	<10	<10
	1	<10	<10	<10
	2	<10	<10	<10
	3	9.0×10	1.0×10^2	1.1×10^2
	4	<10	<10	1.3×10^3
ยีสต์และรา (CFU/g)	0	<10	<10	<10
	1	<10	<10	<10
	2	<10	<10	<10
	3	<10	<10	<10
	4	<10	<10	<10

4.3.3 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

จากผลการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (% TWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.21 จะพบว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า %STWL เพียงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์

ตารางที่ 4.21 ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (%STWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	7.27 ± 0.09	7.59 ± 0.36	7.23 ± 0.15
	1	11.24 ± 0.33	12.90 ± 0.20	13.59 ± 0.37
	2	11.70 ± 0.93	13.41 ± 0.09	13.94 ± 0.90
	3	11.71 ± 0.09	14.57 ± 0.40	14.26 ± 0.80
	4	11.77 ± 0.71	14.91 ± 0.11	14.53 ± 1.00
แบบใส	0	6.90 ± 0.21	6.92 ± 0.19	6.98 ± 0.09
	1	11.11 ± 0.18	13.02 ± 0.05	14.52 ± 1.06
	2	11.33 ± 0.13	13.74 ± 0.50	15.42 ± 1.06
	3	11.85 ± 0.34	14.56 ± 0.10	16.34 ± 0.83
	4	11.86 ± 0.77	14.63 ± 0.81	17.74 ± 1.53

4.3.4 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ผลการศึกษาค่าสีของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ให้ผลการศึกษาค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และค่า ΔE แสดงดังตารางที่ 4.22 ถึง 4.25 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 ค่าความสว่าง (L^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	66.61 ± 0.28	66.35 ± 0.25	66.39 ± 0.19
	1	66.56 ± 0.90	66.16 ± 0.31	65.67 ± 0.00
	2	65.85 ± 1.37	65.77 ± 1.40	62.76 ± 0.56
	3	65.55 ± 1.26	65.74 ± 0.51	61.93 ± 0.33
	4	65.13 ± 0.39	63.03 ± 0.13	59.19 ± 1.49
แบบใส	0	66.48 ± 0.01	66.52 ± 0.07	66.46 ± 0.02
	1	66.00 ± 1.22	65.94 ± 1.53	65.13 ± 0.24
	2	65.73 ± 1.00	65.22 ± 1.69	62.31 ± 0.49
	3	65.34 ± 1.31	64.87 ± 1.18	60.01 ± 2.06
	4	64.86 ± 0.18	63.89 ± 0.27	58.79 ± 0.03

จากตารางที่ 4.22 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดมีค่าความสว่างลดลงตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง 4 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อยที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีผลต่อค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟต

ตารางที่ 4.23 ค่าสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	1.99 ± 0.41	1.92 ± 0.32	2.00 ± 0.42
	1	2.32 ± 0.03	2.56 ± 0.05	3.22 ± 0.41
	2	2.46 ± 0.17	2.87 ± 0.02	4.69 ± 1.08
	3	2.71 ± 0.14	3.19 ± 0.01	5.56 ± 1.21
	4	2.94 ± 0.08	3.51 ± 0.02	6.77 ± 1.34
แบบใส	0	1.98 ± 0.40	2.07 ± 0.52	1.99 ± 0.41
	1	2.36 ± 0.03	2.62 ± 0.00	3.44 ± 0.29
	2	2.55 ± 0.23	3.14 ± 0.14	4.90 ± 1.39
	3	2.75 ± 0.10	3.35 ± 0.05	6.37 ± 1.39
	4	2.87 ± 0.36	3.69 ± 0.19	7.91 ± 1.01

จากตารางที่ 4.23 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสีแดงค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะมีค่าสีแดงมากที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดดฟอสเฟต

ตารางที่ 4.24 ค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	17.01 ± 1.12	16.95 ± 1.03	17.06 ± 1.19
	1	17.79 ± 0.14	18.22 ± 0.06	19.10 ± 0.75
	2	18.16 ± 0.52	18.56 ± 0.28	20.13 ± 0.98
	3	18.25 ± 0.78	18.62 ± 0.81	20.46 ± 1.96
	4	18.47 ± 0.07	18.67 ± 0.50	21.66 ± 0.26
แบบใส	0	16.77 ± 1.36	16.70 ± 1.25	16.79 ± 1.38
	1	17.72 ± 0.19	18.39 ± 0.40	19.33 ± 0.48
	2	17.99 ± 0.48	18.61 ± 0.27	20.30 ± 0.79
	3	18.24 ± 0.34	18.87 ± 0.37	21.30 ± 0.98
	4	18.36 ± 0.10	18.97 ± 0.71	22.01 ± 0.62

จากตารางที่ 4.24 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นขึ้นตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าสีแดงมากที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต

ตารางที่ 4.25 ค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส
ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของ รีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	0	0	0
	1	1.39 ± 0.74	1.52 ± 1.09	2.57 ± 0.47
	2	1.64 ± 0.90	2.22 ± 1.02	5.52 ± 0.06
	3	1.95 ± 0.60	2.29 ± 0.53	6.68 ± 0.92
	4	2.53 ± 0.79	4.11 ± 0.67	9.89 ± 1.25
แบบใส	0	0	0	0
	1	1.47 ± 1.31	2.22 ± 1.20	3.37 ± 0.64
	2	1.67 ± 0.96	2.49 ± 1.47	6.21 ± 0.61
	3	2.17 ± 1.46	3.09 ± 1.48	9.07 ± 1.71
	4	2.58 ± 0.88	3.88 ± 0.75	11.06 ± 0.12

จากตารางที่ 4.25 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดมีค่า ΔE เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาในสภาวะเร่งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะมีค่า ΔE มากที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีผลต่อค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าความสว่างน้อยที่สุด ในขณะที่มีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมากที่สุด จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่า ΔE มากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกค่า ΔE ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม มาใช้ในการแสดงการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ด้วยหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมี

ตารางที่ 4.26 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจที่บิขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	kinetic models			
	อันดับ	สมการ	ค่า k (สัปดาห์ ⁻¹)	ค่า R ²
35	0	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.6880t$	0.6880	0.8238
	1	$\ln (\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1247t$	0.1247	0.8276
	2	$1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0712t$	0.0712	0.8648
45	0	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.9757t$	0.9757	0.9072
	1	$\ln (\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1989t$	0.1989	0.7737
	2	$1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0912t$	0.0912	0.8354
55	0	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 2.4403t$	2.4403	0.9853
	1	$\ln (\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.3262t$	0.3262	0.8737
	2	$1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0762t$	0.0762	0.8077

ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจที่บิขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ตาม kinetic model แสดงดังตารางที่ 4.26 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บิขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส จัดได้ว่าอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพแบบเส้นตรงซึ่งไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (Sewald และ DeVries, 2017) ทั้งนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta E_t - \Delta E_0$ กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีแนวโน้มเป็นสมการเส้นตรงมากที่สุด โดยมีค่า R² ของการสร้างสมการเส้นตรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.8238, 0.9072 และ 0.9854 ตามลำดับ ซึ่งค่าความชัน (slope) ของความสัมพันธ์ คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือ rate constant (k) จากผลการศึกษาจะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยามากที่สุด รองลงมาคือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเท่ากับ 0.6880, 0.9757 และ 2.4403 สัปดาห์⁻¹ ตามลำดับ แสดงว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

ตารางที่ 4.27 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	kinetic models			
	อันดับ	สมการ	ค่า k (สัปดาห์ ⁻¹)	ค่า R ²
35	0	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.7213t$	0.7213	0.8175
	1	$\ln (\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1225t$	0.1225	0.8211
	2	$1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0664t$	0.0664	0.8437
45	0	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 1.0663t$	1.0663	0.8083
	1	$\ln (\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1152t$	0.1152	0.8005
	2	$1/\Delta E_t - 1/\Delta E_0 = 0.0416t$	0.0416	0.8336
55	0	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 2.9080t$	2.9080	0.9895
	1	$\ln (\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.2982t$	0.2982	0.8802
	2	$1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0552t$	0.0552	0.8329

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ตาม kinetic model แสดงดังตารางที่ 4.27 จะพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า ΔE ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพเป็นเส้นตรงซึ่งไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (Sewald และ DeVries, 2017) เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta E_t - \Delta E_0$ กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีแนวโน้มเป็นสมการเส้นตรงมากที่สุด โดยมีค่า R² ของการสร้างสมการเส้นตรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.8175, 0.8083 และ 0.9895 ตามลำดับ ซึ่งค่าความชัน (slope) ของความสัมพันธ์ คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา หรือ rate constant (k) ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะมีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยามากที่สุด รองลงมาคือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเท่ากับ 0.7213, 1.0663 และ 2.9080 สัปดาห์⁻¹ ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัย Yan และคณะ (2007) ที่ได้ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งตามหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมี ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10, 15, 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส กำหนดให้มีความชื้นสัมพัทธ์ในขณะเก็บรักษา เท่ากับร้อยละ 50 ถึง 57, 61 ถึง 68 และ 75 ถึง 76 พบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยอบแห้งมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง และค่า ΔE อยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) และงานวิจัยของ Maskan (2001) ซึ่งได้ทำการศึกษากการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์กีวี่ในระหว่างการอบแห้งด้วยลมร้อน ไมโครเวฟ และลมร้อนผสมไมโครเวฟตามหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมี จะพบว่า ผลิตภัณฑ์กีวี่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนและไมโครเวฟ มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE อยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์กีวี่ที่อบแห้งด้วยลมร้อนผสมไมโครเวฟ มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE อยู่ในปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first-order)

4.3.5 ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กล้วยลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ผลการศึกษาค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยืดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.28 ถึง 4.32 ตามลำดับ จะพบว่า ผลิตภัณฑ์กล้วยลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดไม่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าลักษณะเค้าโครงเนื้อสัมผัสที่ไม่ชัดเจนตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ จึงอาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านของผลิตภัณฑ์กล้วยลดฟอสเฟต

ตารางที่ 4.28 ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของ รีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	2.07 ± 0.01	2.17 ± 0.14	2.27 ± 0.22
	1	2.44 ± 0.45	2.43 ± 0.67	2.62 ± 0.21
	2	2.62 ± 0.28	2.68 ± 0.32	2.72 ± 0.49
	3	2.66 ± 0.26	2.70 ± 0.19	2.54 ± 0.01
	4	2.52 ± 0.28	2.72 ± 0.26	2.49 ± 0.16
แบบใส	0	2.05 ± 0.19	2.04 ± 0.18	2.08 ± 0.23
	1	2.39 ± 0.25	2.37 ± 0.66	2.64 ± 0.31
	2	2.71 ± 0.33	2.90 ± 0.27	2.63 ± 0.50
	3	2.66 ± 0.36	2.54 ± 0.35	2.88 ± 0.38
	4	2.69 ± 0.13	2.69 ± 0.33	2.90 ± 0.30

แสดงค่าความแข็งในหน่วย Kg_f

ตารางที่ 4.29 ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพชแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทแพช	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	1.00 ± 0.11	1.00 ± 0.11	1.02 ± 0.08
	1	0.99 ± 0.09	0.97 ± 0.01	1.08 ± 0.17
	2	1.01 ± 0.16	1.03 ± 0.13	1.02 ± 0.13
	3	0.94 ± 0.00	0.94 ± 0.01	0.92 ± 0.00
	4	0.94 ± 0.00	0.94 ± 0.02	0.96 ± 0.08
แบบใส	0	0.89 ± 0.06	0.88 ± 0.05	0.89 ± 0.05
	1	0.92 ± 0.03	0.84 ± 0.14	1.08 ± 0.20
	2	0.94 ± 0.01	0.96 ± 0.01	1.05 ± 0.17
	3	0.92 ± 0.01	1.05 ± 0.17	0.92 ± 0.01
	4	0.92 ± 0.01	0.93 ± 0.00	1.03 ± 0.13

ตารางที่ 4.30 ค่าการยืดเกาะของผลิตภัณฑ์ไก่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพชแบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทแพช	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.00	0.78 ± 0.01
	1	0.79 ± 0.00	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01
	2	0.79 ± 0.02	0.79 ± 0.01	0.78 ± 0.03
	3	0.78 ± 0.00	0.76 ± 0.00	0.74 ± 0.03
	4	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.00	0.76 ± 0.01
แบบใส	0	0.80 ± 0.00	0.80 ± 0.00	0.80 ± 0.00
	1	0.78 ± 0.01	0.74 ± 0.05	0.79 ± 0.01
	2	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.00	0.79 ± 0.02
	3	0.78 ± 0.00	0.78 ± 0.00	0.77 ± 0.01
	4	0.78 ± 0.00	0.78 ± 0.01	0.78 ± 0.01

ตารางที่ 4.31 ค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	-0.01 ± 0.00	-0.02 ± 0.00	-0.02 ± 0.00
	1	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00
	2	-0.00 ± 0.00	-0.00 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
	3	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
	4	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01
แบบใส	0	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00
	1	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
	2	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00
	3	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01
	4	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01

แสดงค่าความเหนียวในหน่วย Kg-s

ตารางที่ 4.32 ค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์
แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55
องศาเซลเซียส

ชนิดของ รีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	1.61 ± 0.16	1.67 ± 0.07	1.71 ± 0.02
	1	1.89 ± 0.18	1.92 ± 0.26	2.18 ± 0.25
	2	2.13 ± 0.53	2.16 ± 0.02	2.14 ± 0.01
	3	1.94 ± 0.18	1.93 ± 0.11	1.74 ± 0.09
	4	1.86 ± 0.25	1.99 ± 0.14	1.85 ± 0.07
แบบใส	0	1.48 ± 0.19	1.46 ± 0.17	1.49 ± 0.21
	1	1.72 ± 0.21	1.72 ± 0.49	2.16 ± 0.16
	2	2.00 ± 0.21	2.16 ± 0.18	2.02 ± 0.15
	3	1.90 ± 0.24	2.04 ± 0.30	2.04 ± 0.32
	4	1.94 ± 0.07	1.94 ± 0.28	2.34 ± 0.07

