

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูโดยใช้วิธีเร่ง

SHELF LIFE ASSESSMENT OF PORK RIND PRODUCT USING  
ACCELERATED SHELF LIFE TESTING (ASLT)



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เคบหมูโดยใช้วิธีเร่ง

SHELF LIFE ASSESSMENT OF PORK RIND PRODUCT USING  
ACCELERATED SHELF LIFE TESTING (ASLT)



T148867

กานติมา โพธิ์แจ่ม

ประภาศิริ คุ่มไต้อยู่

อังคณา เกิดสนอง

เลขหมู่.....  
ลงทะเบียน 148867  
วันเดือนปี. 30 ม.ย. 2560

b. 10876264  
.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูโดยใช้วิธีเร่ง  
SHELF LIFE ASSESSMENT OF PORK RIND PRODUCT USING  
ACCELERATED SHELF LIFE TESTING (ASLT)

จัดทำโดย

กานติมา	โพธิ์แฉล้ม	รหัส 55080146
ประภาศิริ	คุ้มได้อยู่	รหัส 55080170
อังคณา	เกิดสนอง	รหัส 55080211

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์)  
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

..... 11 / พค ..... / 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูโดยใช้วิธีเร่ง		
ชื่อนักศึกษา	กานติมา โพธิ์แฉล้ม	รหัสนักศึกษา	55080146
	ประภาศิริ คุ่มไต้อยู่	รหัสนักศึกษา	55080170
	อังคณา เกิดสนอง	รหัสนักศึกษา	55080211
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร		
พ.ศ.	2559		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.โสธยา เกิดพิบูลย์		

### บทคัดย่อ

จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของแคบหมูโดยใช้วิธีเร่ง โดยซื้อแคบหมูมาจากร้านแม่ปราณีและนำมาบรรจุในถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง(35°C) และอุณหภูมิเร่งที่ 45°C และ 55°C เป็นเวลา 35 วัน ในระหว่างการเก็บรักษา ตัวอย่างถูกสุ่มตรวจค่าทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ความกรอบ, Thiobarbituric acid (TBA), ความชื้น,  $A_w$  และปริมาณไขมันทุกๆ 5 วัน จากผลการทดลองพบว่าแคบหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ทั้งถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีผลต่อคุณสมบัติของค่า Thiobarbituric acid (TBA) และค่าความกรอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ค่าแสดงการเกิดกลิ่นหืน (TBA), ค่าความกรอบ, ปริมาณความชื้น, ค่า  $A_w$  และปริมาณไขมันของแคบหมูมีค่า  $0.0094 \pm 0.0011$  มิลลิกรัมมาลอนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม, 90.5-84, 2.0936-2.4607%, 0.2-0.4 และ 51.5140% ตามลำดับ ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ถูกพบว่าเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมสภาพของคอบหมูซึ่งเป็นที่น่าพอใจ ผลจากการใช้การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งพบว่าตัวอย่างที่ถูกบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์และถุงแก้วที่อุณหภูมิ 45°C เก็บได้นาน 18 วันและ 16 วัน และที่อุณหภูมิ 55°C เก็บได้นาน 5 วันและ 4 วันตามลำดับ จากการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมูสรุปได้ว่าถุงอลูมิเนียมฟอยด์เหมาะสมที่จะใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ในการบรรจุผลิตภัณฑ์แคบหมูมากกว่าถุงแก้ว

คำสำคัญ : แคบหมู ถุงแก้ว ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ สภาวะเร่ง

Special problem title	Study on storage time of pork rind production	
Student name	Kantima Phochalam	Student ID 55080146
	Phraphasiri Khumdaiyoo	Student ID 55080170
	Angkana Kerdsanong	Student ID 55080211
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2016	
Advisor	Assist.Prof.Dr. Soraya Kerdpiboon	

### ABSTRACT

Shelf life assessment of pork rind product using accelerated shelf life testing (ASLT) was observed. Pork rind was brought from Mae-Pranee shop and packed in plastic bag and aluminium foil bag. Then samples were kept at room temperature (35°C) and accelerated temperatures of 45 and 55 °C for 35 days. During storage, samples were sampling to measure physical and chemical composition consisting of crispness, Thiobarbituric acid (TBA), moisture content, water activity ( $A_w$ ) and fat content every 5 days. It was found that pork rind packed using both plastic and aluminium foil bag did affect these properties of the thiobarbituric acid (TBA) and crispness significantly ( $p \leq 0.05$ ). TBA, crispness, moisture content,  $A_w$  and fat content of pork rind were  $0.0094 \pm 0.0011$  mg.malonaldehyde/kg, 90.5 – 84, 2.0936 - 2.4607 %, 0.2 – 0.4 and 51.5140%, respectively TBA was found to be indicator of pork rind deterioration, which was desirable. Result from ASLT method was found that samples packed in aluminium foil bag and plastic bag at 45°C were kept for 18 days and 16 days and temperature at 55°C were kept for 5 days and 4 days, respectively. The assessment concluded that the shelf life of pork rind aluminum foil bag suitable for use as packaging plastic bag over pork rind.

Keywords: Pork rind, Plastic bag, Aluminum foil bag, Accelerated

## กิตติกรรมประกาศ

การทำรายงานปัญหาพิเศษนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนจาก ผศ.ดร.โสธยา เกิดพิบูลย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.โสธยา เกิดพิบูลย์ ที่คอยให้การสนับสนุนและสละเวลาให้คำแนะนำและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำเพิ่มเติมและให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ จึงทำให้รายงานปัญหาพิเศษเกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัวและเพื่อนๆที่เป็นผู้ให้กำลังใจในการดำเนินชีวิตและในการทำงานตลอดมา



กานติมา โพธิ์แฉล้ม  
ประภาศิริ คุ้มไต้อยู่  
อังคณา เกิดสนอง  
11 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แคนหมู (pork rind, pork scratching, pork snack หรือ pork crackling).....	3
2.2 การผลิตแคนหมู.....	3
2.3 องค์ประกอบของแคนหมู.....	4
2.4 การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร.....	4
2.5 วิธีการบรรจุและวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แคนหมู.....	10
2.6 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร.....	10
2.7 ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์.....	11
2.8 การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร.....	13
2.9 วิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร.....	14
2.10 หลักจลนพลศาสตร์กับการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร.....	15
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	20
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	20
3.2 อุปกรณ์.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	21
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	24
4.1 ผลการศึกษาปัจจัยในการเสื่อมเสียคุณภาพของแคบหมูในสภาวะเร่ง.....	24
4.2 การวิเคราะห์หาดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมเพื่อใช้ทำนายอายุการเก็บรักษา.....	29
4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของแคบหมูในสภาวะเร่ง.....	30
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	38
บรรณานุกรม.....	39
ภาคผนวก.....	41
ภาคผนวก ก.....	42
ภาคผนวก ข.....	46
ภาคผนวก ค.....	47
ภาคผนวก ง.....	61

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อัตราเร็วของปฏิกิริยาและการเจริญของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในอาหารตามชนิดของน้ำหรือค่า $A_w$ ที่มีอยู่ในอาหาร	9
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยในการเสื่อมเสียคุณภาพของแคบหมูในสภาวะเร่ง	30
4.2	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่อุณหภูมิปกติ(35°C)และที่สภาวะเร่ง 45°C,55°C	32
4.3	อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่อุณหภูมิปกติ (35°C) และที่สภาวะเร่ง 45°C,55°C	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	3
2.2	8
2.3	8
4.1	24
4.2	25
4.3	26
4.4	27
4.5	29
4.6	30
4.7	31
4.8	31
4.9	32

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แคบหมู หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำหนังหมูที่อาจมีชั้นไขมันแข็งอยู่ด้วยก็ได้มาล้างให้สะอาดนำไปต้ม ขูดขน ตัดเป็นชิ้นให้ได้ขนาดตามต้องการอาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เช่น เกลือ ซีอิ๊วขาว ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่นแล้วนำไปทอด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน,2553) แคบหมูเป็นอาหารพื้นเมืองล้านนาของประเทศไทยแต่ในปัจจุบันแคบหมูเป็นอาหารที่นิยมรับประทานกันทั่วประเทศซึ่งนำมารับประทานเป็นเครื่องเคียงกับน้ำพริกและก๋วยเตี๋ยว แคบหมูมีการผลิตทั่วประเทศไม่ว่าจะเป็นตามชุมชนหรือโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งแคบหมูจะผ่านกระบวนการทอดในน้ำมันโดยใช้ความร้อนสูงเมื่อแคบหมูที่ผ่านการทอดแล้วมักจะมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานเนื่องจากมีกลิ่นหืน รสชาติเปลี่ยนแปลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แคบหมูไม่สามารถส่งออกสู่ตลาดที่ห่างไกลจากแหล่งผลิตได้มากนักทำให้ขาดโอกาสในการกระจายสินค้าออกสู่ท้องตลาด ซึ่งกระบวนการการผลิตแคบหมูในแต่ละพื้นที่ผลิตมักจะมีกระบวนการที่อาจแตกต่างกัน ส่งผลต่อการกำหนดและการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการผลิตและการจำหน่าย เนื่องจากองค์ประกอบภายในของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนั้น ผู้ประกอบการจึงมีความจำเป็นในการศึกษาและเข้าใจถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ตลอดการเก็บรักษาเพื่อกำหนดจุดสิ้นสุดอายุของการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้ยังคงมีลักษณะที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหรือได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค (ราณี หวังถวัลย์,2557)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่มีภาชนะบรรจุในแบบที่มีการจำหน่ายตามท้องตลาด รวมทั้งขั้นตอนในการประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง สามารถเป็นแนวทางที่นำไปใช้ในการอ้างอิงสำหรับการตรวจประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมูและผลิตภัณฑ์อื่นที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของแคบหมูโดยใช้วิธีเร่ง(Accelerated shelf life testing : ASLT)

1.2.2 เพื่อศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมู

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้ทราบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมู
- 1.3.2 ได้ทราบชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อการบรรจุแคบหมู
- 1.3.3 ได้ทราบวิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีเร่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แคบหมู (pork rind, pork scratching, pork snack หรือ pork crackling)

แคบหมู เป็นอาหารพื้นบ้าน ของชาวล้านนาไทย การทำแคบหมู เป็นวิธีการแปรรูป และถนอมอาหาร ที่เกิดจาก ภูมิปัญญาชาวบ้าน สืบทอดกันมาเป็นเวลาช้านาน แคบหมูนิยมใช้เป็นของฝากเมืองเหนือที่มีคุณค่า ทั้งผู้ให้ และผู้รับ และเป็นผลผลิตจากการนำหนังหมูมาผ่านกรรมวิธีการทอดจนได้ลักษณะกรอบ พอง ดังภาพที่ 2.1 และมีกลิ่นหอม รสกลมกล่อม ใช้รับประทานเป็นอาหารประเภทเครื่องเคียงกับน้ำพริกเมืองเหนือและแกง คั่วต่างๆ [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/occupation/45303/45303.html>.