แสดงค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวในหน่วย Kg_f

4.3.6 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ผลการศึกษาค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์
แบบทึบและแบบใส ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.33 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอด
ฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจนขณะเก็บรักษา
ในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ จึงอาจกล่าว
ได้ว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต

ตารางที่ 4.33 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของ รีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	6.39 ± 0.05	6.35 ± 0.00	6.36 ± 0.01
	1	6.42 ± 0.07	6.34 ± 0.01	6.36 ± 0.01
	2	6.39 ± 0.12	6.42 ± 0.12	6.41 ± 0.12
	3	6.32 ± 0.07	6.35 ± 0.07	6.32 ± 0.09
	4	6.40 ± 0.10	6.38 ± 0.11	6.36 ± 0.10
แบบใส	0	6.41 ± 0.05	6.42 ± 0.05	6.43 ± 0.10
	1	6.30 ± 0.01	6.31 ± 0.00	6.33 ± 0.01
	2	6.38 ± 0.12	6.42 ± 0.12	6.42 ± 0.11
	3	6.34 ± 0.08	6.33 ± 0.10	6.33 ± 0.09
	4	6.40 ± 0.09	6.36 ± 0.04	6.35 ± 0.09

4.3.7 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

ผลการศึกษาค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.34 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส จะมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่า TBARS มากที่สุด รองลงมา คือ ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงว่า อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสามารถที่จะแสดงการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ด้วยหลักจลนพลศาสตร์ทางเคมีได้

ตารางที่ 4.34 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของ รีทอร์ทเพาซ์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (สัปดาห์)	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)		
		35	45	55
แบบทึบ	0	0.028 ± 0.04	0.031 ± 0.03	0.032 ± 0.02
	1	0.041 ± 0.04	0.050 ± 0.08	0.056 ± 0.11
	2	0.063 ± 0.00	0.081 ± 0.01	0.084 ± 0.00
	3	0.081 ± 0.01	0.090 ± 0.05	0.088 ± 0.10
	4	0.081 ± 0.01	0.094 ± 0.01	0.115 ± 0.10
แบบใส	0	0.031 ± 0.03	0.031 ± 0.03	0.032 ± 0.00
	1	0.050 ± 0.07	0.057 ± 0.11	0.063 ± 0.14
	2	0.084 ± 0.00	0.105 ± 0.01	0.108 ± 0.01
	3	0.084 ± 0.01	0.113 ± 0.02	0.117 ± 0.02
	4	0.086 ± 0.00	0.118 ± 0.00	0.124 ± 0.01

แสดงค่า TBARS ในหน่วย g MDA/1Kg sample

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ตาม kinetic model แสดงดังตารางที่ 4.35 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงของค่าคุณภาพแบบเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (Sewald และ DeVries, 2017) ทั้งนี้เนื่องมาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า $TBARS_t - TBARS_0$ กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีแนวโน้มเป็นสมการเส้นตรงมากที่สุด โดยมีค่า R^2 ของการสร้างสมการเส้นตรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.9418, 0.9010 และ 0.9606 ตามลำดับ ซึ่งค่าความชัน (slope) ของความสัมพันธ์ คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา หรือ rate constant (k) จากผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยามากที่สุด รองลงมาคือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.0150, 0.0182 และ 0.0211 สัปดาห์⁻¹ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.35 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจที่บ่มรักษาในสภาวะแรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	kinetic models			
	อันดับ	สมการ	ค่า k (สัปดาห์ ⁻¹)	ค่า R ²
35	0	$TBARS_t - TBARS_0 = 0.0150t$	0.0150	0.9418
	1	$\ln(TBARS_t / TBARS_0) = 0.3144t$	0.3144	0.8976
	2	$1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 7.1511t$	7.1511	0.8025
45	0	$TBARS_t - TBARS_0 = 0.0182t$	0.0182	0.9010
	1	$\ln(TBARS_t / TBARS_0) = 0.3320t$	0.3320	0.8226
	2	$1/TBARS_t - 1/TBARS_0 = 6.6621t$	6.6621	0.7030
55	0	$TBARS_t - TBARS_0 = 0.0211t$	0.0211	0.9606
	1	$\ln(TBARS_t / TBARS_0) = 0.3582t$	0.3582	0.8660
	2	$1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 6.8345t$	6.8345	0.6947

เช่นเดียวกับผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ตาม kinetic model แสดงดังตารางที่ 4.38 พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero-order) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และมี การเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพเป็นเส้นตรง ซึ่งไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารเริ่มต้น (Sewald และ DeVries, 2017) ทั้งนี้เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า $TBARS_t - TBARS_0$ กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา มีแนวโน้มเป็นสมการเส้นตรงมากที่สุด โดยมีค่า R² ของการสร้างสมการเส้นตรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.7786, 0.8693 และ 0.8768 ตามลำดับ ซึ่งค่าความชัน (slope) ของความสัมพันธ์ คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาหรือ rate constant (k) จากผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จะมีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยามากที่สุด รองลงมาคือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 45 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 0.0170, 0.0255 และ 0.0267 สัปดาห์⁻¹ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.36 kinetic models ของการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	kinetic models			
	อันดับ	สมการ	ค่า k (สัปดาห์ ⁻¹)	ค่า R ²
35	0	$TBARS_t - TBARS_0 = 0.0170t$	0.0170	0.7786
	1	$\ln(TBARS_t / TBARS_0) = 0.3227t$	0.3277	0.7212
	2	$1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 6.6951t$	6.6951	0.6267
45	0	$TBARS_t - TBARS_0 = 0.0255t$	0.0255	0.8693
	1	$\ln(TBARS_t / TBARS_0) = 0.4077t$	0.4077	0.7781
	2	$1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 7.4815t$	7.4815	0.6314
55	0	$TBARS_t - TBARS_0 = 0.0267t$	0.0267	0.8768
	1	$\ln(TBARS_t / TBARS_0) = 0.4121t$	0.4121	0.7630
	2	$1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 7.3009t$	7.3009	0.5967

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaczmarek และคณะ (2015) ที่ได้ศึกษาการสร้างสมการสำหรับใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3, 6, 9, และ 18 องศาเซลเซียส พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ในขณะที่งานวิจัยของ Wenjiao และคณะ (2014) ที่ได้ศึกษาการสร้างสมการสำหรับใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส พบว่า การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS จัดอยู่ในปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

4.3.8 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะทำการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.37 ถึง 4.39 ตามลำดับ จะพบว่า ผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ตลอดการเก็บรักษาที่ 4 สัปดาห์ โดยทุกคุณลักษณะ

ของผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า 5 คะแนน ในขณะที่ผู้บริโภคร่วมไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยผู้บริโภคร่วมสามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านสีได้ชัดเจนที่สุด กล่าวคือ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านสีลดลงตลอดการเก็บรักษาที่ 4 สัปดาห์ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบทางด้านสีน้อยกว่า 5 คะแนนในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา แต่สำหรับคุณลักษณะในด้านอื่นๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น และความชอบรวม พบว่าผู้บริโภคร่วมไม่สามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้คุณลักษณะทางด้านสีเป็นค่าคุณภาพที่ใช้บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส และกำหนดให้การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นจุดวิกฤต (critical point) ที่ใช้บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส



ตารางที่ 4.37 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส				
		0	1	2	3	4
รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ	ลักษณะปรากฏ	6.08 ± 1.26	6.38 ± 1.35	6.56 ± 1.43	6.04 ± 1.36	6.66 ± 1.45
	สี	6.10 ± 1.43	6.36 ± 1.26	6.42 ± 1.50	6.30 ± 1.23	6.70 ± 1.27
	กลิ่น	6.44 ± 0.71	5.98 ± 1.38	5.86 ± 1.60	5.86 ± 1.77	6.36 ± 1.74
	ความชอบรวม	6.40 ± 0.99	6.24 ± 1.30	6.20 ± 1.47	6.10 ± 1.37	6.70 ± 1.45
	ของเหลวรอบขึ้นไถ่ยอด	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน
รีทอร์ทเพาซ์แบบใส	ลักษณะปรากฏ	6.14 ± 1.20	6.10 ± 1.37	6.00 ± 1.49	6.38 ± 1.19	6.50 ± 1.27
	สี	6.34 ± 1.21	6.12 ± 1.39	6.18 ± 1.47	6.48 ± 1.09	6.48 ± 1.36
	กลิ่น	6.62 ± 0.90	5.60 ± 1.68	5.84 ± 1.42	6.32 ± 1.42	6.14 ± 1.64
	ความชอบรวม	6.52 ± 1.04	5.90 ± 1.46	6.10 ± 1.45	6.46 ± 1.25	6.54 ± 1.33
	ของเหลวรอบขึ้นไถ่ยอด	6.92 ± 0.97	6.48 ± 0.81	4.60 ± 1.91	4.52 ± 1.84	4.40 ± 1.78

ตารางที่ 4.38 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส				
		0	1	2	3	4
รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ	ลักษณะปรากฏ	6.20 ± 1.37	5.98 ± 1.33	6.28 ± 1.59	5.80 ± 1.20	5.86 ± 1.94
	สี	6.38 ± 1.35	6.18 ± 1.19	6.22 ± 1.53	5.90 ± 1.17	6.04 ± 1.60
	กลิ่น	6.50 ± 0.91	5.72 ± 1.50	6.10 ± 1.62	6.12 ± 1.37	5.88 ± 2.05
	ความชอบรวม	6.52 ± 1.04	5.90 ± 1.22	6.16 ± 1.41	6.08 ± 1.18	5.92 ± 1.84
	ของเหลวรอบขึ้นไถ่ยอด	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน
รีทอร์ทเพาซ์แบบใส	ลักษณะปรากฏ	6.16 ± 1.27	6.00 ± 1.44	5.80 ± 1.60	5.78 ± 1.35	6.28 ± 1.37
	สี	6.32 ± 1.25	5.94 ± 1.36	5.90 ± 1.58	5.66 ± 1.27	6.08 ± 1.35
	กลิ่น	6.64 ± 0.90	5.90 ± 1.46	5.76 ± 1.62	5.82 ± 1.42	5.92 ± 1.56
	ความชอบรวม	6.56 ± 0.97	6.04 ± 1.37	5.68 ± 1.58	5.70 ± 1.42	6.08 ± 1.31
	ของเหลวรอบขึ้นไถ่ยอด	6.74 ± 0.85	5.92 ± 0.80	4.06 ± 1.65	4.00 ± 1.64	3.88 ± 1.59

ตารางที่ 4.39 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	คุณลักษณะ	ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส				
		0	1	2	3	4
รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ	ลักษณะปรากฏ	6.06 ± 1.48	5.98 ± 1.13	5.36 ± 1.77	5.14 ± 1.75	5.14 ± 1.64
	สี	6.06 ± 1.49	5.80 ± 1.16	4.88 ± 1.69	4.56 ± 1.63	4.42 ± 1.61
	กลิ่น	6.50 ± 0.89	5.56 ± 1.47	4.92 ± 1.47	5.34 ± 1.73	5.18 ± 1.56
	ความชอบรวม	6.38 ± 1.07	5.72 ± 1.14	4.96 ± 1.56	5.42 ± 1.67	4.88 ± 1.42
	ของเหลวรอบขึ้นไถ่ยอด	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน	ไม่ได้ประเมิน
รีทอร์ทเพาซ์แบบใส	ลักษณะปรากฏ	6.18 ± 1.40	5.66 ± 1.44	4.84 ± 1.86	4.82 ± 1.47	4.72 ± 2.12
	สี	6.32 ± 1.30	5.50 ± 1.37	4.50 ± 1.71	4.52 ± 1.62	4.20 ± 1.99
	กลิ่น	6.62 ± 0.97	5.34 ± 1.78	5.10 ± 1.68	5.16 ± 1.54	5.26 ± 1.94
	ความชอบรวม	6.60 ± 0.99	5.44 ± 1.46	4.86 ± 1.50	5.10 ± 1.46	4.76 ± 1.74
	ของเหลวรอบขึ้นไถ่ยอด	6.80 ± 0.95	5.56 ± 1.28	3.38 ± 1.73	3.24 ± 1.51	3.12 ± 1.48

4.3.9 การคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามวิธีการศึกษาในข้อ 4.3.8 จะพบได้ว่า ค่าคุณภาพที่สามารถบ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสได้ดีที่สุด คือ คุณลักษณะด้านสี โดยผู้บริโภครู้สึกว่าความชอบทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสน้อยกว่า 5 คะแนน ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้ค่า ΔE ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นจุดวิกฤต (critical point) ที่แสดงถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส จากผลการศึกษาค่า ΔE ตามตารางที่ 4.25 พบว่า ผู้บริโภคริเริ่มไม่ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส เมื่อผลิตภัณฑ์มีค่า ΔE เท่ากับ 5.52

สมการ kinetic model ที่ใช้สำหรับการคำนวณหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

$$\Delta E_t - \Delta E_0 = kt$$

กำหนดให้ ΔE_0 คือ ค่า ΔE ในวันที่ 0

ΔE_t คือ ค่า ΔE ที่จุดวิกฤต

k คือ ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาของค่า ΔE ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งหาได้จากการคำนวณตาม Arrhenius' s model ในภาคผนวก ฉ

ผลการคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.40 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส มีอายุการเก็บรักษา 12.56 และ 12.39 สัปดาห์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.40 การคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบใสที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ค่า k (สัปดาห์ ⁻¹)	kinetic model	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)
แบบทีบ	0.4394	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.4394t$	12.56
แบบใส	0.4457	$\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.4457t$	12.38

4.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบใส โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ และรีทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ให้ผลการประเมินคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาด้านจุลินทรีย์ ภายนอก เคมี และประสาทสัมผัสดังต่อไปนี้