ภาพที่ 2.1 แคบหมู

ที่มา: [http://perdsorbtoday.com/education\\_detail.php?topic=5631](http://perdsorbtoday.com/education_detail.php?topic=5631)

#### 2.2 การผลิตแคบหมู

อาคนย์ (2556) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการผลิตแคบหมูไว้ดังนี้

2.2.1 นำหนังหมูที่เลือกอย่างดีแล้วมาทำความสะอาดโดยใช้ใบมีดโกนชนิดมีด้ามขูดสิ่งสกปรก ที่ติดมากับหนังหมูออกพร้อมขูดขนหมูหรือถอนขนหมูออกให้หมดแล้วจึงล้างน้ำสะอาดเทใส่ตะกร้าพักไว้ให้สะเด็ดน้ำ

2.2.2 นำหนังหมูมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆและนำมาต้มในน้ำเดือดประมาณ 15 นาที การที่นำหนังหมูมาต้มในน้ำเดื่อนั้นจะเป็นการทำให้คอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนส่วนใหญ่ในหนังหมูให้เป็นเจลาติน (gelatin) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สามารถกักเก็บความชื้นเอาไว้ภายใน

2.2.3 ทำการลดความชื้น หนังหมูที่ต้มแล้วนี้ที่บริเวณผิวหนังหนังหมูจะมีลักษณะเหนียว ในขั้นแรกนี้จะต้องทำให้ผิวหนังของหนังหมูแห้งพอสมควร ทั้งนี้เพื่อไม่ให้หนังหมูแต่ละชิ้นติดกันในระหว่างการผลิต นอกจากนี้ยังช่วยไม่ให้เกิดการกระเด็นของน้ำมันในระหว่างการทอดอีกด้วย การลดความชื้นกระทำได้นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 ตากแดด ในขั้นตอนนี้หากเป็นการผลิตแบบพื้นบ้านจะใช้เวลาในการผึ่งแดดนานประมาณ 1-3 แดด อย่างไรก็ตามการนำหนังหมูไปผึ่งแดดแบบพื้นบ้านอาจจะมีปัญหาในเรื่องของสุขลักษณะที่ไม่ถูกวิธี นอกจากนี้อาจจะกระทำไม่ได้ในช่วงที่มีฝนตกหรือท้องฟ้าไม่แจ่มใสซึ่งหากเก็บหนังหมูในสถานที่ที่มีความชื้นนี้ไว้นานเกินไปหนังหมูจะมีราเกิดขึ้น

2.2.4 หลังจากการลดความชื้นแล้วนำหนังหมูมาเคี่ยวในน้ำมันที่มีอุณหภูมิไม่สูงนักเพื่อทำให้ผิวนอกของหนังหมูมีความแข็งขึ้นเพราะเชื่อกันว่าทำให้แคบหมูมีคุณภาพดีขึ้นคือทำให้แคบหมูมีการพองตัวอย่างสม่ำเสมอ

2.2.5 เมื่อเคี่ยวจนผิวนอกของหนังหมูแข็งตัวแล้วให้นำหนังหมูไปทอดให้พองตัวในน้ำมันที่ร้อนจัดเพราะในขณะทอดจะทำให้ไอน้ำที่ถูกกักไว้ในเจลาตินเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วและเกิดแรงดันขึ้นภายในหนังหมู ทำให้หนังหมูพองตัวได้

## 2.3 องค์ประกอบของแคบหมู

แคบหมูเป็นอาหารสำเร็จรูปชนิดหนึ่งซึ่งต้องนำหนังหมูมาผ่านการทำให้พองตัว ซึ่งในแคบหมูประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรตต่ำ โปรตีนสูงและแคบหมูมีไขมัน, โซเดียมสูงซึ่งไขมันในแคบหมูนั้นทัดเทียมกับไขมันฝรั่งทอด ขณะที่โซเดียมในแคบหมูซึ่งบริโภคแต่ละครั้งนั้นมีปริมาณมากกว่าที่ได้จากการบริโภคมันฝรั่งทอดครั้งหนึ่งๆ ถึงราวห้าเท่า นิตยสาร เมนส์เฮลธ์ (Men's Health) ประเมินว่า การบริโภคแคบหมูครั้งละ 28 กรัม (หนึ่งออนซ์) จะได้โปรตีนมากกว่าการบริโภคมันฝรั่งทอดถุงหนึ่งราว 9 เท่าและแคบหมูยังมีปริมาณไขมันน้อยกว่ามันฝรั่งทอดกรอบด้วย ที่เยี่ยมไปกว่านั้น คือ 43% ของไขมันในแคบหมูนั้นเป็นไขมันไม่อิ่มตัว และยังเป็นกรดโอเลอิก (oleic acid) อันเป็นไขมันที่เป็นผลดีต่อสุขภาพซึ่งเป็นกรดชนิดเดียวกันกับที่พบในน้ำมันมะกอกและอีก 13% เป็นกรดสเตียริก (stearic acid) ซึ่งเป็นไขมันอิ่มตัวชนิดหนึ่งที่ปลอดภัย และไม่เพิ่มระดับคอเลสเตอรอล แต่ทั้งนี้เมื่อนับปริมาณไขมันอิ่มตัวในแคบหมู ก็มีถึง 53% ซึ่งยังนับว่าเป็นอาหารไขมันสูงอยู่ดี (นิตยสาร Men's Health, 2014) และเนื่องจากผลิตภัณฑ์แคบหมูมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของแคบหมูโดยการเกิดออกซิเดชันของไขมันในอาหารทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร คือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรสที่ผิดปกติเกิดขึ้นและยังมีปัจจัยอื่นๆที่ทำให้ผลิตภัณฑ์แคบหมูเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากองค์ประกอบของตัวผลิตภัณฑ์ของแคบหมูเอง (นิธิยา, 2548)

## 2.4 การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร

การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร หมายถึง การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพ ซึ่งรวมถึงสี กลิ่นรส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ ผลจากกลไกเหล่านี้คุณภาพของอาหารจะเปลี่ยนไปอยู่ในระดับที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรืออาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (รุ่งนภา, 2546)

## 2.4.1 การเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ

### 2.4.1.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นได้เองหรือที่เรียกว่าออกซิเดชัน (Autoxidation) เป็นปฏิกิริยาในโมเลกุลของไขมันและน้ำมันสามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอาหารได้อย่างช้าๆ ทำให้เกิดเป็น primary, secondary และ tertiary oxidation products ซึ่งสารเหล่านี้หากมีปริมาณมาก อาจทำให้สมบัติของไขมันและน้ำมันเปลี่ยนไปจนไม่สามารถนำไปบริโภคได้ กระบวนการออกซิเดชันจะทำให้เกิดความผิดปกติของกลิ่นและรสชาติของไขมัน น้ำมัน และอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนผสม เรียกว่า เกิดการหืน การหืนส่วนใหญ่จะหมายถึง oxidative deterioration แต่ในน้ำมันและผลิตภัณฑ์นมซึ่งไม่ค่อยมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหรือพันธะคู่ การหืนจะหมายถึง hydrolytic rancidity ซึ่งเป็นผลจากเอนไซม์ไลเปส ดังนั้นจึงสามารถจำแนกชนิดของการหืนออกเป็นหลายชนิด แต่ที่เกิดกับไขมัน น้ำมัน และผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันมากที่สุด คือ oxidative rancidity ตัวอย่างเช่น น้ำมันหมูเมื่อสัมผัสกับอากาศ ออกซิเจนในอากาศจะทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ ในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทำให้เกิด oxidative rancidity ส่งผลให้มีกลิ่นเหม็นและมีรสชาติผิดปกติ (นิธิยา,2548)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นได้เองหรือออกซิเดชัน (Autoxidation) โดยกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

#### 1.) ขั้นเริ่มต้น (Initiation)



เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์โดยคาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่ จะสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมไป ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ และออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical (นิธิยา,2548)

#### 2.) ขั้นการเพิ่มจำนวนแบบทวีคูณ (Propagation)



การเกิดสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จากปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระของกรดไขมันที่ได้จากขั้นเริ่มต้นกับออกซิเจน ซึ่งเป็นขั้นการเพิ่มจำนวนแบบทวีคูณ (Propagation) ทำให้ได้อนุมูลเปอร์ออกซี (ROO ●) (peroxy radical) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารเกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลอิสระของกรดไขมันที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่นๆเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป (ณัฐฉิน,2546 อ้างถึงHamilton,1994;Jadhav et al.,1996)

## 3.) ชั้นยุดิ (Termination)



เมื่อใดที่อนุมูลอิสระมีจำนวนมากและมาทำปฏิกิริยากันเองจะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระและมีความคงตัวซึ่งจะส่งผลให้ปฏิกิริยาต่อเนื่องยุติลงได้ซึ่งขั้นนี้เรียกว่าชั้นยุดิ (Termination) สารใหม่ที่เกิดขึ้น เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ แอลเคน และกรดอินทรีย์ เป็นต้นซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่นและรส ที่ผิดปกติของน้ำมันและไขมัน

## 2.4.1.1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ได้แก่

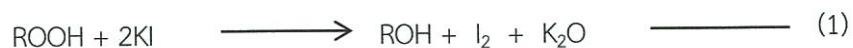
- 1.) อุณหภูมิ อุณหภูมิสูงจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำการเก็บรักษาอาหารแช่เย็น แช่เยือกแข็ง (freezing) จะลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้
- 2.) ออกซิเจน เมื่อมีออกซิเจนอยู่ใกล้อาหารทำให้อัตราการออกซิเดชันเพิ่มขึ้น
- 3.) น้ำ มีบทบาทสำคัญเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิดด้วยอัตราสูงที่วอเตอร์แอคทีวิตีต่ำมาก (รุ่งนภา, 2546)

## 2.4.1.1.3 การตรวจสอบปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

นิธิยา (2545) ได้อธิบายไว้ว่า การเกิดลิพิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อนและมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมีของลิพิดการตรวจสอบเพื่อวัดการเกิดออกซิเดชันของลิพิดทำได้หลายวิธี ตัวอย่างได้แก่

## 1.) การหาค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

เปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์แรกของการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งวัดปริมาณที่เกิดขึ้นได้โดยใช้ความสามารถของเปอร์ออกไซด์ ที่จะทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไอโอไดด์ได้เป็นไอโอดีนแล้วหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นโดยการไตเตรชันหรือไอโอดิเมตรี (Iodimetry) หรือออกซิโดสเฟอรัสไอออนให้เป็นเฟอร์ริกไอออน โดยวิธีไทโอไซยานัส



ค่าเปอร์ออกไซด์ หมายถึง มิลลิกรัมสมมูลของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัมของไขมันหรือน้ำมัน ระหว่างการเกิดออกซิเดชันค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและลดต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.) การทดสอบกรดโทโอบาพิทริก

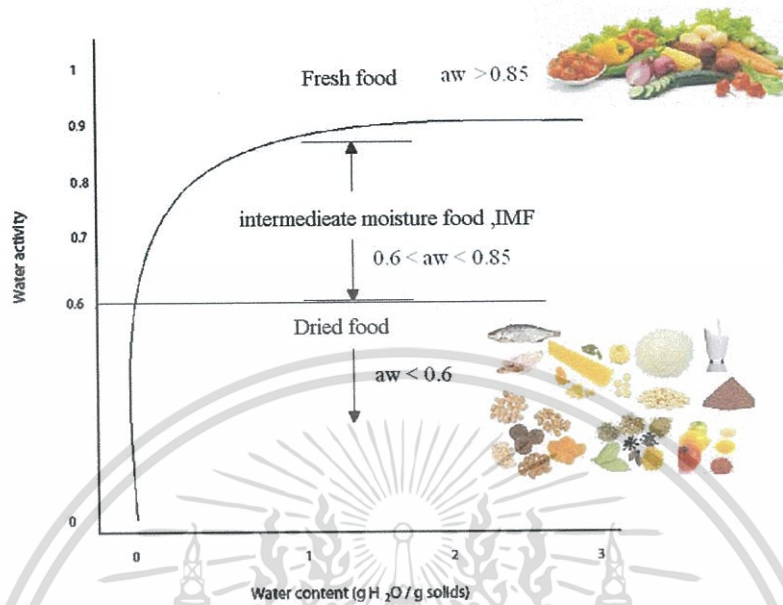
ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะทำปฏิกิริยากับกรดโทโอบาพิทริกทำให้เกิดสี ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากปฏิกิริยา condensation ของมาโลนาดีไฮด์ (malonaldehyde) กับกรดโทโอบาพิทริก 2 โมเลกุล อย่างไรก็ตามการเกิดออกซิเดชันอาจไม่จำเป็นต้องเกิดมาโลนาดีไฮด์เสมอไปเพราะสารประกอบพวก แอลคานาล (alkanals) แอลคีนาล (alkenals) และ 2,4 - ไดอีนาล (dienals) กับกรดโทโอบาพิทริก จะให้สี เหลืองและดุดกสีนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร มีเพียงไดอีนาลเท่านั้นที่ให้สีแดง และดุดกสีนแสงที่ ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร (นิธิยา,2545)