4.4.1 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบใสหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ แสดงดังตารางที่ 4.41 พบว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบใส มีปริมาณจุลินทรีย์เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (พ.ศ. 2556) เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 364 (พ.ศ. 2556) เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ที่ระบุว่า อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทซึ่งมีค่าพีเอชมากกว่า 4.6 หรืออาหารที่เป็นกรดต่ำ ต้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ

ตารางที่ 4.41 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบไสหลังผ่านการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อ

ชนิดของจุลินทรีย์	ชนิดของบรรจุภัณฑ์	
	รีทอร์ทเพาซ์ทีบ	รีทอร์ทเพาซ์ไส
จุลินทรีย์ทั้งหมด	<10 CFU/g	<10 CFU/g
ยีสต์และรา	<10 CFU/g	<10 CFU/g
Coliforms	<3 MPN/g	<3 MPN/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
<i>Salmonella spp.</i>	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
<i>Clostridium botulinum</i>	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
Thermophilic anaerobic sporeformer	ไม่พบใน 25 g	ไม่พบใน 25 g
Mesophilic anaerobic sporeformer	<10 CFU/g	<10 CFU/g

4.4.2 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบ ไส ขณะทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.42 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทีบและแบบไส ไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 (พ.ศ. 2556) ว่าด้วยเรื่องอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ที่ระบุว่าอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทซึ่งมีค่าพีเอชมากกว่า 4.6 หรืออาหารที่เป็นกรดต่ำ ต้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะแรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตามการศึกษาในข้อ 4.3.2 ที่พบว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษาในสภาวะแรงที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดปริมาณ 9.0×10^1 , 1.0×10^2 และ 7.0×10^1 CFU/g ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องกลับไม่พบจุลินทรีย์ดังกล่าว ด้วยเหตุนี้จึงสามารถยืนยันได้ว่าจุลินทรีย์ที่เหลือรอดจากกระบวนการสเตอริไลซ์เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม thermophile ซึ่งทนความร้อนสูง (ศติมม, 2555; Heinz และ Hautzinger, 2007)

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ และแบบใสสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่ต่ำกว่า 12 สัปดาห์ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ตารางที่ 4.42 ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์	ชนิดของจุลินทรีย์	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	4	8	12
รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
	ยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
รีทอร์ทเพาซ์แบบใส	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<10	<10	<10	<10
	ยีสต์และรา (CFU/g)	<10	<10	<10	<10

4.4.3 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากผลการศึกษาค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (%STWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.43

ตารางที่ 4.43 ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (%STWL) ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ ^{ns}	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
	0	4	8	12
แบบทึบ	7.28 ± 0.39 ^a	8.39 ± 0.21 ^b	8.74 ± 0.47 ^b	10.33 ± 0.86 ^c
แบบใส	7.29 ± 0.06 ^a	8.62 ± 0.28 ^b	8.64 ± 0.03 ^b	9.86 ± 0.52 ^c

^{ns} ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

^{a, b, c} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแนวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.43 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสมีค่า %STWL ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) จึงอาจกล่าวได้ว่า ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ไม่มีผลต่อค่า %STWL ของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟต ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดกลับมีค่า %STWL เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์ที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟต ยังคงมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจนตามภาคผนวก ง ด้วยเหตุนี้ออกซิเจนจึงสามารถซึมผ่านเข้ามาภายในรีทอร์ทเพาซ์ได้มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีนไมโอซินได้มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน โดยโปรตีนไมโอซินสามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบที่มีออกซิเจนในโมเลกุลได้ (reactive oxygen species ; ROS) ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องทำให้โปรตีนไมโอซินสูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น การสูญเสียความสามารถในการจับน้ำ (Shahidi, 2016) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน

4.4.4 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลการศึกษาค่าสีของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.44 จะพบว่าผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส มีค่าสีและค่า ΔE ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ไม่มีผลต่อค่าสีและค่า ΔE ของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟต และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อค่าความสว่างและค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตซึ่งบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส แต่มีผลต่อค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ไก่อที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) จากวันเริ่มต้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานานส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส มีอัตราในการเกิดปฏิกิริยา Maillard เพิ่มขึ้น (Sewald และ DeVries; Bastos และคณะ, 2012)

ตารางที่ 4.44 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) และการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ ^{ns}	ค่าสี	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	4	8	12
แบบทึบ	L^{*ns}	66.67 ± 0.22	66.76 ± 0.38	66.86 ± 0.08	67.20 ± 0.91
	a^*	2.19 ± 0.03 ^a	2.55 ± 0.01 ^b	2.75 ± 0.15 ^c	2.87 ± 0.25 ^c
	b^{*ns}	18.03 ± 0.07	18.16 ± 0.19	18.35 ± 0.25	18.47 ± 0.80
	ΔE	0	0.62 ± 0.04 ^a	0.82 ± 0.20 ^{ab}	1.31 ± 0.15 ^b
แบบใส	L^{*ns}	66.55 ± 0.81	66.66 ± 0.03	67.20 ± 0.09	67.23 ± 0.40
	a^*	2.24 ± 0.06 ^a	2.69 ± 0.02 ^b	2.80 ± 0.03 ^c	2.89 ± 0.05 ^c
	b^{*ns}	17.90 ± 0.50	17.82 ± 0.08	17.95 ± 0.02	17.79 ± 0.12
	ΔE	0	0.97 ± 0.13 ^a	1.05 ± 0.42 ^{ab}	1.12 ± 0.25 ^b

^{ns} ในแนวตั้งและแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแนวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.4.5 ค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลการศึกษาค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ ค่าความเหนียว และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตซึ่งบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ และแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.45 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส มีค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่า ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ไม่มีผลต่อค่าเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดและระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา ไม่มีผลต่อค่าความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์ ($p \geq 0.05$) ในขณะที่มีผลต่อค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการยึดเกาะ และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยว โดยผลิตภัณฑ์ไก่ยอดลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดจะมีค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น และค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่จะมีค่าการยึดเกาะลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์ ($p < 0.05$)

ผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของชนิษฐ์นิชา (2558) ที่ได้พบว่า ผลึกภัณฑ์ไก่อยสุตรน้ำมันรำข้าวแช่เยือกแข็ง และสุตรอิมัลชันน้ำมันรำข้าว มีค่าค่าโครงลักษณะ เนื้อสัมผัสด้านความแข็งและแรงที่ใช้ในการเคี้ยวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์

นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาในข้อ 4.4.3 ที่พบว่า บรรจุภัณฑ์ ชนิดรีทอร์ทเพาซ์ที่ใช้ในการบรรจุผลึกภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟต ยังคงมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน ตามภาคผนวก ง ซึ่งออกซิเจนจะสามารถซึมผ่านเข้ามาภายในรีทอร์ทเพาซ์ได้มากขึ้นเมื่อเก็บรักษา เป็นระยะเวลาานาน ส่งผลให้โปรตีนไมโอซินสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้นเมื่อเก็บรักษา เป็นระยะเวลาานาน ซึ่งจะให้โปรตีนไมโอซินสูญเสียความสามารถในการจับน้ำ (Shahidi, 2016) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลึกภัณฑ์ไก่อลดฟอสเฟตมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง และแห้งมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน



ตารางที่ 4.47 ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ ^{ns}	ค่าค่าโคจรลักษณะเนื้อสัมผัส	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	4	8	12
แบบทึบ	ความแข็ง (Kg _f)	2.51 ± 0.12 ^b	2.48 ± 0.17 ^b	2.61 ± 0.00 ^a	2.68 ± 0.06 ^a
	ความยืดหยุ่น	0.93 ± 0.00 ^a	0.93 ± 0.01 ^a	0.93 ± 0.01 ^a	0.94 ± 0.00 ^b
	การยึดเกาะ	0.79 ± 0.00 ^a	0.76 ± 0.00 ^b	0.78 ± 0.00 ^b	0.77 ± 0.02 ^b
	ความเหนียว ^{ns} (Kg _f s)	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.02 ± 0.01
	แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Kg _f)	1.84 ± 0.09 ^b	1.74 ± 0.13 ^b	1.89 ± 0.02 ^a	1.94 ± 0.02 ^a
แบบใส	ความแข็ง (Kg _f)	2.29 ± 0.20 ^b	2.39 ± 0.03 ^b	2.70 ± 0.08 ^a	2.73 ± 0.19 ^a
	ความยืดหยุ่น	0.92 ± 0.00 ^b	0.92 ± 0.01 ^b	0.93 ± 0.01 ^b	0.97 ± 0.03 ^a
	การยึดเกาะ	0.80 ± 0.00 ^a	0.77 ± 0.00 ^b	0.77 ± 0.00 ^b	0.76 ± 0.01 ^b
	ความเหนียว ^{ns} (Kg _f s)	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.00	-0.01 ± 0.01	-0.01 ± 0.00
	แรงที่ใช้ในการเคี้ยว (Kg _f)	1.68 ± 0.15 ^b	1.69 ± 0.05 ^b	1.93 ± 0.02 ^a	2.00 ± 0.18 ^a

^{ns} ในแนวตั้งและแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.4.6 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลการศึกษาค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.46

ตารางที่ 4.46 ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของ รีทอร์ทเพาซ์ ^{ns}	อายุการเก็บรักษา ^{ns} (สัปดาห์)			
	0	4	8	12
แบบทึบ	6.29 ± 0.01	6.23 ± 0.01	6.25 ± 0.05	6.27 ± 0.01
แบบใส	6.27 ± 0.00	6.24 ± 0.01	6.27 ± 0.02	6.25 ± 0.02

^{ns} ในแนวตั้งและแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

จากตารางที่ 4.46 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ($p \geq 0.05$) แสดงว่า ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต โดยผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิดมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 6.23 ถึง 6.29

4.4.7 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

จากผลการศึกษาค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.47

ตารางที่ 4.47 ค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของ รีทอร์ทแพคเกจ ^{ns}	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์) ^{ns}			
	0	4	8	12
แบบทึบ	0.08 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.01 ^b
แบบใส	0.08 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.05 ^a

แสดงค่า TBARS ในหน่วย g MDA/1 Kg sample

^{ns} ในแนวตั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

^{a, b} ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแถวบนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.47 พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสมีค่า TBARS ไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แสดงว่า ชนิดของรีทอร์ทแพคเกจไม่มีผลต่อค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟต แต่ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในขณะเก็บรักษา โดยต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตเป็นเวลาถึง 12 สัปดาห์ จึงจะพบความแตกต่างของค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษา ($p \geq 0.05$)

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Muhlisin และคณะ (2013) ที่ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่ผัดซอสผักคาลบี้ที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า ผลิตภัณฑ์ไก่ผัดซอสผักคาลบี้มีค่า TBARS เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา 3 สัปดาห์

ทั้งนี้ค่า TBARS เป็นค่าที่ใช้สำหรับแสดงปริมาณของ malonaldehyde ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสาร malonaldehyde จัดเป็นสารระเหยที่มีกลิ่นเหม็นหืนซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยออกซิเจนจะไปทำปฏิกิริยากับไขมัน กลีโกล และฮีโมโกลบินที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ นอกจากนี้การนำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความร้อนจะไปทำลายโครงสร้างกล้ามเนื้อของเนื้อสัตว์ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Min และ Ahn, 2005) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เกิดกลิ่นเหม็นหืน และการที่ผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในขณะเก็บรักษา เป็นผลมาจากบรรจุภัณฑ์ชนิดรีทอร์ทแพคเกจที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟต ยังคงมีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน ตามภาคผนวก ง ซึ่งออกซิเจนจะซึมผ่านเข้ามาภายในรีทอร์ทแพคเกจได้มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน ดังนั้นจึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาานาน อย่างไรก็ตามยังคงมี

การเพิ่มขึ้นของค่า TBARS เพียงเล็กน้อยเท่านั้นในการศึกษานี้ ซึ่งผู้วิจัยสังเกตเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตยังคงไม่แสดงกลิ่นเหม็นหืนแต่อย่างใด โดยจากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิดมีค่า TBARS เท่ากับ 0.12 g MDA/1 Kg sample ที่ระยะเวลาในการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

4.4.8 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจทั้งสองชนิด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส ขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ แสดงดังตารางที่ 4.48 จะพบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใสมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงว่า ชนิดของรีทอร์ทแพคเกจไม่มีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟต แต่ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส มีคะแนนความชอบเกือบทุกด้านลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยกเว้นคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสที่มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่ทุกคุณลักษณะมีคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์ แสดงว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบและแบบใส ซึ่งผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่ต่ำกว่า 12 สัปดาห์ โดยผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.48 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ชนิดของรีทอร์ทเพาซ์ ns	คุณลักษณะ	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)			
		0	4	8	12
แบบทึบ	ลักษณะปรากฏ	6.88 ± 0.96 ^a	6.42 ± 1.07 ^b	6.36 ± 1.34 ^b	6.16 ± 1.08 ^b
	สี	7.08 ± 0.99 ^a	6.68 ± 1.06 ^b	6.66 ± 1.26 ^b	6.54 ± 0.97 ^b
	เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.36 ± 1.48	6.52 ± 1.07	6.30 ± 1.30	6.06 ± 1.45
	กลิ่น	7.02 ± 1.19 ^a	6.90 ± 1.27 ^{ab}	6.54 ± 1.23 ^b	6.18 ± 1.26 ^c
	ความชอบรวม	6.68 ± 1.02 ^a	6.74 ± 1.03 ^a	6.58 ± 0.99 ^a	6.22 ± 1.15 ^b
แบบใส	ลักษณะปรากฏ	6.92 ± 0.90 ^a	6.56 ± 1.07 ^b	6.54 ± 1.09 ^b	6.42 ± 1.11 ^b
	สี	6.96 ± 0.92 ^a	6.64 ± 1.12 ^b	6.54 ± 1.16 ^b	6.52 ± 0.97 ^b
	เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.38 ± 1.31	6.32 ± 1.20	6.18 ± 1.08	6.20 ± 1.34
	กลิ่น	7.02 ± 1.22 ^a	6.88 ± 1.53 ^{ab}	6.56 ± 1.34 ^b	6.20 ± 1.34 ^c
	ความชอบรวม	6.72 ± 1.09 ^a	6.72 ± 1.16 ^a	6.58 ± 1.07 ^a	6.28 ± 1.21 ^b