2.4.1.2 ความชื้น อาหารขบเคี้ยวหรือแคบหมูมีค่าความชื้นและ  $A_w$  ต่ำ จึงดูดซับความชื้นในอากาศได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างเป็นโพรงอากาศจึงทำให้ดูดซับความชื้นได้เร็วยิ่งขึ้น ความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ อาหารเสื่อมเสียคุณภาพได้หลายแบบ เช่น การสูญเสียความกรอบจึงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

2.4.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $A_w$  กับอัตราการเน่าเสียของอาหาร  $A_w$  มีผลกระทบต่ออัตราเร็วของ ปฏิกิริยาทางเคมีหลายชนิดที่เกิดขึ้นในอาหารและอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งจะสัมพันธ์กับชนิดของ น้ำในอาหารดังภาพที่ 2.3 และตารางที่ 2.1 ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในอาหารซึ่งเป็นเนื้อเยื่อพืชและสัตว์จะเป็นปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์จะไม่เกิดขึ้นในอาหารที่มีน้ำ ชนิด monolayer water ซึ่งมีค่า  $A_w$  ระหว่าง 0-0.2 รวมทั้งจุลินทรีย์ต่างๆก็ไม่สามารถเจริญได้จึงทำให้อาหาร มีความคงตัวสูงและเก็บรักษาได้นาน (นิธิยา,2549)

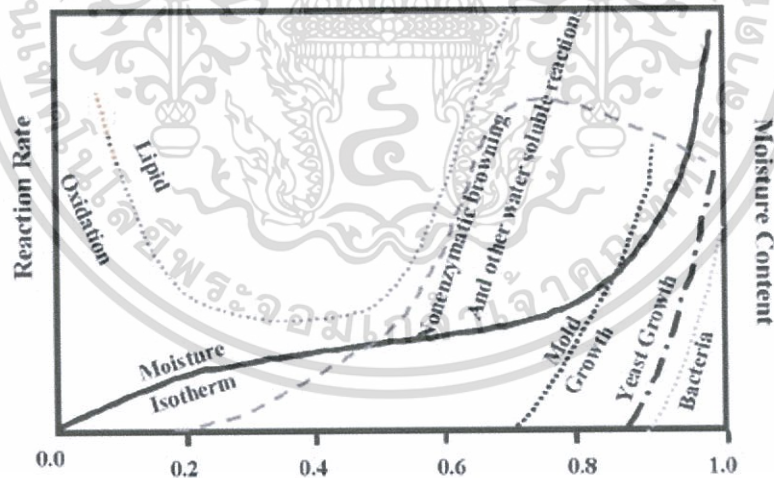
การจำแนกตามค่าแอกติวิตีของน้ำ (water activity) แสดงไว้ดังภาพที่ 2.3 ซึ่งสามารถแบ่งอาหารตาม ค่า water activity ออกเป็น3ประเภทได้ดังนี้

- 1.) อาหารสด (fresh food) เป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (perishable food) ที่มีค่า water activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล
- 2.) อาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) หมายถึง อาหารที่มีค่า water activity ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส
- 3.) อาหารแห้ง (dried food) หมายถึงอาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผัก ผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก๊กฮวยผงขงต้ม กระชายผงขงต้ม หมูหยอง



ภาพที่ 2.2 การจำแนกอาหารตามค่า water activity

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity-แอคตคิตวีตีของน้ำ>



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของ water activity กับคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity-แอคตคิตวีตีของน้ำ>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 อัตราเร็วของปฏิกิริยาและการเจริญของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในอาหารตามชนิดของน้ำหรือค่า  $A_w$  ที่มีอยู่ในอาหาร

ปฏิกิริยาและการเจริญของจุลินทรีย์	Monolayer water $A_w$ 0-0.3	Capillary water $A_w$ 0.3-0.8	Loosely bound water $A_w$ 0.8-1.0
Enzymatic activity	0	ต่ำ	สูง
Nonenzymatic browning	0	เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว	สูง
การไฮโดรไลซิส	0	เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว	สูง
ลิพิดออกซิเดชัน	สูง	เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว	สูง
การเจริญของรา	0	ต่ำ*	สูง
การเจริญของยีสต์	0	ต่ำ*	สูง
การเจริญของแบคทีเรีย	0	0	สูง

\*การเจริญของราและยีสต์จะเริ่มเมื่อมีค่า  $A_w$  ประมาณ 0.7

ที่มา: DeMan, J.M. (1990). *Principle of Food Chemistry*. 2<sup>nd</sup> ed., Van Nostrand Reinhold, New York, pp.1-35.

ดังนั้น การลดปริมาณน้ำในอาหารให้เหลือน้อยที่สุดหรือลดค่า  $A_w$  ให้ต่ำที่สุดจึงเป็นวิธีการถนอมอาหารให้แก่รักษาได้นาน

กระบวนการที่ใช้ลดปริมาณน้ำและ  $A_w$  ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ (Non-enzymatic browning หรือ Maillard reaction) จะไม่เกิดขึ้นเมื่อ  $A_w$  มีค่าต่ำกว่า 0.25 ซึ่งตรงกันข้ามกับอัตราเร็วของปฏิกิริยาลิพิดออกซิเดชันจะเริ่มสูงขึ้นเมื่อ  $A_w$  มีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.4 และจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและจะถึงจุดสูงสุดเมื่อ  $A_w$  เป็น 0.8 เพราะความชื้นหรือปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นจะช่วยทำให้เอนไซม์และสับสเตรตเคลื่อนย้ายได้ง่าย ดังนั้น  $A_w$  จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอายุการเก็บรักษาและลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

อาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำน้อยเป็น monolayer water เมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนเป็น multilayer adsorption และถูกดูดซับเข้าไปในรูเล็กๆและช่องว่าง capillary ทำให้เกิดการละลายของตัวถูกละลายได้ น้ำจะถูกจับอยู่ในอาหารโดยทางกลทำให้อาหารมีค่า  $A_w$  เพิ่มขึ้น

อาหารประเภทที่มีความชื้นปานกลาง (intermediate -moisture food, IMF) จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากในอาหารมีปริมาณความชื้นมากพอทำให้สับสเตรตของปฏิกิริยาละลายได้ทั้งหมด แต่ถ้าความชื้นเพิ่มมากขึ้นหรือค่า  $A_w$  เพิ่มสูงขึ้นอัตราเร็วของปฏิกิริยาอาจจะลดลงได้ เนื่องจากปริมาณน้ำที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สับสเตรตเจือจางลง

ผลของ  $A_w$  ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันค่อนข้างซับซ้อน อย่างไรก็ตามการออกซิเดชันของลิพิดจะลดลงเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นเพราะลิพิดไม่ละลายในน้ำ ความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้ง เมื่อมีค่า  $A_w$  ต่ำกว่า 0.85 เช่น เอนไซม์อะไมเลส ฟีนอลออกซิเดสและเพอรอกซิเดสแต่เอนไซม์

ไลเพสสามารถทำงานเร่งปฏิกิริยาได้ถึงแม้  $A_w$  จะลดต่ำลงเป็น 0.3 ก็ตาม น้ำมันสามารถถูกไฮโดรไลซ์ได้ที่  $A_w$  ต่ำประมาณ 0.15 ขณะที่ไขมันถูกไฮโดรไลซ์ได้เพียงเล็กน้อย (นิธิยา, 2549)

2.4.1.4 การเสีรूपทรง อาหารขบเคี้ยวที่มีเนื้อสัมผัสกรอบเปราะจะแตกหักง่ายทำให้ลักษณะปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับนอกจากนี้การแตกเป็นชิ้นเล็กกลจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาต่างๆและการดูดซับความชื้นเกิดได้เร็วยิ่งขึ้นจึงทำให้อาหารมีอายุการเก็บลดลง (งามทิพย์, 2550)

## 2.5 วิธีการบรรจุและวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์แคบหมู

2.5.1 การบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ การบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติจะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสั้นและมีความเสีรूपค่อนข้างสูง วัสดุที่ใช้จึงไม่ต้องมีสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำสูง ภาชนะบรรจุที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นถุง เช่น OPP / PE , OPP / CPP และ OPP / Met.CPP ตัวอย่างเช่น ผักแห้ง ขนมะขบเคี้ยว ปลาเค็มแห้ง

2.5.2 การบรรจุภายใต้สุญญากาศ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศ โดยดึงเอาอากาศภายในภาชนะบรรจุออกไปและไม่มีการเติมก๊าซใด ๆ เข้าไปแทนที่ ซึ่งเหมาะสำหรับอาหารที่คงรูป วัสดุที่ใช้จึงเป็นวัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี เช่น K-OPP / LLDPE และ K-ON / CPP แต่ถ้าใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บสูงควรใช้วัสดุที่ทึบแสง เช่น Met.OPET / Surlyn , PET / PE / AL / PE และ PE / Paper / PE / AL / PE เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ข้าวสาร ไส้กรอก หมูยอ ถั่ว อาหารแช่แข็ง

2.5.3 การบรรจุภายใต้อากาศของก๊าซ ทำโดยการอัดก๊าซจำพวกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซไนโตรเจนเข้าไปแทนที่อากาศภายในภาชนะบรรจุ เพราะก๊าซไนโตรเจนจะเข้าไปห่อหุ้มโมเลกุลของน้ำมันทำให้สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การเหม็นหืนและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ข้าวเกรียบทอด ผลไม้ทอดกรอบ อาหารแห้ง ถั่ว หมูหยองและผลิตภัณฑ์อื่นๆ (ธวัช และ พิริยะ, 2557)

## 2.6 อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร

อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ ( shell - life of product ) หมายถึง ระยะเวลาที่เก็บผลิตภัณฑ์ไว้เพื่อรอการจำหน่าย หรือวางบนชั้นในร้านค้า จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ศจี, 2551 อ้างถึง Graf and Saguy, 1991 ) หรือระยะเวลาที่เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ภายใต้สภาวะที่กำหนดแล้ว ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความปลอดภัยต่อการบริโภค และมีลักษณะเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ทางเคมี ภายนอก และทางจุลชีววิทยา (ศจี, 2551 อ้างถึง Kilcast and Subramaniam, 2000 ) การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญและจะเป็นข้อมูลที่กำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคทราบ และเป็น การประกันว่าในช่วงเวลาที่ระบุไว้นั้น ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพต่าง ๆ คงเดิม หรือแม้มีการเปลี่ยนแปลงแต่อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย สี กลิ่น รสชาติ เป็นต้น

## 2.7 ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

การประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ นิยมใช้ลักษณะทางกายภาพเป็นดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำหรือน้ำมันที่เกิดการแยกชั้น เป็นต้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จำแนกออกได้เป็นปัจจัยภายใน (intrinsic factors) และปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) ดังนี้

2.7.1. ปัจจัยภายใน เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบ สูตรส่วนผสมและโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

2.7.1.1 ค่า water activity ( $A_w$ )

2.7.1.2 ค่าความเป็นกรด - ด่าง

2.7.1.3 ปริมาณและชนิดของกรดในผลิตภัณฑ์

2.7.1.4 ปริมาณออกซิเจนในผลิตภัณฑ์

2.7.1.5 สารอาหารในผลิตภัณฑ์

2.7.1.6 วัตถุดิบเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์

2.7.1.7 ลักษณะของอาหารที่บรรจุ

1). การเสื่อมคุณภาพ (Perishability) การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการเก็บอาหารสามารถแบ่งตามลักษณะการเสื่อมคุณภาพได้ 3 แบบคือ

1.1) อาหารที่เส่ง่าย (Perishability) ได้แก่ อาหารแช่เย็น (ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $0-7^{\circ}\text{C}$ ) อาหารแช่แข็ง (ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $-12$  ถึง  $-18^{\circ}\text{C}$ ) ถ้าไม่เก็บไว้ในอุณหภูมิที่กำหนดอาหารจะเสียอาหารประเภทนี้ เช่น นม เนื้อ เนื้อไก่ เนื้อปลา ผลไม้และผักต่าง ๆ

1.2) อาหารที่ไม่ค่อยมีการเสีย (Semi perishable) ได้แก่ อาหารที่มีสารยับยั้งหรือป้องกันการเสียของอาหาร เช่น ซีส ผัก ไข่ หรืออาหารที่ได้ผ่านกระบวนการต่างๆมาแล้ว เช่น นมพาสเจอร์ไรซ์ แฮมรมควัน (Smoking Ham) ผักที่มีการคั่วมาแล้ว

1.3) อาหารที่ไม่มีการเสื่อมเสีย (Non perishability) เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ อาหารที่จุลินทรีย์ไม่มีผลต่อการเสียของอาหารเพราะอาหารไม่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ เช่น ถั่วและธัญพืชต่างๆ เมล็ดข้าว เค้ก หรืออาหารที่ผ่านกระบวนการสเตอริไรซีให้ความร้อน เช่น อาหารกระป๋อง อาหารที่มีการลดปริมาณน้ำในองค์ประกอบ เช่น ลูกเกด ขนมงปรอบ อย่างไรก็ตามอายุการเก็บก็ขึ้นอยู่กับบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

2.) ความหนาแน่นของอาหารที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ (Bulk Density) ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาตรของบรรจุภัณฑ์ ปริมาตรของอาหาร และน้ำหนักของอาหาร บรรจุภัณฑ์ที่มีรูปร่างเหมือนกัน แต่มีน้ำหนักของอาหารต่างกัน จะทำให้ความหนาแน่น พื้นที่ของบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกขนาดของบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสม โดยเฉพาะเมื่อมี Free Space มากจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหาร เพราะถ้ามี Free Space มากปริมาณออกซิเจนก็จะมากตามไปด้วย

3.) ผลของความเข้มข้น (Concentration Effect) สิ่งสำคัญในการหาอัตราการเสื่อมสภาพของอาหาร คือ ความเข้มข้น ซึ่งจะมีการเสื่อมเสียของอาหารเกิดขึ้นได้หลายขั้นตอน แต่แต่ละขั้นตอนจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและอุณหภูมิซึ่งอยู่ในรูปของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (Kinetic)

## 2.7.2. ปัจจัยภายนอก ได้แก่

### 2.7.2.1 ความชื้นสัมพัทธ์

### 2.7.2.2 ระยะเวลาและอุณหภูมิ

### 2.7.2.3 แสงและความร้อน

### 2.7.2.4 จำนวนจุลินทรีย์

### 2.7.2.5 ส่วนประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์

### 2.7.2.6 การดูแลผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคก่อนให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์ก่อนบริโภค

### 2.7.2.7 คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์

1.) ปริมาณความชื้นที่ผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ (Water Vapor Transfer)

2.) แก๊สและกลิ่นที่ผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ (Gas and Odor Transfer) แก๊สเหล่านี้ได้แก่ แก๊สออกซิเจน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บของอาหาร

2.7.2.8. สิ่งแวดล้อม หรือ ลักษณะภูมิอากาศ (Climatic) การติดตามการเสื่อมสภาพของอาหารในบรรจุภัณฑ์เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของสารและความร้อนเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ โดยเมื่อมีลักษณะภูมิอากาศในการเก็บต่างกันจะทำให้อุณหภูมิและความชื้นที่ผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ดังนี้

1.) การเคลื่อนที่ของสาร (Mass Reaction) เป็นการแลกเปลี่ยนความชื้นและแก๊สที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ บรรจุภัณฑ์ โดยเฉพาะไอน้ำและปริมาณออกซิเจน

2.) การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร คือ อุณหภูมิ (อัมพวา, 2550)

จะเห็นได้ว่าปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกอาจมีอิทธิพลร่วมกัน ดังนั้นการเข้าใจธรรมชาติของปัจจัยต่าง ๆ จะช่วยให้สามารถประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นซึ่งอาจควบคุมได้ และสามารถกำจัดออกไปก่อนการผลิตและวางจำหน่ายจริง กรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ผู้จำหน่ายต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บที่เหลืออยู่เพียงพอสำหรับการจำหน่าย และเพียงพอสำหรับผู้บริโภคซึ่งอาจมีการเก็บผลิตภัณฑ์ในระยะเวลาหนึ่งก่อนบริโภค ดังนั้น ถ้าผู้ผลิตกำหนดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคก่อนกำหนดเวลาหมดอายุการเก็บรักษาและอาจทำให้เกิดการร้องเรียนจากผู้ค้าปลีกหรือผู้บริโภคเนื่องจากข้อมูลไม่น่าเชื่อถือ (ศจี, 2551 อ้างถึง Graf and Saguy, 1991 )

## 2.8 การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร

หลักการการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องมีข้อมูลที่สำคัญต่างๆของผลิตภัณฑ์อาหารให้มากที่สุดยิ่งจะดีเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ เช่น ข้อมูลองค์ประกอบของอาหาร ข้อมูลโอกาสการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารชนิดนั้นๆรวมถึงกลไกการเปลี่ยนแปลงของอาหาร เมื่อได้ข้อมูลต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ครบถ้วนแล้ว จะต้องมีการทดลองผลิตภัณฑ์ต้นแบบขึ้นมาก่อนเพื่อทดลองการเก็บอายุจริงและทดลองเก็บในสภาวะเร่ง เพื่อใช้ในการคาดการณ์อายุของผลิตภัณฑ์ต่อไป ไม่ว่าจะเป็นการประเมินอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่หรือผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายแล้ว มีขั้นตอนดำเนินงานดังนี้

### 2.8.1 รวบรวมรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้น ๆ ก่อนในเบื้องต้น ได้แก่

2.8.1.1 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับอายุกันภายหลังการแกะออกจากภาชนะบรรจุ

2.8.1.2 มีกระบวนการแปรรูปอย่างไร เนื่องจากการบวนการแปรรูปอาหารแต่ละวิธีมีผลต่ออายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

2.8.1.3 บรรจุภัณฑ์เป็นแบบใด เนื่องจากบรรจุภัณฑ์อาหารแต่ละประเภทมีผลต่ออายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

2.8.1.4 มีสภาวะการเก็บรักษาเป็นอย่างไร เช่น เก็บในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำหรือสูง

ในการประเมินผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารในปัจจุบันจะใช้วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงในบางด้านหรือบางคุณลักษณะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงเท่านั้นจะไปมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์อาหารเองและยังมีการทดสอบผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารบางอย่างที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสารประกอบของสารเริ่มต้นหลาย ๆ อย่างรวมกันจนได้สารประกอบใหม่ ตัวอย่างเช่น การวัดความหืนของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทไขมันด้วยเทคนิคเคมีต่าง ๆ ซึ่งขึ้นกับชนิดอาหารแต่ละประเภท อาทิ การใช้เทคนิค TBA ( Thiobarbituric acid ) กับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบไขมันสูงและมีลักษณะที่เป็นขึ้น หรือการทดสอบค่าความเป็นกรด AV ( Acid Value ) และค่าเปอร์ออกไซด์ PV ( Peroxide Value ) ของผลิตภัณฑ์ประเภทที่เป็นของเหลว เป็นต้น

ซึ่งค่าทางเคมีเหล่านี้สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปมากน้อย ในระหว่างอายุการเก็บ หรือการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหาร ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถบ่งบอกว่าองค์ประกอบใดของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงไป บางอย่างชัดเจน แต่ก็สามารถบอกได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ เกิดการเสื่อมเสียและไม่เหมาะสมที่จะทำการบริโภคต่อไป หรือแม้กระทั่งการวัดการเปลี่ยนแปลงของอาหารโดยใช้วิธีทดสอบด้วยการชิมก็เป็นที่ยอมรับไม่แพ้กับวิธีอื่น ๆ ถึงแม้ว่าวิธีนี้ไม่ใช่การทดสอบทางวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่ก็สามารถบ่งชี้ได้ว่าเมื่อมี กลิ่น รส สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเกิดการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นและไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (ประมวล)

## 2.9 วิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร

การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารมีหลากหลายวิธีการทำได้ดังนี้

### 2.9.1 การประเมินและติดตามอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยตรง (ตามระยะเวลาจริง)

วิธีการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนั้นทำได้โดยการศึกษาข้อมูลในอดีตของผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันหรือมีลักษณะส่วนประกอบคล้ายคลึงกันจากสิ่งพิมพ์หรือข้อมูลเดิมภายในบริษัทหรืออาจติดตามสุ่มเก็บตัวอย่างในระหว่างขั้นตอนที่สำคัญของการพัฒนาหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์โดยตรงเพื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพและบันทึกข้อมูลตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ควบคุมจนกว่าคุณภาพดังกล่าวจะไม่เป็นที่ยอมรับ ดังนั้น อายุการเก็บสูงสุดของผลิตภัณฑ์ คือ ระยะเวลารวมทั้งสิ้นที่คุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับจนกระทั่งสิ้นสุดการยอมรับ

### 2.9.2 การประเมินอายุการเก็บรักษาโดยสภาวะเร่ง (Accelerated shelf life testing: ASLT)

การทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง (ASLT) ใช้หลักการพยากรณ์อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ควบคุมและเร่งปัจจัยภายนอกที่ทราบค่าและกำหนดให้อยู่ในระดับสูงกว่าปกติหนึ่งปัจจัย หรือมากกว่าหนึ่งปัจจัย (เช่น อุณหภูมิ ความชื้น) ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียในอัตราเร็วขึ้น (accelerated shelf life) ภายในระยะเวลาสั้น ๆ (ศจ., 2551 อ้างถึง Lubuza and Schmidl., 1985) วิธีการนี้มีประโยชน์ในการประเมินผลของสภาวะแวดล้อมต่ออายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือมีการเปลี่ยนแปลงบรรจุภัณฑ์ หรือเมื่อผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานเกินกว่า 1 ปี เป็นต้น การประเมินการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอายุการเก็บนานนั้น ถ้าต้องการข้อมูลที่แท้จริงอาจใช้เวลานานหลายปี ดังนั้นการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่งจะช่วยให้นำเสนอผลิตภัณฑ์สู่ตลาดได้ตามกำหนดเวลา แต่อย่างไรก็ตาม การยืนยันผลการพยากรณ์อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะเร่ง ต้องอาศัยข้อมูลเสริมจากการทดสอบอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะปกติด้วยเช่นกัน (ศจ., 2551) วิธีทดสอบที่สภาวะเร่งนี้จะใช้ระยะเวลาในการทดสอบที่สั้นกว่าวิธีการประเมินและติดตามอายุการเก็บผลิตภัณฑ์โดยตรง (ตามระยะเวลาจริง) ผู้ผลิตส่วนใหญ่จึงเลือกใช้วิธีการทดสอบแบบสภาวะเร่งเพื่อต้องการปล่อยสินค้าออกจำหน่ายให้เร็วที่สุดและหัวใจสำคัญของการเร่งอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ คือ เมื่อทำการเร่งอายุการเก็บแล้วและได้มีการติดตามดัชนีบางตัวที่สามารถบ่งบอกการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องจากนั้นจะนำค่าที่ได้นั้นมาเทียบกลับกับอายุการเก็บในชั้นวางของเพื่อรอการจำหน่ายได้ จึงทำให้ทราบได้ว่า สินค้าที่ผลิตในชุดนั้น ๆ ที่ส่งจำหน่ายไปแล้วนั้นมีความผิดปกติหรือไม่ จะมีอายุยาวนานถึงวันหมดอายุที่กำหนดบนบรรจุภัณฑ์หรือไม่ต้องเรียกคืนสินค้าก่อนหมดอายุนานเท่าไร (ประมวล)