^{ns} ในแนวตั้งและแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

a, b, c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแถวแนวนอนเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไก่ยอกที่บรรจุในรีทอร์ทแพช

การผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอกพร้อมบริโภคนที่บรรจุในรีทอร์ทแพชสามารถลดปริมาณฟอสเฟตลงจากเดิมร้อยละ 0.2 เหลือ 0.1 โดยน้ำหนักรวม โดยที่จะใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนักรวม เป็นสารทดแทนฟอสเฟต ซึ่งผลิตภัณฑ์ไก่ยอกที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันสูงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ไก่ยอกสูตรควบคุม และมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนในเครื่องฆ่าเชื้อต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไก่ยอกสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังมีลักษณะเนื้อสัมผัส สี ความชุ่มน้ำ และกลิ่นรส ที่ผู้บริโภคมารับ โดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย

5.1.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอกที่บรรจุในรีทอร์ทแพช

การให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอกลดฟอสเฟตพร้อมบริโภคนที่ในบรรจุรีทอร์ทแพช คือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 124 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ผลิตภัณฑ์ไก่ยอกลดฟอสเฟตที่ได้มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย และมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มลง โดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ อยู่ในช่วงเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย

5.1.3 ศึกษาชนิดของรีทอร์ทแพชต่อคุณภาพขณะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่ยอกที่บรรจุในรีทอร์ทแพช

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอกลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพช 2 ชนิด คือ รีทอร์ทแพชแบบทึบซึ่งมีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ และรีทอร์ทแพชแบบใสซึ่งไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ โดยการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไก่ยอกลดฟอสเฟตในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าสีเป็นค่าคุณภาพที่สามารถบ่งบอกการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ไก่ยอกลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพชทั้งสองชนิดได้ชัดเจนที่สุด และเมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ยอกลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพชทั้งสองชนิด โดยใช้การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) ตามหลักจลนพลศาสตร์ พบว่า

ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใสสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสได้นาน 12.56 และ 12.39 สัปดาห์ ตามลำดับ และการศึกษาอายุการเก็บรักษาของ ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบและแบบใส สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ไม่ต่ำกว่า 12 สัปดาห์ โดยตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่เกิดกลิ่นเหม็นหืน มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสเล็กน้อย และได้รับคะแนนความชอบในด้านต่างๆ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางตลอดการเก็บรักษา

5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่ผลิตได้ยังคงมีของเหลวสูญเสียออกจากชิ้นไถ่ยอดหลัง ผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากไขมันไก่ที่ใช้ในการผลิตมีส่วนผสมของหนังไก่ที่มีโปรตีนคอลลาเจนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเมื่อนำไปผ่านการให้ความร้อนระดับสูง โปรตีนคอลลาเจนจะเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นเจลลาตินที่สามารถไหลออกจากโครงสร้างร่างแหของระบบอิมัลชันเนื้อสัตว์ได้ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดมีของเหลวรอบชิ้นไถ่ยอด ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่ต้องการ ดังนั้นหากต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใส ซึ่งสามารถมองเห็นลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน ควรจะศึกษาชนิดของไขมันไก่ที่ใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอด เช่น การใช้น้ำมันพืชทดแทนไขมันไก่ เพื่อปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตมีของเหลวสูญเสียออกจากชิ้นไถ่ยอดหลังผ่านการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในระดับต่ำ

(2) ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดฟอสเฟตมีเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้นตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ควรจะศึกษาชนิดของสารในกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ เพื่อปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอดยังคงมีความนุ่มและชุ่มน้ำตลอดการเก็บรักษา

รายการอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ยอ เลขที่ 1332. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2556. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท. ฉบับที่ 355. 130(87): 88-92.
- ชนิษฐ์ธิดา ศักดิ์สมบูรณ์. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่ยอแบบพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัวโดยใช้น้ำมันรำข้าวทดแทนไขมันไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ประภาศรี เทพรักษา. 2547. การผลิตอาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. ในหลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภารณ์ภัทรสิน. 5-24 น.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2560 a. ไมโอซิน. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. [online]. แหล่งที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1324/myosin-ไมโอซิน>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2560.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2560 b. Cold point / จุดที่ร้อนช้าที่สุด. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. [online]. แหล่งที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1237/cold-point-จุดที่ร้อนช้าที่สุด>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2560.
- เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต. 270 น.
- วรรณชยา ศรศักดิ์ชัยสิงห์, ประภาศรี เทพรักษา และสุธีรา วัฒนกุล. 2556. ผลของอิมัลชันน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาหูช้างทองแถบ (*Katsuwonus pelamis*). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 21: 317-328.
- วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ. 2547. บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว. ในหลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภารณ์ภัทรสิน. 203-220 น.
- สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ. 2547. หลักการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. ในหลักการผลิตและฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะปิดสนิทด้วยความร้อน. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภารณ์ภัทรสิน. 69-94 น.

- สาริตา มหศักดิ์สุนทร, สุชาดา มุกดา, จิรวัดน์ กัณฑ์เกรียงวงศ์ และวรพจน์ สุนทรสุข. 2549. การยืดอายุการเก็บหมุยอโดยการใช้น้ำร้อนแช่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 37(5): 309-312.
- สุขเกษม สิทธิพนธ์. 2555. หน่วยที่ 14 การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. ในเอกสารสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 14-20 น.
- ศศิมน ปรีชา. 2555. หน่วยที่ 8 การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยความร้อน. ในเอกสารสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. 32-37 น.
- Agnihotri, M.K. and Pal, U.K. 1997. Effect of tetra sodium pyrophosphate (TSPP) on quality of chevon sausages. *The Indian Journal of Animal Sciences* 67: 1000–1003. Citing Rajkumar, V., Dushyanthan, K., and Das, A.K. 2010. Retort pouch processing of Chettinad style goat meat curry - a heritage meat product. *Journal of Food Science and Technology* 47(4): 372-379.
- Akesowan, A. 2008. Effect of soy protein isolate on quality of light pork sausages containing konjac flour. *African Journal of Biotechnology* 7(24): 4586-4590.
- ASHRAE. 2006. Thermal properties of foods. In *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2006 ASHRAE Handbook Refrigeration SI edition*. United States: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. 9.1-9.31 p.
- Barbut, S. 1999. Advances in determining meat emulsion stability. In Xiong, Y.L. Ho, C., and Shahdi, F. (eds.), *Quality Attributes of Muscle Foods*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers. 353-364 p.
- Barbut, S. 2015. *The Science of poultry and Meat Processing*. Ontario: Library and Archives Canada Cataloguing in Publication. 764 p.
- Bastos, M., D., Monaro, E., Siguemoto, E., and Sefora, M. 2012. Maillard Reaction Products in Processed Food: Pros and Cons. In Valdez, B. (eds.), *Food Industrial Processes - Methods and Equipment*. Croatia: Intech Publisher. 281-300 p.
- Berk, Z. 2017. Technology of production of edible flours and protein products from soybeans. [online]. Available from: <http://www.fao.org/docrep/t0532e/>

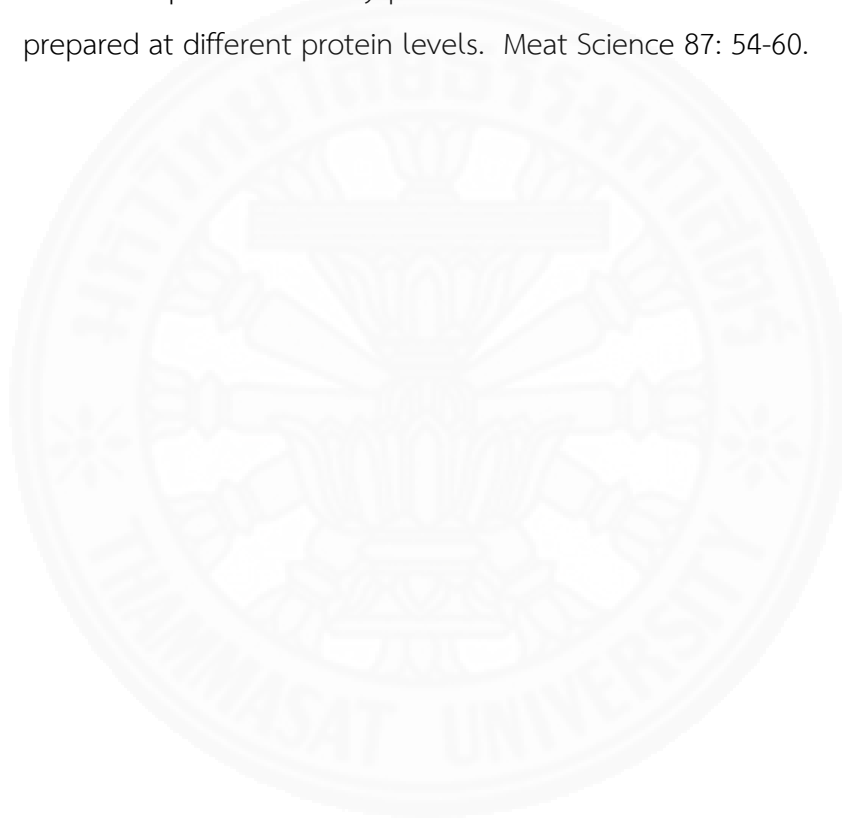
t0532e02.htm#1.6.2. Available on 18 April 18 2017.

- Byun, Y., Bae, H.J., Cooksey, K., and Whiteside, S. 2010 a. Comparison of the quality and storage stability of salmon packed in various retort pouches. *Journal of Food Science and Technology* 43: 551-555.
- Byun, Y., Hong, S.I., Mangalassary, S., Bae, H.J., and Cooksey, K. 2010 b. The performance of organic and inorganic coated retort pouch materials on the shelf life of ready-to-eat rice products. *Journal of Food Science and Technology* 43: 862-866.
- Colmenero, F.J., Herrero, A., Pintado, T., Sllas, M.T., and Capillas, C.R. 2010. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. *Food Research International* 43: 2068–2076.
- Corradini, G., M. and Peleg, M. 2007. Shelf-life estimation from accelerated storage data. *Trends in Food Science and Technology* 18: 37-47.
- Damodaran, S., Parkin, K.L., and Fennema, O.R. 2008. *Fennema's Food Chemistry*, 4th Ed. New York: Taylor & Francis Group. 1160 p.
- Deng, J., Wang, L., Liu, L., and Yang, W. 2009. Developments and new applications of UV-induced surface graft polymerizations. *Progress in Polymer Science* 34: 156-193.
- Dzudie, T., Scher, J., and Hardy, J. 2002. Common bean flour as an extender in beef sausages. *Journal of Food Engineering* 52: 143-147.
- Gao, X.Q., Kang, Z.L., Zhang, W.G., Li, Y.P., and Zhou, G.H. 2015. Combination of K-carrageenan and soy protein isolate effects on functional properties of chopped low-fat pork batters during heat-induced gelation. *Food Bioprocess Technology* 8: 1524-1531.
- Heinz, G., and Hautzinger, P. 2007. *Meat processing technology for small- to medium-scale producers*. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific. 456 p.
- Kaczmarek, A., Radziejewski, C., R., Szablewski, T., and Zabielski, J. 2015. TBARS and microbial growth predicative Models of pork sausage stored at different temperatures. *Czech Journal Food Science* 33(4): 320-325.

- Long, N.H.B.S., Gal, R., and Bunka, F. 2011. Use of phosphates in meat products. *African Journal of Biotechnology* 10(86): 19874-19882.
- Luruena-Martine, M.A., Quitana, V.I., and Revilla, I. 2004. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork back fat with olive oil on the quality characteristic of low-fat frankfurters. *Meat Science* 68: 383-389.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Anese M., and Nicoli, M. 2016. Determination and Prediction of Shelf Life of Oils/Fats and Oil/Fat-Based Foods. In *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*. New York: Elsevier Inc Publisher. 133-156 p.
- Martin, I.F.S.S., Jongen, M.F.W., and Boekel, V.A.J.S.M. 2001. A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modeling. *Trends in Food Science and Technology* 11: 364-373.
- Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering* 48: 169-175.
- Min, B., and Ahn, D.U. 2005. Mechanism of Lipid Peroxidation in Meat and Meat Products -A Review. *Food Science and Biotechnology* 14: 152-163.
- Mohan, C.O., Ravishankar, C.N., Bindu, J., Geethalakshmi, V., and Gopal, T.K.S. 2006. Effect of thermal process time on quality of "shrimp kuruma" in retortable pouches and aluminium cans. *Journal of Food Science* 71(6): 496-500.
- Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Erwanto, Y., Kawahara, S., Yamauchi, K., Sathe, S.K., and Soeda, T. 2003. Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Science* 63: 191-197.
- Muhlisin, Kim, D.S., Song, Y.R., Cho, Y.J., Kim, C.J., An, B.K., Kang, C.W., and Lee, S.K. 2013. Effect of cooking time and storage temperature on the quality of home-made retort pouch packed Chuncheon dakgalbi. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 33(6): 737-743.
- Peng, W., Lian, X.X., and Hong, Z.G. 2009. Effects of meat and phosphate level on water holding capacity and texture of emulsion-type sausage during storage. *Agricultural Sciences in China* 8(12): 1475-1481.

- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., and Cavani, C. 2013. Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science & Technology* 33: 27-39.
- Pietrasik, Z., and Duda, Z. 2000. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausage. *Meat Science* 56: 181-188.
- Pietrasik, Z., and Janz, J.A.M. 2010. Utilization of pea flour, starch-rich and fiber-rich fractions in low fat bologna. *Food Research International* 43: 602-608.
- Pocella, M.I., Sanchez, G., Vaudagna, S.R., Zanelli, M.L., Descalzo, A.M., Meichtri, L.H., Gallinger, M.M., and Lasta, J.A. 2001. Soy protein isolate added to vacuum-packaged *chorizos*: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage. *Meat Science* 57: 437-443.
- Rajagopal, I. 2009. The Cytoskeleton. [online]. แหล่งที่มา: <http://oregonstate.edu/instruction/bi314/summer09/cytoskel.html>. เข้าถึงเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2560.
- Rajkumar, V., Dushyanthan, K., and Das, A.K. 2010. Retort pouch processing of Chettinad style goat meat curry - a heritage meat product. *Journal of Food Science and Technology* 47(4): 372-379.
- Sams, A. R. 2001. *Poultry Meat Processing*. Washington DC: CRC Press. 334 p.
- Serdaroğlu M., Özsumer M.S. 2003. Effects of soy protein, whey powder and wheat gluten on quality Characteristics of cooked beef sausages formulated with 5, 10 and 20% fat. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 6(2).
- Sewald, M., and DeVries, J. 2017. Food Product Shelf Life. Medalion Laboratories Analytical Progress. [online]. Available from: http://www.medlabs.com/Downloads/food_product_shelf_life_web.pdf. Available on 25 June 2017.
- Shahidi, F. 2016. Oxidative Stability and Shelf Life of Meat and Meat Product. In *Oxidative Stability and Shelf life of Foods Containing Oils and Fats*. New York: Elsevier Inc. 373-389 p.
- Sinnhuber, O. R. and Yu, T. C. 1977. The 2-Thiobarbituric Acid Reactions, An Objective Measure of the Oxidation Deterioration Occuring in Fats and Oils. *Japanese Society of Fisheries Science* 26(5): 259-267.

- Wenjiao F., Yongkui, Z., Yunchun, C., Junxiu, S., and Yuwen, Y. 2014. TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures. *Meat Science* 96: 1-4.
- Yan, Z., Gallagher, M., J., S., and Oliveira, A.R. 2008. Mathematical modeling of the kinetic of quality deterioration of intermediate moisture content banana during storage. *Journal of Food Engineering* 84: 359-367.
- Youssef, M.K., and Barbut, S. 2011. Effects of two types of soy protein isolates, native and preheated whey protein isolates on emulsified meat batters prepared at different protein levels. *Meat Science* 87: 54-60.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพ

ก-1 การวัดปริมาณ 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

(ดัดแปลงจาก Sinnhuber และ Yu, 1977)

อุปกรณ์

1. หลอดเซนตริฟิวจ์แบบมีฝาปิดที่ทนความร้อนมากกว่า 100 องศาเซลเซียส
2. Auto pipette
3. เครื่องผสมสารละลาย
4. อ่างควบคุมอุณหภูมิ
5. เครื่องปั่นเหวี่ยง
6. เครื่องอัลตราไวโอเลต วิสิเบิล สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

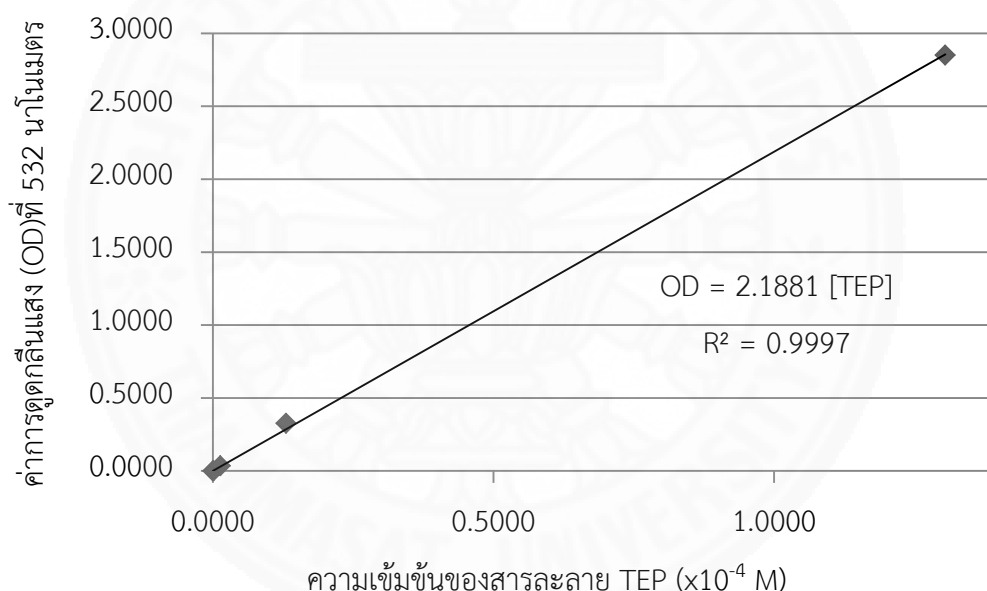
สารเคมี

1. สารละลายแอนต็อกซิเจนต์ ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างสารละลาย BHA ปริมาณ 0.3 กรัมที่ละลายใน propylene glycol ปริมาณ 5.4 กรัม และสารละลาย BHT ปริมาณ 0.3 กรัมที่ละลายใน tween 20 ปริมาณ 4.0 กรัม
2. สารละลาย TBA ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) เตรียมโดยชั่ง TBA ปริมาณ 1 กรัม ละลายด้วยสารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 75 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จนมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. สารละลาย trichloroacetic acid-HCl เป็นสารผสมระหว่างสารละลาย trichloroacetic acid ความเข้มข้นร้อยละ 25 (w/v) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร สารละลาย HCl ความเข้มข้น 0.6 N ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 420 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งไถ่ของที่บดละเอียดปริมาณ 0.5 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์
2. หยดสารละลายแอนต็อกซิเจนต์ปริมาณ 3 หยด
3. เติมสารละลาย TBA ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร
4. เติมสารละลาย trichloroacetic acid - HCl ปริมาตร 17 มิลลิลิตร

5. ปิดฝาหลอดเซนตริฟิวจ์ ทำการผสมสารละลายด้วยเครื่องผสมสารละลาย
6. นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปแช่น้ำจมนมีอุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง
7. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 rpm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง
8. วัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ของส่วนใสที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลต วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ กำหนดให้ blank คือ สารละลายที่ไม่มีการใส่ตัวอย่างไก่อย
9. คำนวณหาปริมาณ TBARS (malonaldehyde (MA)/kg sample). ในตัวอย่างไก่อย จากกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของสารละลาย 1, 1, 3, 3 - tetraethoxypropane (TEP)



รูปที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของสารละลาย 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP)

ภาคผนวก ข
แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภค

ข-1 แบบสอบถามความชอบทางประสาทสัมผัส สำหรับการศึกษาในข้อ 3.4.1.6 และ 3.4.2.5

แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภค
ผลิตภัณฑ์ไถ่ยอ

รหัสผู้ทดสอบ..... วันที่.....

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามให้ตรงตามความรู้สึกของท่าน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ และดื่มน้ำ ก่อนเริ่มทดสอบแต่ละตัวอย่าง

ข้อมูลสำหรับผู้แพ้อาหาร : มีถั่วเหลืองและถั่วลิสง

รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
สี									
เนื้อสัมผัส									
ความชุ่มน้ำ									
รสชาติ									
กลิ่นรส									
ความชอบโดยรวม									

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ข-2 แบบสอบถามความชอบทางประสาทสัมผัส สำหรับการศึกษาในข้อ 3.4.3.8 และ 3.4.4.8

แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภคชุดที่ 1
ผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อ

รหัสผู้ทดสอบ..... วันที่.....

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามให้ตรงตามความรู้สึกของท่าน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้

หมายเหตุ ผู้ทดสอบไม่ต้องชิมผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อ
คุณลักษณะ “เนื้อสัมผัส” ให้ผู้ทดสอบใช้นิ้วกดตัวอย่าง
คุณลักษณะ “กลิ่น” ให้ผู้ทดสอบใช้นิ้วกดตัวอย่างให้แตกแล้วจึงดมกลิ่น

รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ	ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปาน กลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
ลักษณะ ปรากฏ									
สี									
กลิ่น									
ความชอบ โดยรวม									

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ข-3 แบบสอบถามความชอบทางประสาทสัมผัส สำหรับการศึกษาในข้อ 3.4.3.8 และ 3.4.4.8

แบบสอบถามความชอบของผู้บริโภคชุดที่ 2
ผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อ

รหัสผู้ทดสอบ..... วันที่.....

คำชี้แจง กรุณาตอบคำถามให้ตรงตามความรู้สึกของท่าน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้

หมายเหตุ ผู้ทดสอบไม่ต้องชิมผลิตภัณฑ์ไถ่ย่อ

ผู้ทดสอบประเมินเฉพาะความชอบด้านของเหลวรอบขึ้นไถ่ย่อ

รหัสตัวอย่าง.....

คุณลักษณะ	ไม่ชอบ มากที่สุด	ไม่ ชอบ มาก	ไม่ชอบ ปาน กลาง	ไม่ชอบ เล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบ เล็กน้อย	ชอบ ปาน กลาง	ชอบ มาก	ชอบ มากที่สุด
ของเหลว รอบขึ้น ไถ่ย่อ									

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ภาคผนวก ค**คุณลักษณะของสารทดแทนฟอสเฟต****ค-1 คุณลักษณะของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (SPI) และโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา (PPI)**

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และโปรตีนสกัดจากถั่วลันเตา มีคุณลักษณะดังเอกสารแนบ





山东嘉华保健品股份有限公司
SHANDONG SINOGLORY HEALTH FOOD CO., LTD.
No.5 Yunan Road, Qingdao, China
TEL: 0086 532 8502 2192 FAX: 0086 532 8502 2807

CERTIFICATE OF ANALYSIS

DESCRIPTION: SOY PROTEIN ISOLATE ISOPRO500A

BATCH NO.: 14S045ZZTHQ

MANUFACTURING DATE: NOV.14, 2014

WEIGHT: 600BAGS/12,000 KGS

RESULTS OF ANALYSIS:

PROTEIN (%)	90.5	Standard Plate Count	5802/g
MOISTURE (%)	6.7	E-Coli	Negative
ASH (%)	5.3	Salmonella (per 25g)	Negative
PH	7.4		

GRANULATION: 99.0% THROUGH 100 MESH

SMELL: BLAND

PACKING: 20 KG IN ONE PAPER BAGS

SHELF LIFE: 1 YEAR PROVIDED PROPER STORAGE



PROVISIONAL PRODUCT SPECIFICATION

EMSLAND GROUP
 using nature to create

Empro® E 86 HV

Type of product	vegetable pea protein isolate
Appearance	light yellow powder
Taste and odour	typical
Shelf life	24 months keep cool and dry in closed packaging

	Method	Parameter	Value
1	A0010	Moisture	max. 8.0 %
1	A0057	pH value	7.0 - 8.0
1	A0066	Protein content (dry basis)	min. 84 %
1	A0556	Ash (dry basis)	max. 5 %
2	A0442	Bulk density, compacted	420 – 480 g/l
2	A0558	Particle size > 400 µm	max. 5 %
1	M0011	Total viable count	max. 10000 cfu / g
1	M0013	Yeasts & Moulds	max. 100 cfu / g
1	M0006	E. coli	not detectable / 1 g
1	M0020	Salmonella	not detectable / 25 g
1	V020154	Brookfield viscosity	min. 20000 mPas
2		Arsenic	max. 3.0 ppm
2		Lead	max. 5.0 ppm
2		Cadmium	max. 1.0 ppm
2		Mercury	max. 1.0 ppm

1 = part of certificate of analysis
 2 = part of monitoring

Version: 6000041 / 01

Date: 2015-09-08

page 1

PROVISIONAL PRODUCT SPECIFICATION

EMSLAND GROUP
 using nature to create

Empro® E 86 HV
Average nutritional values per 100 g - commercial quality

Energy	1783 kJ / 422 kcal (calculated based on method acc. § 64 LFGB)
Fat	Method acc. § 64 LFGB, L 06.00-6, mod., gravimetry (with acid hydrolysis) Fat: 9.5 g - of which saturates 2.3 g
	Method A0158 (without acid hydrolysis) Fat: < 1.0 g - of which saturates < 1.0 g
Carbohydrates - of which sugar	0.2 g 0.0 g
Protein	84.0 g
Salt	2.5 g

Amino acid content

Alanine	3.50 g
Arginine	7.00 g
Aspartic acid	9.21 g
Cysteine	0.82 g
Glutamic acid	13.29 g
Glycine	3.36 g
Histidine	2.16 g
Isoleucine	4.00 g
Leucine	6.90 g
Lysine	6.29 g
Methionine	0.79 g
Phenylalanine	4.78 g
Proline	3.56 g
Serine	4.40 g
Threonine	3.18 g
Tryptophan	0.70 g
Tyrosine	3.30 g
Valine	4.31 g

Version: 6000041 / 01

Date: 2015-09-08

page 2

PROVISIONAL PRODUCT SPECIFICATION

EMSLAND GROUP[®]
using nature to create**Empro[®] E 86 HV****Food grade / Irradiation / Fumigation**

This material corresponds to current regulations of the Federal Republic of Germany and EU concerning food grade, food safety, residues and contaminants - in detail:

- German Food and Feed Code (LFGB)
- Regulation (EC) no. 178/2002
- Regulation (EC) no. 396/2005
- Regulation (EC) no. 852/2004
- Regulation (EC) no. 1881/2006

Neither the product nor its raw material are irradiated / fumigated and do not contain any irradiated / fumigated compounds.

GMO

This product is GMO-free.

This product is not made of genetically modified organisms.
No ingredients or enzymes extracted from genetically modified organisms and no genetic engineering techniques have been used for the production.

This product is not subject to the labelling requirements according to regulations (EC) No. 1829/2003 and 1830/2003.