## 2.10 หลักจลนพลศาสตร์กับการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร

การประเมินการเสื่อมเสียหรือการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้วิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ว่าจะเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารด้วยวิธีใด จำเป็นต้องแปลงค่าต่าง ๆ เหล่านั้นให้เป็นตัวเลขก่อน จะมีหน่วยหรือไม่ก็ได้และขอให้ค่าที่วัดได้เหล่านั้นสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพให้สอดคล้องกับการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ๆ ได้ ดังนั้นการประเมินการเสื่อมเสียหรือการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้วิธีการติดตามการเปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่งจะสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\pm d[A] / dt = k[A]^n$$

k เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ทำการศึกษา

A เป็นค่าของดัชนีบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่ประเมินแล้วว่าจะเป็นดัชนีที่ดีที่สุดในการประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหาร ซึ่งอาจจะเป็นค่าที่เพิ่มขึ้น (เป็นบวก) หรือลดลงก็ได้ (เป็นลบ) ขึ้นอยู่กับว่าสิ่งที่ติดตามนั้นเพิ่มขึ้นหรือลดลง

n เป็นอันดับปฏิกิริยา หมายถึง ตัวเลขยกกำลังที่แสดงรูปแบบสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารที่เปลี่ยนแปลงไป ที่มีต่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

อัตราและกลไกที่เกิดขึ้นของปฏิกิริยาที่ทำการศึกษาในทางจลนพลศาสตร์จะต้องถูกระบุออกมาในรูปอันดับของปฏิกิริยา (Reaction order) ซึ่งจะทำให้เราสามารถทราบถึงอันดับของปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารเพื่อดูว่าอันดับของปฏิกิริยาเป็นแบบใดจะได้สามารถคาดการณ์ระยะเวลาในการเก็บรักษาได้อย่างถูกต้อง สามารถแสดงเป็นสมการเป็นอันดับปฏิกิริยาต่างๆได้ดังต่อไปนี้

### 1.) ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ ( Zero order )

ถ้าสมมติว่า กำหนดให้ A เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่จะลดลงระหว่างการเก็บรักษาและอันดับของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับศูนย์ ( n = 0 ) จะสามารถแสดงได้ดังสมการดังนี้

$$\begin{aligned} -d[A]/dt &= k \\ A &= A_0 - kt \end{aligned}$$

$A_0$  หมายถึง ดัชนีบ่งชี้คุณภาพเริ่มต้น ( t = 0 )

A หมายถึง ดัชนีบ่งชี้คุณภาพที่เวลา t

t หมายถึง ระยะเวลาใด ๆ ในขณะที่ทำการเก็บอายุของผลิตภัณฑ์อาหาร

k หมายถึง อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.) ปฏิกริยาอันดับหนึ่ง ( First order )

ถ้าสมมุติว่า กำหนดให้ A เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่จะลดลงระหว่างการเก็บรักษา และอันดับของปฏิกริยามีค่าเท่ากับหนึ่ง ( n = 1 ) จะสามารถแสดงได้ดังสมการดังนี้

$$\begin{array}{l}
 \text{จะได้} \\
 \text{หรือ}
 \end{array}
 \begin{array}{rcl}
 -d[A]/dt & = & k[A] \\
 -d[A]/[A] & = & kdt \\
 \ln A/A_0 & = & -kt \\
 A & = & A_0 \exp(-kt)
 \end{array}$$

$A_0$  หมายถึง ดัชนีบ่งชี้คุณภาพเริ่มต้น ( t = 0 )

A หมายถึง ดัชนีบ่งชี้คุณภาพที่เวลา t

t หมายถึง ระยะเวลาใด ๆ ในขณะที่ทำการเก็บอายุของผลิตภัณฑ์อาหาร

ค่า  $R^2$  หรือ Coefficient of determination แสดงถึงความแม่นยำในการทำนายผล โดยกราฟเส้นตรงมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าจะมีความแม่นยำมากกว่า จึงเป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่ากราฟของอันดับปฏิกริยาใด มีความใกล้เคียงในการทำนายมากที่สุด

นอกจากนี้การเร่งการเก็บอายุผลิตภัณฑ์นิยมใช้ Temperature Quotient หรือ  $Q_{10}$  ซึ่งตัวแปรที่ใช้แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาของค่าดัชนีที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง สำหรับอาหารชนิดนั้น ๆ กรณีอุณหภูมิที่ใช้เร่งอายุการเก็บรักษาแตกต่างจากอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารประเภทนั้น ๆ ไม่เท่ากับ 10 องศาเซลเซียส จะหา  $Q_{10}$  ได้จาก

$$[Q_{10}]^{\Delta T / 10} = k_{T2} / k_{T1}$$

แต่เมื่ออุณหภูมิต่างกัน 10 องศาเซลเซียส จะหา  $Q_{10}$  ได้จาก

$$Q_{10} = (k_{T1+10}) / k_{T1}$$

$k_{T1}$  เป็นค่าความชันของกราฟ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา ณ ที่อุณหภูมิที่  $T_1$

$k_{T2}$  เป็นค่าความชันของกราฟ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา ณ ที่อุณหภูมิที่  $T_2$

$\Delta T$  เป็นผลต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา 2 ระดับอุณหภูมิ (  $T_2 - T_1$  )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตอาหารในระดับอุตสาหกรรม  $Q_{10} = 2$  และมาตรฐานค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตอาหารแบบทั่วไป  $Q_{10} = 1.8$

การคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แบบเร่ง ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

$$\text{ขั้นตอนที่ 1. AAR} = Q_{10}^{((\text{AAT} - \text{AT}) / 10)}$$

$$\text{ขั้นตอนที่ 2. AATD} = \text{DRTA} / \text{AAR}$$

คำจำกัดความของตัวแปรที่อยู่ในขั้นตอนสภาวะเร่ง

- AAR Accelerated Aging Rate ( อัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงของอาหาร )
- AATD Accelerated Aging Time Duration ( อายุการเก็บของอาหารเมื่อผ่านสภาวะเร่ง )
- DRTA Desired Real Time Aging ( อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ )
- AAT Accelerated Aging Temperature ( อุณหภูมิที่ใช้เร่งในการเก็บรักษา )
- AT Ambient Temperature ( อุณหภูมิในการเก็บรักษาโดยปกติของอาหารชนิดนั้นๆ )

148867

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กีดินาญ และคณะ (2551) ศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของสารป้องกันการเกาะติดโดยใช้วิธีสภาวะเร่ง ในการศึกษาพบว่าสารป้องกันการเกาะติดที่พัฒนาขึ้น 2 สูตร คือ สารป้องกันการเกาะติดที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มและไซคาร์บูนาและสารป้องกันการเกาะติดที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มและไซฟิ่ง โดยบรรจุตัวอย่างในขวดโพลีเอทิลีนขนาด 250 มล. เก็บที่สภาวะเร่งในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 35 45 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าปริมาณกรดไขมันและค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกอุณหภูมิการ เก็บตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจากนั้นเมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารที่เกิดขึ้นกับเวลา พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์เป็นปฏิกิริยาอันดับ 1 ในขณะที่ค่าปริมาณกรดไขมัน ไม่ได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังนั้นจึงใช้ค่าเปอร์ออกไซด์ในการทำนายอายุการเก็บรักษา จากกราฟอาร์รี่เนียสของอายุการเก็บรักษา พบว่าอายุการเก็บรักษาแปรผกผันกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บ โดยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้นอายุการเก็บจะลดต่ำลง เมื่อทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส พบว่า สารป้องกันการเกาะติดจากน้ำมันปาล์มและไซฟิ่งและจากน้ำมันปาล์มและไซคาร์บูนามีอายุการเก็บรักษา 82 และ 83 วันตามลำดับ

คงวุฒิ (2549) ศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสุญญากาศโดยการทดสอบที่สภาวะเร่ง (Accelerated shelf life testing : ASLT) ในการศึกษาพบว่าอายุของน้ำมันทอดที่แตกต่างกัน (83และ166ชั่วโมง) ไม่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของคุณภาพโดยรวมทั้งทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์และเมื่อนำมาวิเคราะห์หาดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมต่อการติดตามการเปลี่ยนแปลงพบว่าค่า TBA และ p-AV เป็นดัชนีที่ดีในการติดตามปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันเนื่องจากมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาเป็นเส้นตรง( $r=0.95$ และ $0.95$ ตามลำดับ) สำหรับการพยากรณ์ด้วยหลักจลนศาสตร์พบว่าค่า TOTOX เป็นดัชนีที่เหมาะสมต่อการนำมาพยากรณ์อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสุญญากาศ ซึ่งมีอันดับของปฏิกิริยาการเกิดอันดับหนึ่ง โดยพบว่าค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 30 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 0.056 0.076และ0.127 เดือน<sup>-1</sup> ตามลำดับ

ราณี และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแต่น้ำสมุนไพรอบเนยโดยมีจุดประสงค์ในการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น้ำสมุนไพรอบเนย โดยใช้วิธีเร่ง จากนั้นทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิธี  $Q_{10}$  โดยการเร่งอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ 35, 45 และ 55 องศา เซลเซียส และวัดดัชนีการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและเคมี พบว่าผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น้ำสมุนไพรอบเนยมีค่าความ สว่าง ( $L^*$ )  $47.38 \pm 0.70$  ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ )  $8.62 \pm 0.54$  ค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ )  $14.26 \pm 0.63$  ค่าฮิวหรือเอนดี ( $h^\circ$ )  $58.86 \pm 1.60$  ปริมาณน้ำอิสระ( $A_w$ )  $0.26 \pm 0.00$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)  $5.03 \pm 0.03$  ปริมาณค่าเพอร์ออกไซด์ (PV)  $2.65 \pm 0.05$  meq/kg ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 2200 CFU/g หลังการบ่มลักษณะของผลิตภัณฑ์ข้าวแตนนํ้าสมุนไพรอบเนยมีการเปลี่ยนแปลง โดยเกิดกลิ่นหืนมีดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคือค่าเพอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น  $19.87 \pm 0.28$  meq/kg ผลิตภัณฑ์ข้าวแตนนํ้าสมุนไพรอบเนยมีอายุการเก็บรักษาโดยวิธีการทำนายแบบ  $Q_{10}$  คือ 290 วัน หรือ 10เดือน

(R.AGNARSSON and LABUZA, 1976) ได้อธิบายเกี่ยวกับการทดสอบอายุการเก็บรักษาสภาวะเร่ง สำหรับการเกิดกลิ่นหืนในอาหารว่า การทดสอบที่สภาวะเร่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมากสำหรับอาหารแปรรูป ในบทความนี้ปัจจุบันวิธีการทดสอบที่สภาวะเร่งสำหรับอาหารที่มีไขมันจะถูกตรวจสอบโดยเน้นเฉพาะในการทดสอบประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระในวิธีการทดสอบที่สภาวะเร่ง (ASLT) พื้นฐาน จะใช้อุณหภูมิเป็นตัวหลักเป็นปัจจัยในการเร่งและ (Labuza, 1972) พบว่าในช่วง  $37-52^{\circ}\text{C}$  เป็นช่วงการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อไก่ / เซลลูโลส / กลีเซอรอลในระบบอาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัสดุดิบ

แคบหมูจากร้านแม่ปราณี งานเกษตรแฟร์ประจำปี 2559 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

##### 3.1.2 สารเคมี

Antifoaming agent

Hydrochloric acid, Merck, Germany

Petroleum ether 60%

Thiobarbituric acid reagent, Sigma-Ald

น้ำกลั่น

#### 3.2 อุปกรณ์

3.2.1 Beaker 400 ml

3.2.2 Beaker 150 ml

3.2.3 Beaker 50 ml

3.2.4 Beaker Gerhard

3.2.5 Desiccator

3.2.6 Glass bead

3.2.7 Hot air oven : BINDER ED/FD , Germny

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 Moisture Can

3.2.9 Pipette

3.2.10 Spectrophotometer : Shimadzu UV – 1700, Japan

3.2.11 Texture analyzer : Stable Micro System TA-XT2i, UK

3.2.12 Tong

3.2.13 Water activity meter, Aqualab 3TE , USA

3.2.14 Waterbath : Memmert WB 29 , Germany

3.2.15 เครื่องปั่นแห้ง

3.2.16 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง : Sartorius TE214S , Germany