Version: 6000041 / 01

Date: 2015-09-08

page 3

ภาคผนวก ง
คุณลักษณะของบรรณารักษ์

ง-1 คุณลักษณะของรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ

รีทอร์ทเพาซ์แบบทึบที่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ และรีทอร์ทเพาซ์แบบใสที่ไม่มีชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบ มีคุณลักษณะดังเอกสารแนบ





Request No. 0762/591221

TPC. No. 0762/60

REPORT ON TESTING AND ANALYSIS**For****ROYAL MEIWA PAX CO., LTD.**

68/1 Moo 3 Khaerai, Krathumbaen, Samutsakhon 74110

Testing/analysis of:- Plastic film ; code : PET/Ny /Al/CPP

Method of testing/analysis:- 1) ASTM F 1249-06 Water Vapor Transmission Rate Through Plastics Film and Sheeting Using a Modulated Infrared Sensor
2) ASTM D 3985-05 Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor

Condition of testing/analysis:- Temperature - °C Relative humidity - %**Date of testing:-** December 22 , 2016 - January 13 , 2017**Result of testing/analysis:-**

Water vapor transmission rate at 38 °C , 90 % RH	0.030	g/m ² .day
Oxygen gas transmission rate at 23 °C , 0 % RH	0.033	cc/ m ² .day

Note : 1) Water vapor transmission rate test :

- Test equipment : Water vapor permeation tester; MOCON PERMATRAN-W[®]3/33

2) Oxygen gas transmission rate test :

- Test equipment : Oxygen permeation tester ; Illinois model 8000

Tested/analyzed by

Approved by

(Mr. Sakkhee Sansupa)

Examined by

(Mr. Wichit Rattanathawornkiti)

Research Officer

THAI PACKAGING CENTRE

Date January 16 , 2017

Remark: The above results are valid exclusively for tested/analyzed samples as mentioned in this report.

Publicity and reproduce some parts are prohibited unless written permission is obtained from TISTR.

FS-PKL-SP-17025-04 Issue No.1

Thailand Institute of Scientific and Technological Research

Head Office

35 Moo 3, Technopolis, Tambon Khlong 5, Amphoe Khlong Luang,
Pathum Thani 12120, Thailand
Tel. (662) 577 9000 Fax. (662) 577 9009
E-mail: tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

Thai Packaging Centre

196 Phahonyothin Road, Chatuchak,
Bangkok 10900, Thailand
Tel. (662) 579 1121-30 Fax. (662) 579 7573
E-mail: tpc-tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th/tpc



Request No. 0761/591221

TPC. No. 0761/60

REPORT ON TESTING AND ANALYSIS**For****ROYAL MEIWA PAX CO., LTD.**

68/1 Moo 3 Khaerai, Krathumbaen, Samutsakhon 74110

Testing/analysis of:- Plastic film ; code : PET/Ny (Barrier) /CPP

Method of testing/analysis:- 1) ASTM F 1249-06 Water Vapor Transmission Rate Through Plastics Film and Sheeting Using a Modulated Infrared Sensor
2) ASTM D 3985-05 Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor

Condition of testing/analysis:- Temperature - °C Relative humidity - %**Date of testing:-** December 23 , 2016 - January 10 , 2017**Result of testing/analysis:-**

Water vapor transmission rate at 38 °C , 90 % RH	1.85	g/m ² .day
Oxygen gas transmission rate at 23 °C , 0 % RH	4.47	cc/ m ² .day

Note : 1) Water vapor transmission rate test :

- Test equipment : Water vapor permeation tester; MOCON PERMATRAN-W ®3/33

2) Oxygen gas transmission rate test :

- Test equipment : Oxygen permeation tester ; Illinois model 8000

Tested/analyzed by*Wichit R.***Approved by**

(Mr. Sakkhee Sansupa)

Examined by*Wichit R.*

(Mr. Wichit Rattanathawornkiti)

Research Officer

THAI PACKAGING CENTRE
Date January 16, 2017

Remark: The above results are valid exclusively for tested/analyzed samples as mentioned in this report.

Publicity and reproduce some parts are prohibited unless written permission is obtained from TISTR.

FS-PKL-SP-17025-04 Issue No.1

Thailand Institute of Scientific and Technological Research

Head Office

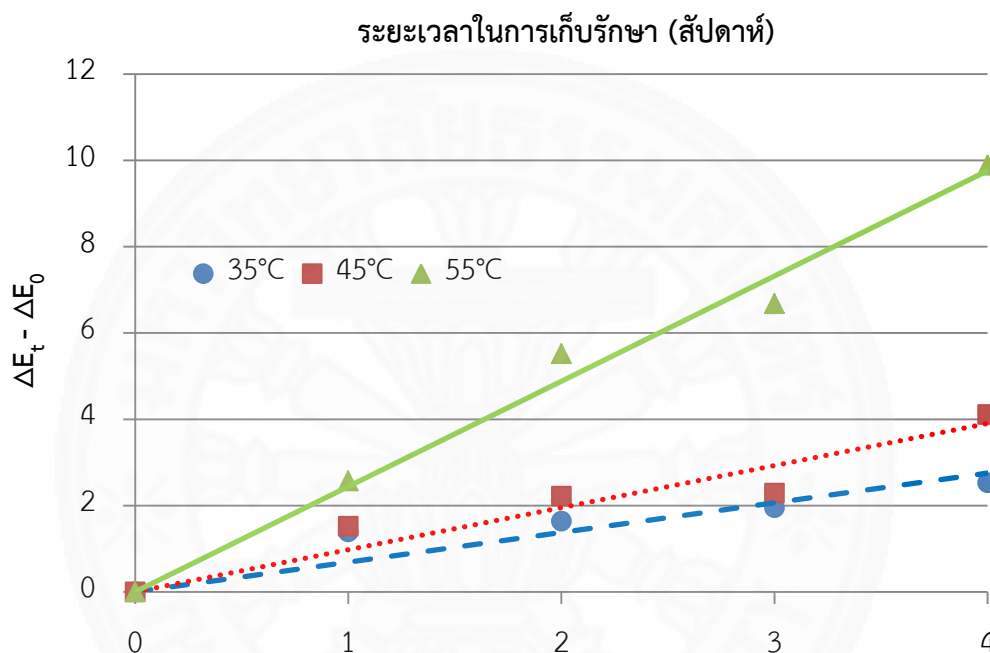
35 Moo 3, Technopolis, Tambon Khlong 5, Amphoe Khlong Luang,
Pathum Thani 12120, Thailand
Tel. (662) 577 9000 Fax. (662) 577 9009
E-mail: listr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th

Thai Packaging Centre

196 Phahonyothin Road, Chatuchak,
Bangkok 10900, Thailand
Tel. (662) 579 1121-30 Fax. (662) 579 7573
E-mail: tpc-tistr@tistr.or.th Website : www.tistr.or.th/tpc

ภาคผนวก จ
ความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพกับระยะเวลาในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง
ตามหลักจลนพลศาสตร์ (kinetic model)

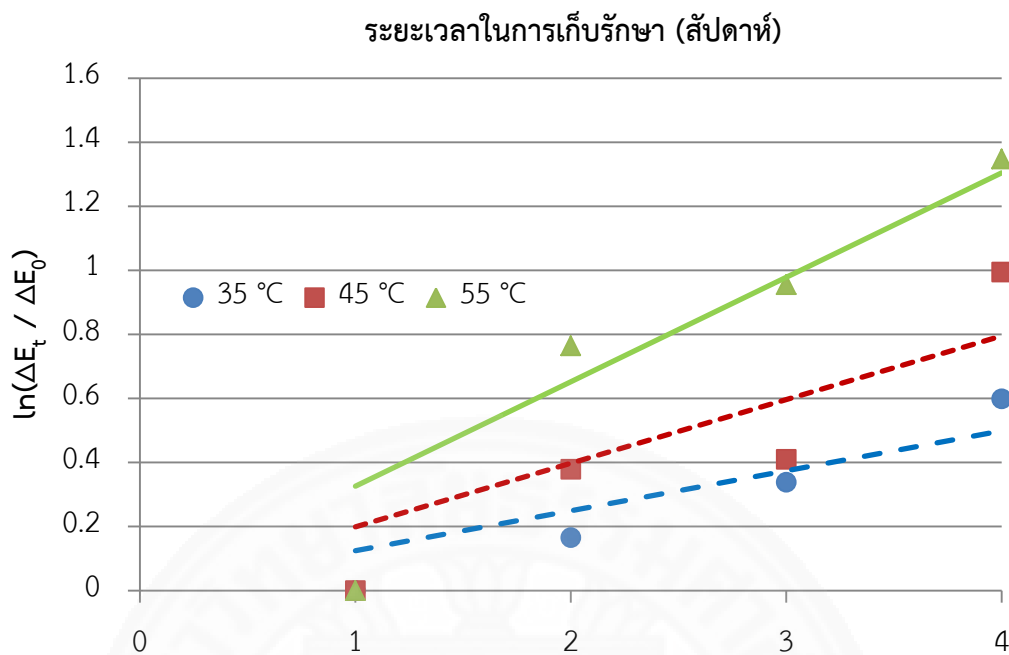
จ-1 ความสัมพันธ์ของค่า ΔE กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง



รูปที่ จ-1 ก ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดพอสเฟตที่บรรจุในรีโอร์ทเพาซ์แบบทึบ ($\Delta E_t - \Delta E_0$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ปฏิกิริยาอันดับศูนย์)

กำหนดให้

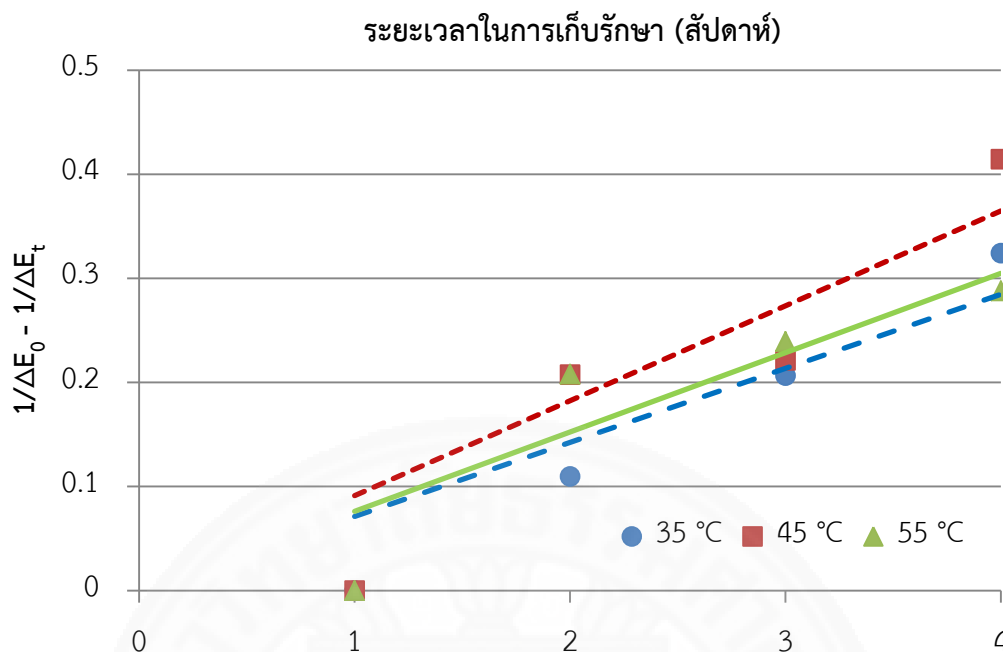
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.6880t$, $R^2 = 0.8238$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.9757t$, $R^2 = 0.9072$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\Delta E_t - \Delta E_0 = 2.4403t$, $R^2 = 0.9853$



รูปที่ จ-1 ข ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบที่บ (ln($\Delta E_t / \Delta E_0$)) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส (°C) (ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง)

กำหนดให้

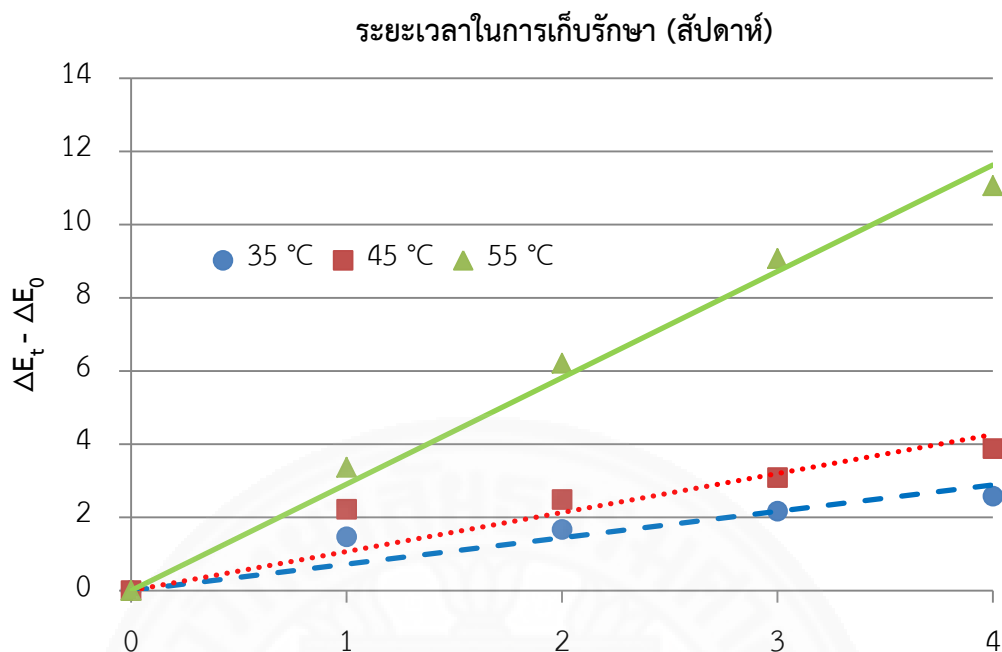
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1247t$, $R^2 = 0.8276$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1989t$, $R^2 = 0.7737$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.3262t$, $R^2 = 0.8737$



รูปที่ จ-1 ค ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบ ($1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ปฏิกิริยาอันดับสอง)

กำหนดให้

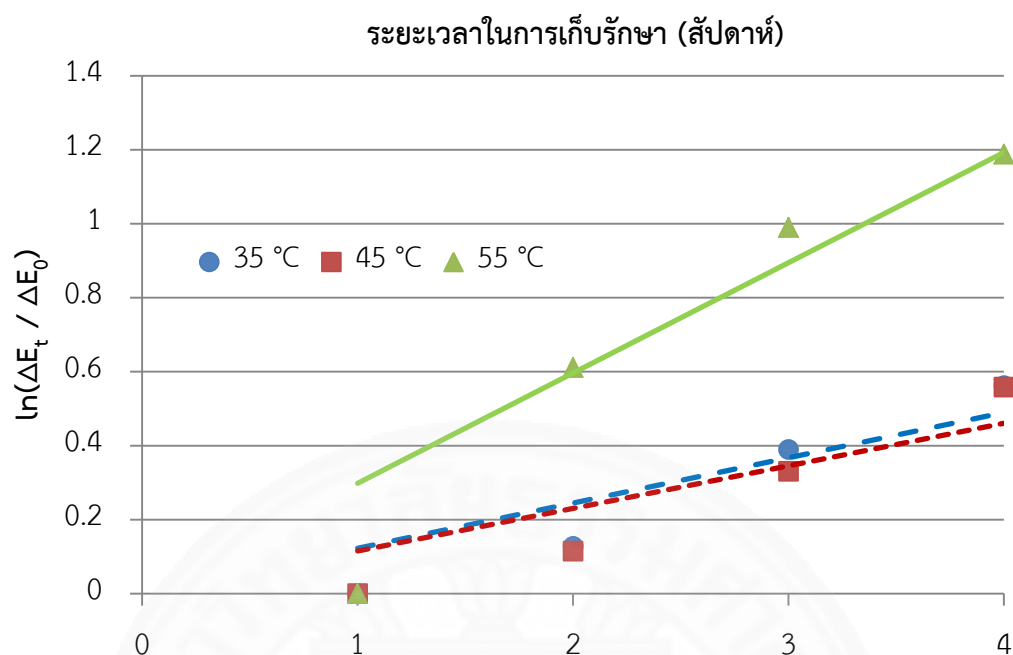
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0712t$, $R^2 = 0.8648$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0912t$, $R^2 = 0.8354$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0762t$, $R^2 = 0.8077$



รูปที่ จ-1 ง ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส ($\Delta E_t - \Delta E_0$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ปฏิกิริยาอันดับศูนย์)

กำหนดให้

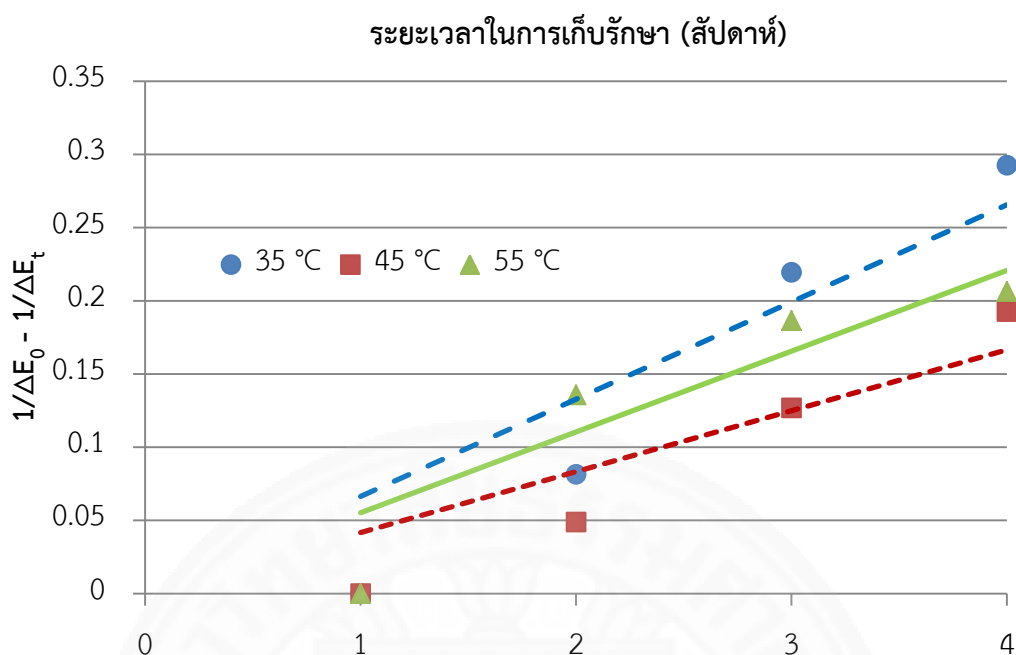
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\Delta E_t - \Delta E_0 = 0.7213t$, $R^2 = 0.8175$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\Delta E_t - \Delta E_0 = 1.0663t$, $R^2 = 0.8083$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\Delta E_t - \Delta E_0 = 2.9080t$, $R^2 = 0.9895$



รูปที่ จ-1 จ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส ($\ln(\Delta E_t / \Delta E_0)$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง)

กำหนดให้

- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1225t$, $R^2 = 0.8211$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.1152t$, $R^2 = 0.8005$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\Delta E_t / \Delta E_0) = 0.2982t$, $R^2 = 0.8802$

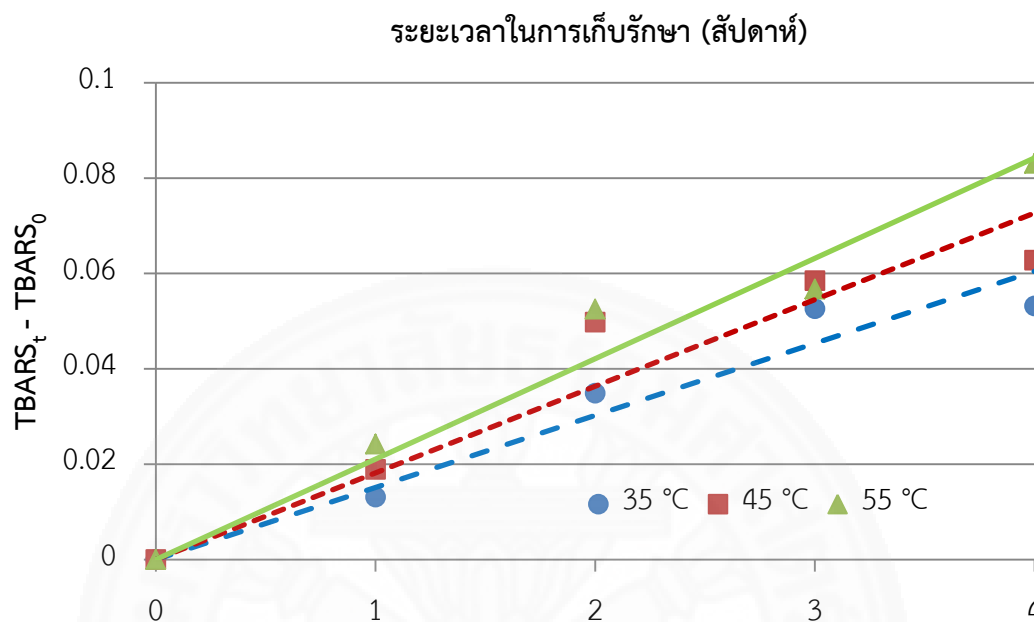


รูปที่ จ-1 ฉ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส ($1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส (°C) (ปฏิกิริยาอันดับสอง)

กำหนดให้

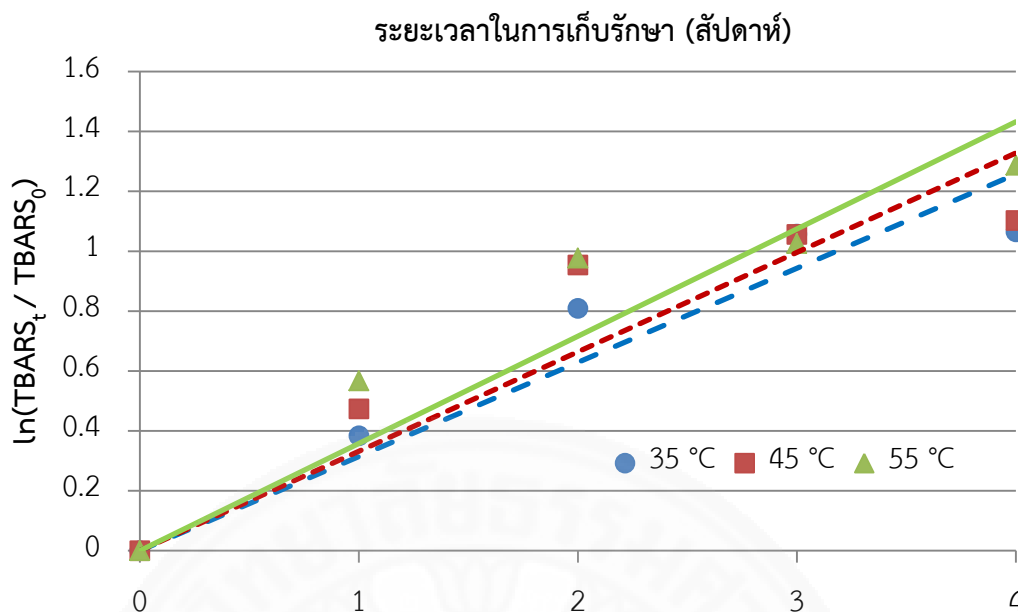
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0644t$, $R^2 = 0.8437$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0416t$, $R^2 = 0.8336$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/\Delta E_0 - 1/\Delta E_t = 0.0552t$, $R^2 = 0.8329$

จ-2 ความสัมพันธ์ของค่า TBARS กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง



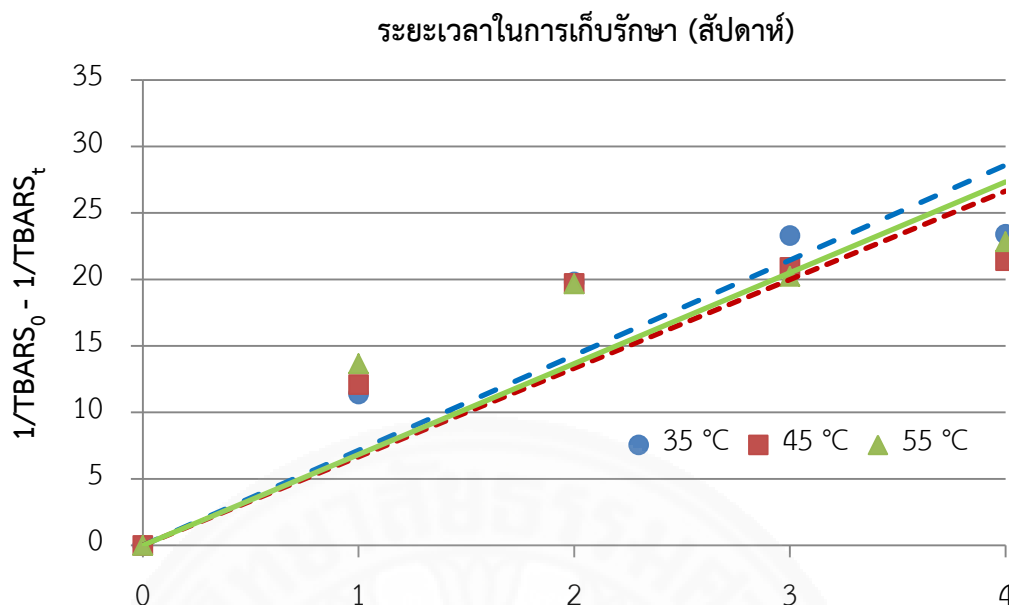
รูปที่ จ-2 ก ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ทอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบ (TBARS_t - TBARS₀) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส (°C) (ปฏิกิริยาอันดับศูนย์)

- กำหนดให้
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $TBARS_t - TBARS_0 = 0.0150t$, $R^2 = 0.9418$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $TBARS_t - TBARS_0 = 0.0182t$, $R^2 = 0.9010$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $TBARS_t - TBARS_0 = 0.0211t$, $R^2 = 0.9606$



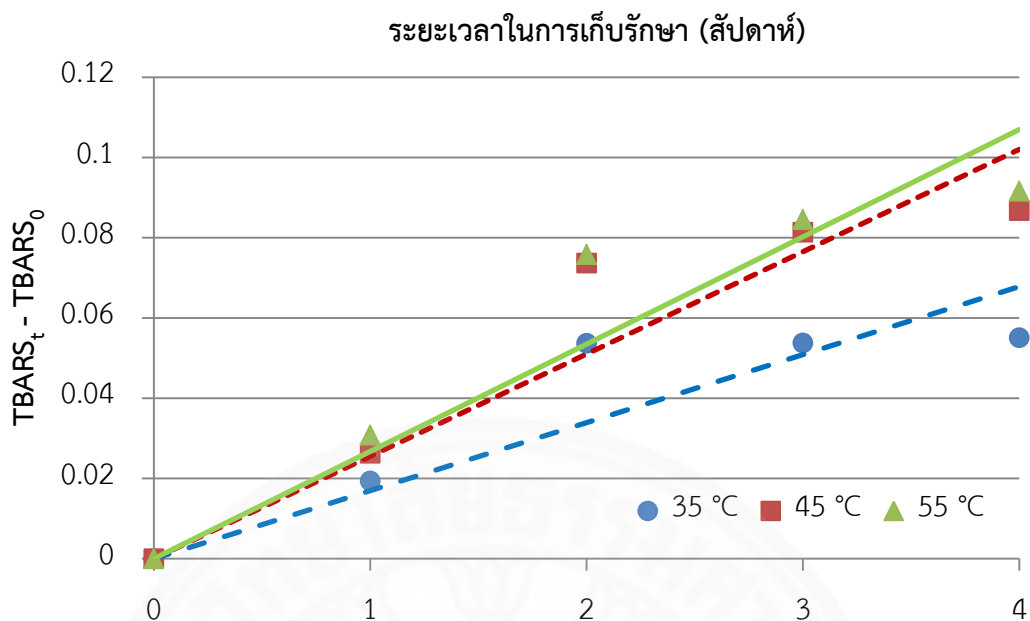
รูปที่ จ-2 ข ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ทอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบ ($\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0)$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง)