3.2.17 เครื่องซีลปากถุง

3.2.18 ตลับวัด  $A_w$

3.2.19 ชุดทำความสะอาดเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ

3.2.20 ชุดกลิ่น TBA

3.2.21 หลอดทดลองพร้อมฝาปิด

### 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 นำตัวอย่างแคะหมูสำเร็จรูปจากร้านแม่ปราณีมาบรรจุลงในถุงบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน 2 แบบ คือ ถุงแก้ว และ ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ภายใต้บรรยากาศปกติ โดยบรรจุถุงละ 60 กรัม

3.3.2 นำไปปิดผนึกด้วยเครื่องซีลและนำตัวอย่างแคะหมูไปเก็บที่สภาวะปกติและสภาวะเร่งที่กำหนด คือ ที่อุณหภูมิ 45 °C และ 55 °C

3.3.3 ตรวจสอบคุณภาพของแคะหมูทุกๆ 5 วัน เป็นเวลา 35 วัน

3.3.3.1 วิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid number (TBA) ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3.3.2 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.3 วัดปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

3.3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3.3.5 ตรวจสอบทางด้านกายภาพโดยการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

1. วัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyser) (อาจารย์กิติชัย)

3.3.3.6 ใช้แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อทดสอบคุณภาพในด้านความกรอบ การยอมรับ และกลิ่นเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ผู้ชิมจำนวน 5 คน

3.3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ค่า TBA ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณไขมัน และ ค่าความกรอบของ แคนหมู วางแผนการทดลองทางสถิติด้วยวิธี Factorial in CRD (Completely Randomized Design) ปัจจัย ที่ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของถุง ระยะเวลาในการเก็บรักษา และอุณหภูมิ ทำการทดลองทั้งหมด 7 ครั้ง ครั้ง ละ 2 ซ้ำ แต่ปริมาณไขมันทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง วิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 วิเคราะห์ความแตกต่างแบบ Duncan's multiple range test โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ ผลทางสถิติ

3.3.5 ทำการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ในสภาวะเร่ง

3.3.5.1 เลือกดัชนีที่บ่งชี้การเสื่อมเสียคุณภาพของแคนหมูจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

3.3.5.2 หาอันดับของปฏิกิริยาโดย

1. สร้างกราฟระหว่างค่าดัชนีที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง กับ ระยะเวลาในการ เก็บรักษาเพื่อหาค่า  $R^2$  ของปฏิกิริยาอันดับศูนย์
2. สร้างกราฟระหว่างค่า  $\ln$  ของดัชนีที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง กับ ระยะเวลา ในการเก็บรักษาเพื่อหาค่า  $R^2$  ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง

3.3.5.3 หาค่า k (อัตราการเกิดปฏิกิริยา) จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปฏิกิริยาลำดับศูนย์ (Zero order)} \quad A \quad = \quad A_0 - kt$$

$$\text{ปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง (First order)} \quad \ln A/A_0 \quad = \quad -kt$$

3.3.5.4 คำนวณหาค่า  $Q_{10}$  จากสูตร

$$[Q_{10}]^{\Delta T / 10} = k_{T2} / k_{T1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.5.5 ทำการประเมินอายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูจากสูตร

$$\text{AAR} = Q_{10}^{((\text{AAT} - \text{AT}) / 10)}$$

$$\text{AATD} = \text{DRTA} / \text{AAR}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

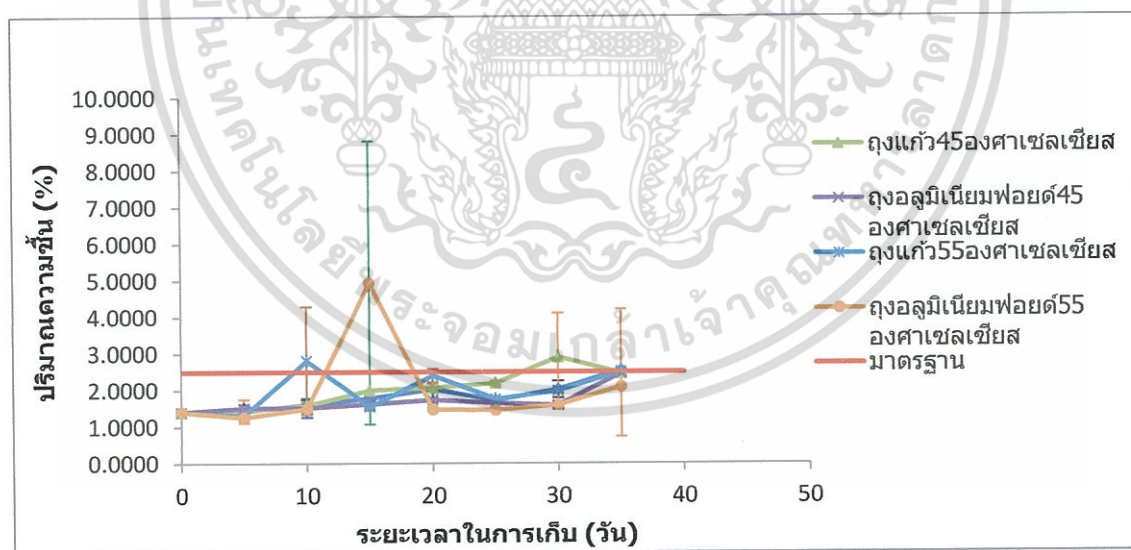
## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ผลการศึกษาปัจจัยในการเสื่อมเสียคุณภาพของแคบหมูในสภาวะเร่ง

##### 4.1.1 ค่าแสดงการขึ้นของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 35 วัน

จากการวัดค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์แคบหมู ดังภาพที่ 4.1 พบว่า มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 1.4089% ซึ่งในการทดลองวันที่ 35 พบว่ามีความชื้น 2.4632%, 2.5090% ตามลำดับ ในขณะที่แคบหมูที่ถูกบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิเร่ง 45°C และ 55°C มีปริมาณความชื้นเริ่มต้น 1.4089% และในการทดลองวันที่ 35 พบว่ามีความชื้น 2.4607%, 2.0936% ตามลำดับ ซึ่งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิเร่ง 55°C ของวันที่ 15 มีค่าความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นต่างจากสภาวะอื่นๆ เนื่องจากอลูมิเนียมแคนที่ใช้มีน้ำหนักที่น้อยกว่าอลูมิเนียมแคนใบอื่นเมื่อทำการเฉลี่ยค่าความชื้นที่ได้จึงมีค่าที่คลาดเคลื่อนสูงมากกว่าสภาวะอื่นๆ โดยสรุปแล้วเมื่อทำการเก็บผลิตภัณฑ์แคบหมูเป็นเวลา 35 วันพบว่าความชื้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เก็บรักษาแต่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานชุมชนที่กำหนดไว้ คือ 2.5%

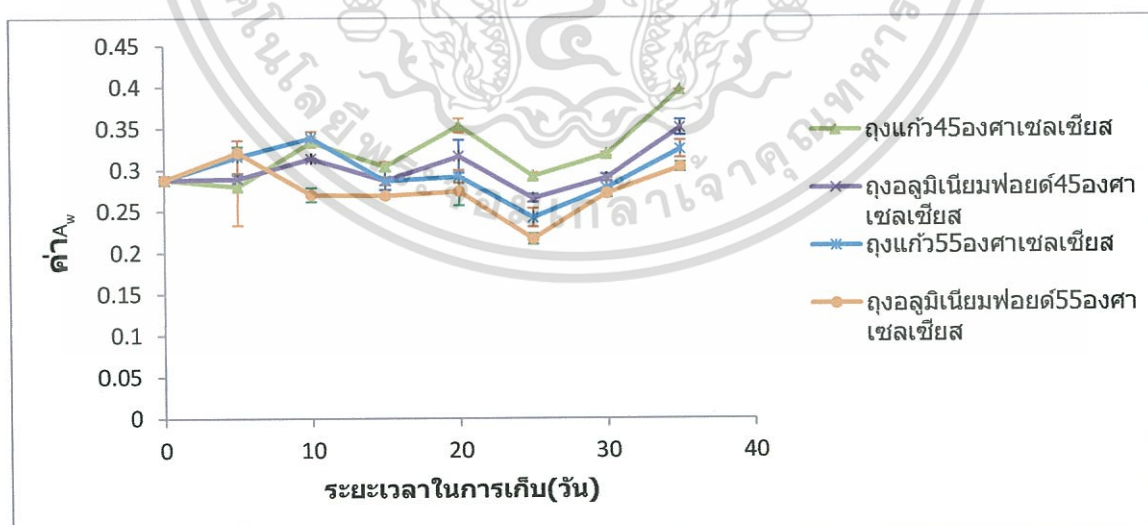


ภาพที่ 4.1 แสดงผลของการวัดปริมาณความชื้น (%) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในสภาวะปกติด้วยถุง 2 ชนิด คือ ถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่ง และระยะเวลาที่เก็บรักษา ที่มีผลต่อค่าความชื้น (แสดงในภาคผนวก ง) ของแคบหมูพบว่า ปัจจัยร่วมของชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่ง และระยะเวลาที่เก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าความชื้นของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่เก็บรักษาของแคบหมูพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าความชื้นของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเก็บแคบหมูไว้ในสภาวะเร่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติทำให้ความชื้นในบรรยากาศมีปริมาณน้อย จึงเกิดการถ่ายเทเข้าสู่ภายในถุงในปริมาณที่น้อย

4.1.2 ค่าแสดงปริมาณน้ำอิสระ (water activity:  $A_w$ ) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 35 วัน

จากการวัดปริมาณน้ำอิสระ ( $A_w$ ) ดังภาพที่ 4.2 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า water activity ( $A_w$ ) โดยมีค่า  $A_w$  เริ่มต้น เท่ากับ 0.288 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า  $A_w$  ของแคบหมูที่ถูกบรรจุในถุงแก้วที่สภาวะเร่ง  $45^\circ\text{C}$  มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่สภาวะเร่ง  $45^\circ\text{C}$  ถุงแก้วที่สภาวะเร่ง  $55^\circ\text{C}$  และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่สภาวะเร่ง  $55^\circ\text{C}$  เท่ากับ 0.396 0.3505 0.3245 และ 0.303 ตามลำดับ จากการศึกษพบว่าค่า  $A_w$  ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.2-0.4 ซึ่งจัดเป็นอาหารแห้ง (dried food) เพราะมีค่า  $A_w$  น้อยกว่า 0.6 และอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้จึงเป็นผลให้อาหารไม่เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์แต่เป็นช่วงที่มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงและถ้าทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลานานเพิ่มขึ้นค่าปริมาณน้ำอิสระจะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

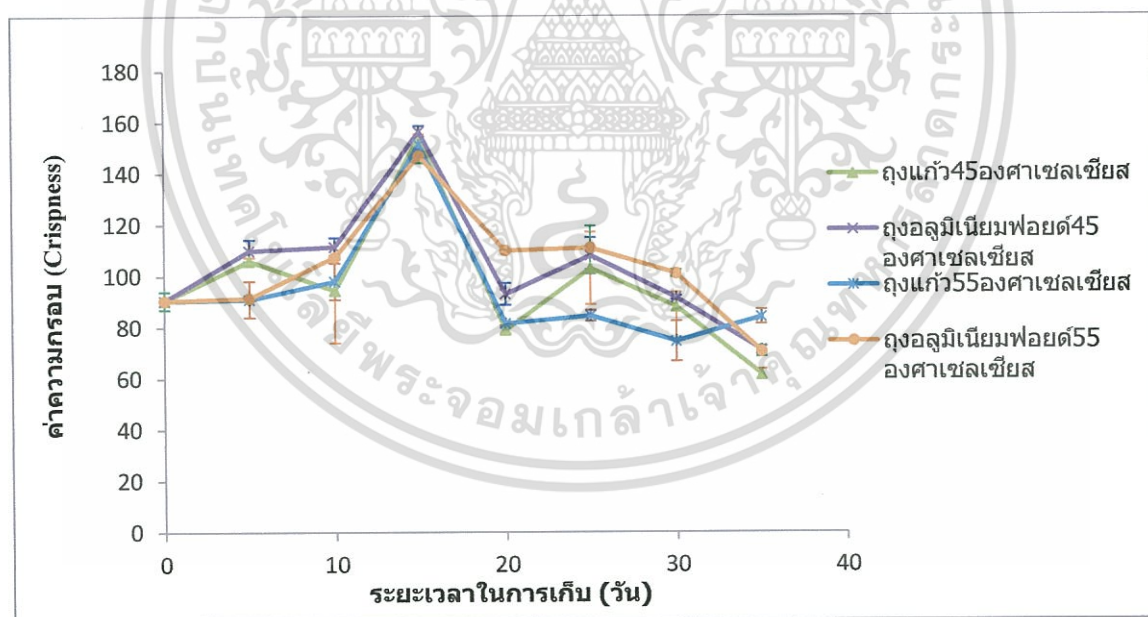


ภาพที่ 4.2 แสดงผลของการวัดค่า  $A_w$  ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในสภาวะปกติด้วยถุง 2 ชนิด คือ ถุงแก้ว และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่ง และระยะเวลาที่เก็บรักษาที่มีผลต่อค่าบอกรปริมาณน้ำอิสระ ( $A_w$ ) (แสดงในภาคผนวก ง) ของแคบหมูพบว่าปัจจัยร่วมของชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่งและระยะเวลาที่เก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยร่วมระหว่าง ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่เก็บรักษาของแคบหมู พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าปริมาณน้ำอิสระแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