- กำหนดให้
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0) = 0.3144t$, $R^2 = 0.8976$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0) = 0.3320t$, $R^2 = 0.8226$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0) = 0.3582t$, $R^2 = 0.8660$



รูปที่ จ-2 ค ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบทึบ ($1/TBARS_0 - 1/TBARS_t$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) (ปฏิกิริยาอันดับสอง)

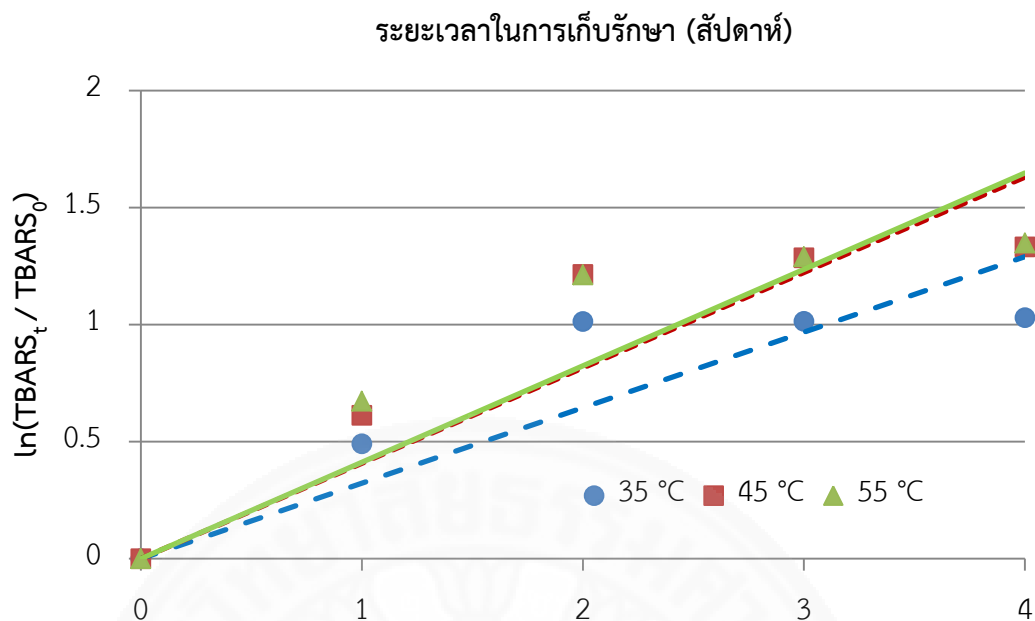
- กำหนดให้
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 7.1511t$, $R^2 = 0.8025$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 6.6621t$, $R^2 = 0.7030$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 6.8345t$, $R^2 = 0.6947$



รูปที่ จ-2 ง ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส (TBARS_t - TBARS₀) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส (°C) (ปฏิกิริยาอันดับศูนย์)

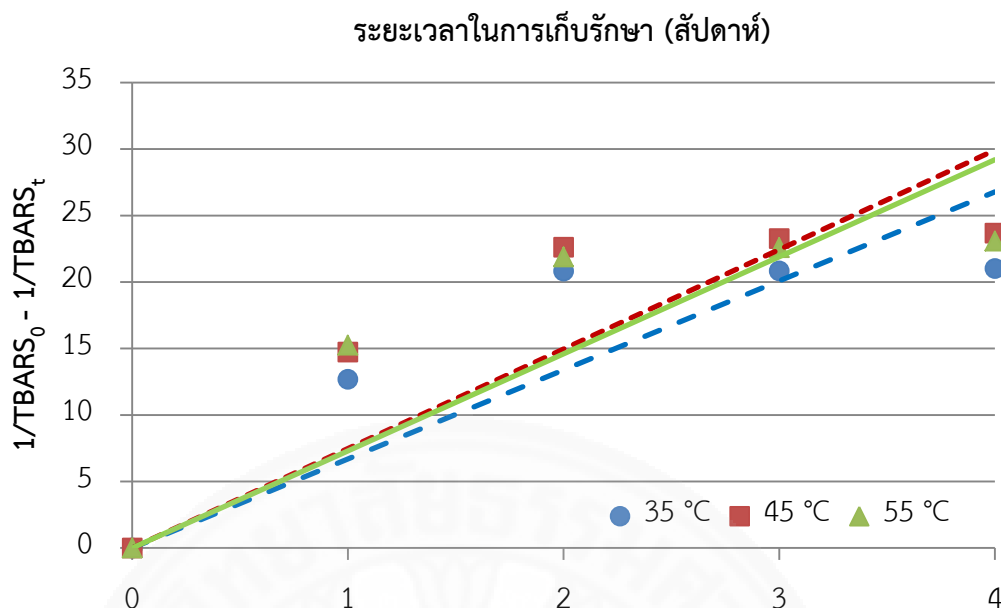
กำหนดให้

- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $TBARS_t - TBARS_0 = 0.0170t$, $R^2 = 0.7786$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $TBARS_t - TBARS_0 = 0.0255t$, $R^2 = 0.8693$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $TBARS_t - TBARS_0 = 0.0267t$, $R^2 = 0.8768$



รูปที่ จ-2 จ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส ($\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0)$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) (ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง)

- กำหนดให้
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0) = 0.3227t$, $R^2 = 0.7212$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0) = 0.4077t$, $R^2 = 0.7781$
 - หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $\ln(\text{TBARS}_t / \text{TBARS}_0) = 0.4121t$, $R^2 = 0.7630$



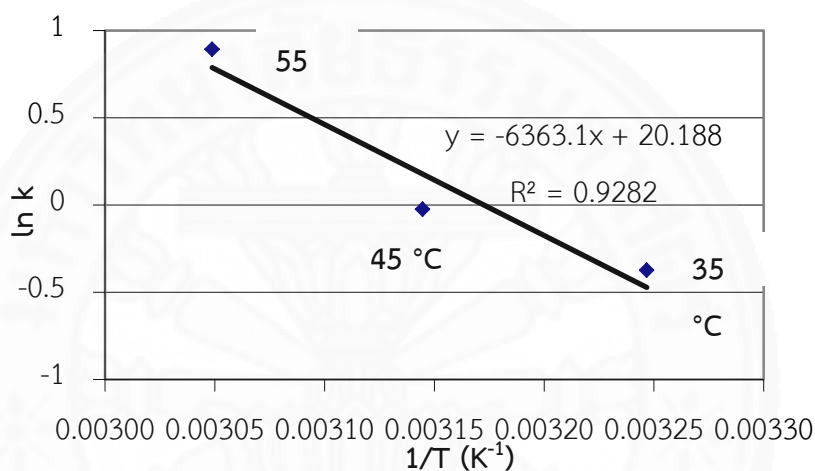
รูปที่ จ-2 ฉ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์ไก่ยอดดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทแพคเกจแบบใส ($1/TBARS_0 - 1/TBARS_t$) กับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) (ปฏิกิริยาอันดับสอง)

กำหนดให้

- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 6.6951t$, $R^2 = 0.6267$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 7.4815t$, $R^2 = 0.6314$
- หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส
kinetic model: $1/TBARS_0 - 1/TBARS_t = 7.3009t$, $R^2 = 0.5967$

ภาคผนวก ฉ
ความสัมพันธ์ของค่าคงที่อัตรากับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาใน
สภาวะเร่ง ตาม Arrhenius model

ฉ-1 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ



รูปที่ ฉ-1 Arrhenius's model ของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ กำหนดให้ หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟ

ฉ-2 วิธีการหาค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) ของการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสของผลิตภัณฑ์ไก่ออลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบทึบ

จาก Arrhenius's model

$$\ln k = \ln A - (\text{slope}/T) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$k = A \exp (-E/RT) \quad \dots\dots\dots(2)$$

โดยที่ $\text{slope} = -E/R = -6,363.10$; $R = 8.314 \text{ J/molK}$

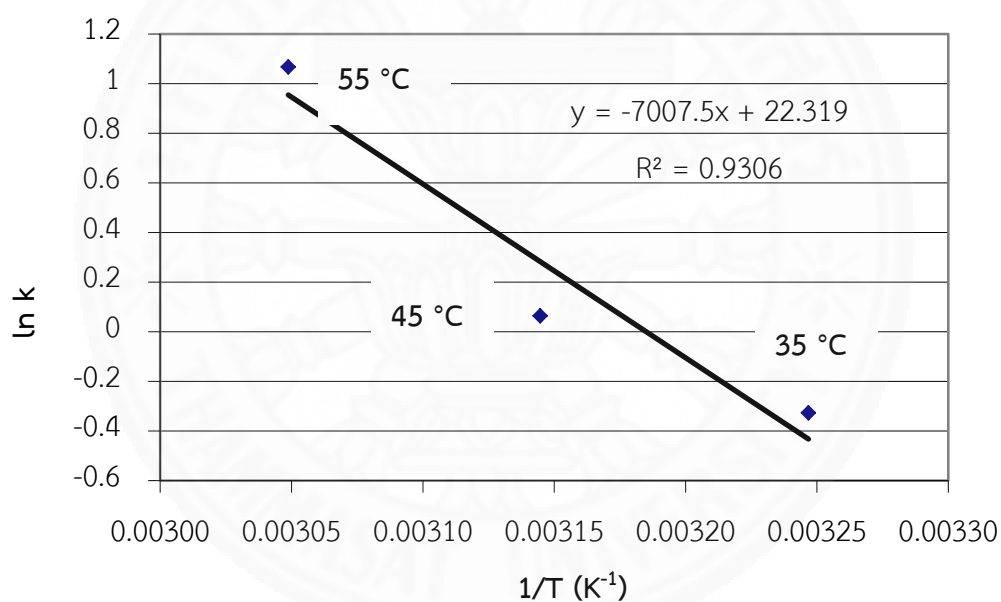
ดังนั้น $E = 52,902.81 \text{ J/mol}$

โดยที่ $\ln A = 20.188$

ดังนั้น $A = 5.86 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$

จากนั้นหาค่า k ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามสมการที่ 2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.4394 s^{-1}

ฉ-3 ความสัมพันธ์ของค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม (ΔE) กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใส



รูปที่ ฉ-3 Arrhenius's model ของผลิตภัณฑ์ไถ่ยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใส
 กำหนดให้ — หมายถึง เส้นแนวโน้มของกราฟ

ฉ-4 วิธีการหาค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) ของการเปลี่ยนแปลงค่า ΔE ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสของผลิตภัณฑ์ไกยอลดฟอสเฟตที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์แบบใส

จาก Arrhenius's model

$$\ln k = \ln A - (\text{slope}/T) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$k = A \exp (-E/RT) \quad \dots\dots\dots(2)$$

โดยที่ slope = $-E/R = -7,007.50$; $R = 8.314 \text{ J/molK}$

ดังนั้น E = $58,260.36 \text{ J/mol}$

โดยที่ $\ln A = 22.319$

ดังนั้น A = 4.93×10^9 สัปดาห์⁻¹

จากนั้นหาค่า k ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ตามสมการที่ 2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.4457 สัปดาห์⁻¹

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวกรรวิ พิสันเทียะ
วันเดือนปีเกิด	14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2534
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการอาหาร) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัยรังสิต

ผลงานทางวิชาการ

- ชิดชนก สุขศรีไพศาล, กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา. 2558. การผลิตผลิตภัณฑ์
กุนเชียงหมูพร้อมบริโอค. รายงานการวิจัยสำนักทรัพยากรปัญญาและบ่มเพาะวิสาหกิจ
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
- ชิดชนก สุขศรีไพศาล และกรรวิ พิสันเทียะ. 2559. การเสริม Emfibre ในผลิตภัณฑ์แฮมที่
ปราศจากฟอสเฟต. รายงานการวิจัยร่วมกับบริษัท Emsland Group.
- กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา. 2561. การใช้สารทดแทนฟอสเฟตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์
ไก่ยอพร้อมรับประทานที่บรรจุในรีทอร์ทเพาซ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 26(2).
อยู่ในขั้นตอนการตีพิมพ์.

อนุสิทธิบัตร

- กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา. 2561. กระบวนการสเตอริไลซ์ไก่ยอพร้อมรับประทาน
ในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาซ์แบบใส. เลขที่คำขออนุสิทธิบัตร 1603002226.
- กรรวิ พิสันเทียะ และประภาศรี เทพรักษา. 2561. ไก่ยอลดฟอสเฟตและกรรมวิธีการผลิต.
เลขที่คำขออนุสิทธิบัตร 1603002226.

การได้รับรางวัลทางวิชาการ

- ผลงานชื่อ “ไก่ยอเพื่อสุขภาพพร้อมบริโอคในบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อนตัว”
รางวัลงานวิจัยระดับดี จากการประกวดผลงานนวัตกรรมสายอุดมศึกษา ปี 2558

ผลงานชื่อ “Ready-to-Eat Sterilized Reduced Phosphate Kai Yor (Thai Chicken Sausage) in Retort Pouch”

รางวัล Bronze Prize

รางวัล Special Prize จากผู้แทนประเทศมาเลเซีย

รางวัล Special Prize จากผู้แทนประเทศกาตาร์

จากเวทีประกวดสิ่งประดิษฐ์นานาชาติในงาน Seoul International Invention Fair (SIIF) 2016 ณ ประเทศเกาหลีใต้