#### 4.1.3 ค่าแสดงความกรอบ (Crispness) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 35 วัน

จากการวัดค่าความกรอบของแคบหมู ดังภาพที่ 4.3 พบว่าค่าความกรอบเริ่มต้น (วันที่ 0) เท่ากับ 90.5 และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาแคบหมูที่สภาวะเร่งผ่านไป 35 วัน พบว่า ค่าความกรอบ ของแคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่สภาวะเร่ง  $55^{\circ}\text{C}$  มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ชนิดที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่สภาวะเร่ง  $55^{\circ}\text{C}$  ชนิดที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่สภาวะเร่ง  $45^{\circ}\text{C}$  และชนิดที่บรรจุในถุงแก้วที่สภาวะเร่ง  $45^{\circ}\text{C}$  เท่ากับ 84 71 70.5 และ 61.1 ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าความกรอบมีค่าลดลงแต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อเทียบจากแบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์แคบหมูเมื่อถูกเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน 35 วัน



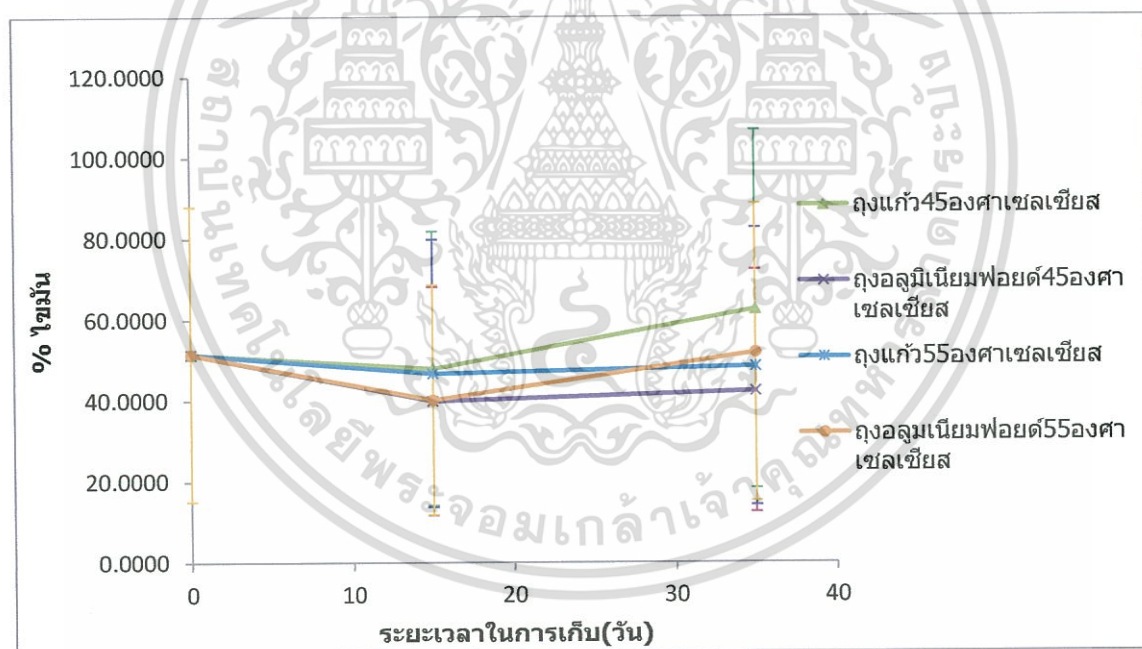
ภาพที่ 4.3 แสดงผลของการวัดค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในสภาวะปกติด้วยถุง 2 ชนิด คือ ถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่งและระยะเวลาที่เก็บรักษา ที่มีผลต่อความกรอบ (แสดงในภาคผนวก ง) ของแคบหมูพบว่า ปัจจัยร่วมของชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่ง และระยะเวลาที่เก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์ต่อความกรอบของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) อาจเนื่องจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่เก็บรักษาของแคบหมูพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ต่อความกรอบของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

#### 4.1.4 ค่าแสดงปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 35 วัน

จากการวัดปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์แคบหมู ดังภาพที่ 4.4 พบว่าผลิตภัณฑ์แคบหมูเริ่มต้นมีปริมาณไขมัน 51.5140% เมื่อทำการเก็บผลิตภัณฑ์แคบหมูไว้นาน 15 วัน ที่อุณหภูมิ 45°C และ 55°C พบว่าแคบหมูมีปริมาณไขมันลดน้อยลงและเพิ่มสูงขึ้นเมื่อทำการเก็บไว้นาน 35 วัน เนื่องจากปริมาณไขมันมีความสัมพันธ์กับอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงมีความสัมพันธ์เหมือนกับค่า TBA ที่มีค่าเพิ่มขึ้นแล้วลดลงอันเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำปฏิกิริยากันเป็นลูกโซ่

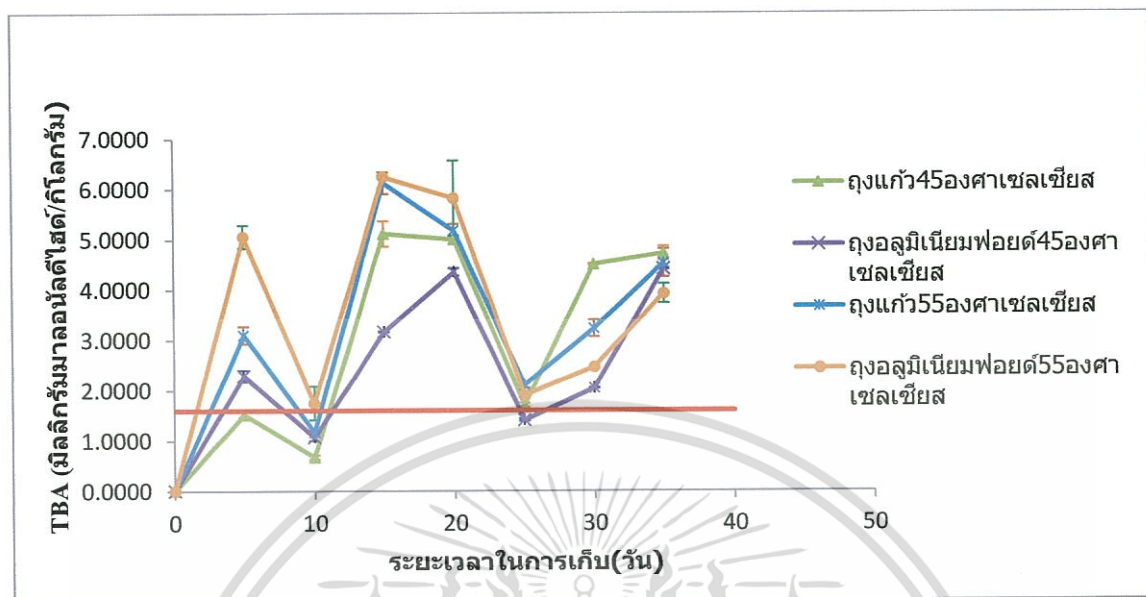


ภาพที่ 4.4 แสดงผลของการวัดปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในสภาวะปกติด้วยถุง 2 ชนิด คือ ถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่ง และระยะเวลาที่เก็บรักษา ที่มีผลต่อค่าไขมัน (แสดงในภาคผนวก ง.) ของแคบหมูพบว่าปัจจัยร่วมของชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิเร่งและระยะเวลาที่เก็บรักษาไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าไขมันของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยร่วมระหว่างชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่เก็บรักษาของแคบหมูพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าไขมันของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

#### 4.1.5 ค่าแสดงการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน 35 วัน

จากการทดลอง ค่าที่บ่งบอกการเกิดกลิ่นหืน คือ Thiobarbituric acid หรือ TBA จากภาพที่ 4.5 พบว่าค่า TBA เริ่มต้นของแคบหมูมีค่า  $0.0094 \pm 0.0011$  มิลลิกรัมมาลอนีไฮด์/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าปริมาณ TBA ในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ถูกบรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  มีปริมาณ TBA สูงกว่าถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิเดียวกันและผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ถูกบรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$  มีปริมาณ TBA ต่ำกว่าแคบหมูที่ถูกบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิเดียวกัน ในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์แคบหมูเป็นระยะเวลา 35 วัน ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 และ 15 ของการเก็บแต่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ  $45^{\circ}\text{C}$  มีค่า TBA เพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 5 และ 20 แล้วลดลงตามลำดับจนถึงวันที่ 25 และ TBA มีค่าเพิ่มขึ้นอีกจนสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บ จากกราฟจะเห็นได้ว่าค่า TBA นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงแล้วเพิ่มขึ้นอีกซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสารมาลอนีไฮด์ที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันซึ่งตรงกับรายงานของ (วราทิพย์ และคณะ, 2549 อ้างถึง Reddy and Setty, 1996) ว่า ค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นแล้วลดลงและเพิ่มขึ้นอีกจนสิ้นสุดการเก็บรักษาเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA เกิดจากกลุ่มคาร์บอนิล ได้แก่ มาลอนีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมันสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีน ทำให้ไม่มีอิสระพอที่จะเข้าทำปฏิกิริยากับ TBA จึงเป็นเหตุให้ค่า TBA ในระหว่างเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นแล้วลดลงและประสาทสัมผัสจะเริ่มรู้สึกถึงกลิ่นแปลกปลอมในอาหารได้เมื่อค่า TBA มากกว่า 3.0 มก.มาลอนีไฮด์/กก.ไขมัน (วราทิพย์และคณะ, 2549 อ้างถึง Tanikawa, 1985) ซึ่งสอดคล้องกับแบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเนื่องจากพบว่าผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$  ของวันที่ 5 มีค่า TBA มากกว่า 3.0 มก.มาลอนีไฮด์/กก.ทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้ถึงกลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหารได้จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์แคบหมูในด้านกลิ่นเพราะแคบหมุมักกลิ่นรสที่ผิดปกติเกิดขึ้น



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลของการวัดค่าการเหม็นหืน (TBA) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในสภาวะปกติด้วยถุง 2 ชนิด คือ ถุงแก้วและถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิแรงและระยะเวลาที่เก็บรักษา ที่มีผลต่อค่าบ่งบอกการเหม็นหืน (TBA) (แสดงในภาคผนวก ง) ของแคบหมูพบว่า ปัจจัยร่วมของชนิดของบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิแรง และระยะเวลาที่เก็บรักษามีปฏิสัมพันธ์ต่อค่าบ่งบอกการเหม็นหืนของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยร่วมระหว่าง ชนิดของบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาที่เก็บรักษาของแคบหมูพบว่าปฏิสัมพันธ์ต่อค่าบ่งบอกการเหม็นหืนของแคบหมูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ )

#### 4.2 การวิเคราะห์หาดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมเพื่อใช้ทำนายอายุการเก็บรักษา

จากการทำการศึกษาวิเคราะห์หาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ดัชนีชี้วัดคุณภาพที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกการหมดอายุของผลิตภัณฑ์แคบหมูเพื่อนำมาใช้ทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์คือ ค่า Thiobarbituric Acid (TBA) และ ความกรอบ

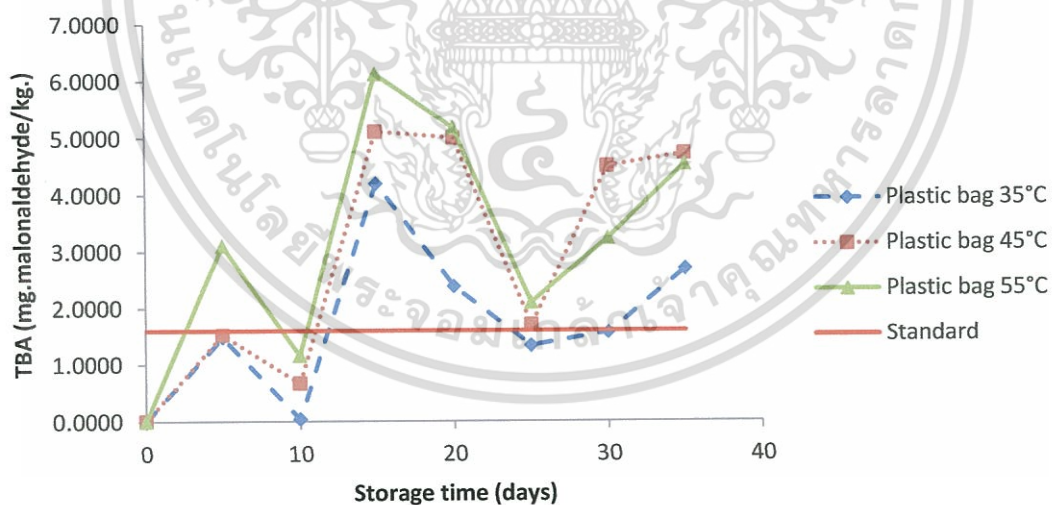
ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูเป็นระยะเวลา 35 วัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่า TBA เกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตลอดระยะเวลาในการศึกษา ส่วนการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเหล่านั้นยังอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ดังนั้น จึงใช้ค่า TBA มาทำการคำนวณค่า  $Q_{10}$  (Temperature Quotient) เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยในการเสื่อมเสียคุณภาพของแคบหมูในสภาวะเร่ง

Type of packaging	Temperature	Moisture content	water activity	Crispness	Fat content	Rancidity
Plastic bag	45°C	1.85±0.77 <sup>a</sup>	0.32±0.04 <sup>a</sup>	97.06±26.88 <sup>b</sup>	27.00±29.98 <sup>a</sup>	2.91±2.06 <sup>b</sup>
	55°C	1.96±0.66 <sup>a</sup>	0.29±0.03 <sup>a</sup>	94.44±23.56 <sup>b</sup>	24.45±26.83 <sup>a</sup>	3.18±1.99 <sup>a</sup>
Aluminium foil bag	45°C	1.69±0.33 <sup>a</sup>	0.30±0.03 <sup>a</sup>	104.00±24.42 <sup>a</sup>	22.30±24.74 <sup>a</sup>	2.35±1.51 <sup>c</sup>
	55°C	1.97±1.55 <sup>a</sup>	0.28±0.03 <sup>a</sup>	103.63±21.49 <sup>a</sup>	23.94±26.56 <sup>a</sup>	3.46±2.18 <sup>a</sup>

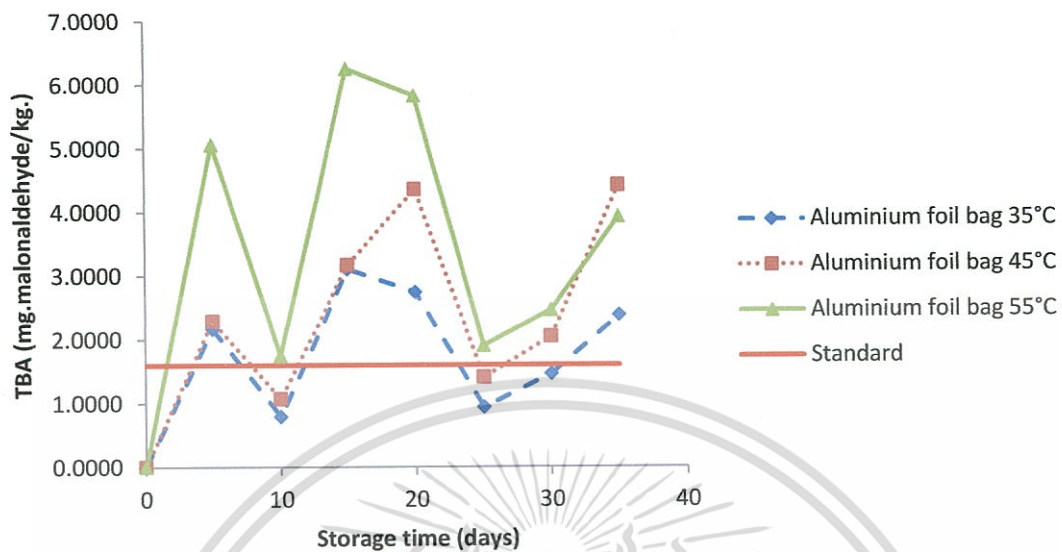
### 4.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของแคบหมูในสภาวะเร่ง

4.3.1 นำผลการทดลองของค่า TBA มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TBA กับระยะเวลาการเก็บ (วัน) ของถุง 2 ชนิด เพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา แสดงดังภาพต่อไปนี้

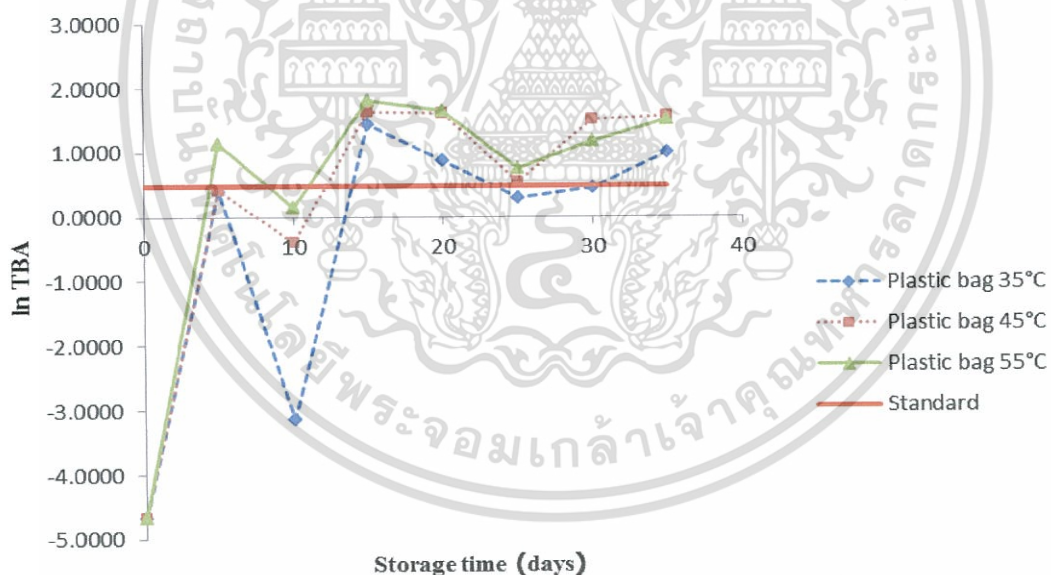


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงปฏิกิริยาลำดับศูนย์ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

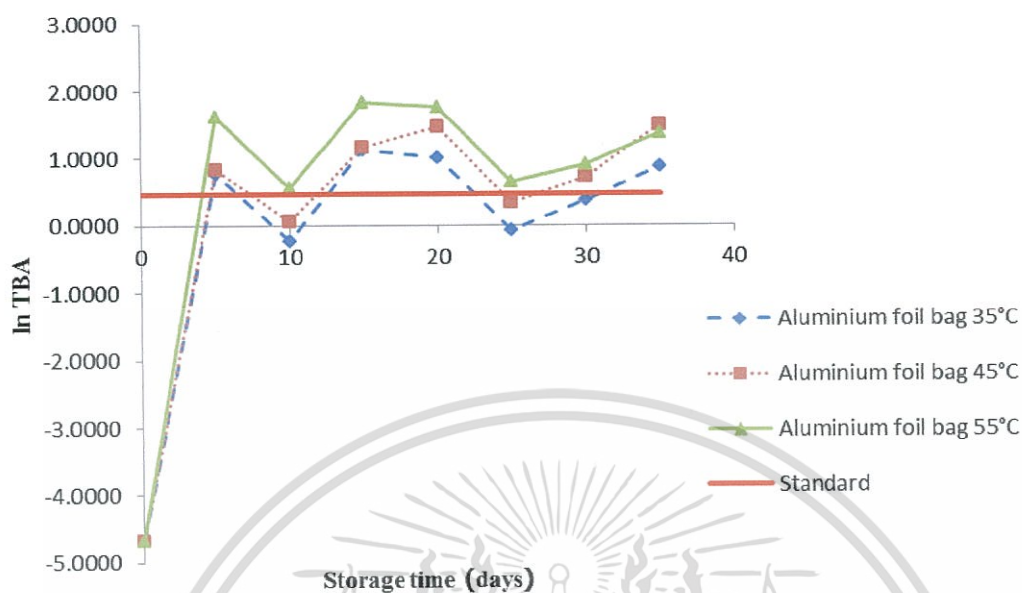


ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงปฏิกิริยาลำดับศูนย์ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงปฏิกิริยาลำดับหนึ่งของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงปฏิกิริยาลำดับหนึ่งของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิต่างๆ

4.3.2 เลือกลำดับปฏิกิริยาจากค่า  $R^2$  (ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ) ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดซึ่งกราฟที่มีค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 มากกว่าจะมีความแม่นยำกว่า ผลที่ได้จึงเลือกปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเพราะมีค่า  $R^2$  มากที่สุดซึ่งค่า  $R^2$  ที่ได้จากกราฟแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่อุณหภูมิปกติ(35°C)และที่สภาวะเร่ง 45°C,55°C

Packaging	Coefficient of determination ( $R^2$ )					
	zero order			first order		
	35	45	55	35	45	55
Plastic bag	0.1991	0.484	0.2333	0.4252	0.5017	0.3804
Aluminium foil bag	0.1271	0.3533	0.0362	0.3213	0.3969	0.2781

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3.3 หาอัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง (First order)} \quad \ln A/A_0 = -kt$$

ตารางที่ 4.3 อัตราการเกิดปฏิกิริยา (k) ของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่อุณหภูมิปกติ (35°C) และที่สภาวะเร่ง 45°C, 55°C

Packaging	Rate constant (k)		
	35	45	55
Plastic bag	0.1181	0.1232	0.1073
Aluminium bag	0.0885	0.1040	0.0925

### 4.3.4 คำนวณหาค่า $Q_{10}$ จากสูตร

$$[Q_{10}]^{\Delta T / 10} = k_{T2} / k_{T1}$$

4.3.4.1 ค่า  $Q_{10}$  ของแคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 45 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$[Q_{10}]^{\Delta T / 10} = k_{T2} / k_{T1}$$

$$Q_{10} = \frac{0.1040}{0.0885}$$

$$Q_{10} = 1.18$$

$$Q_{10} = 1.18$$

$$Q_{10} = 1.18$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4.2 ค่า  $Q_{10}$  ของแคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงแก้วที่อุณหภูมิ 45 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$[Q_{10}]^{\Delta T/10} = k_{T2} / k_{T1}$$

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \frac{0.1232}{0.1181}$$

$$Q_{10}^{(45-35)/10} = 1.04$$

$$Q_{10}^1 = 1.04$$

$$Q_{10} = 1.04$$

4.3.4.3 ค่า  $Q_{10}$  ของแคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$[Q_{10}]^{\Delta T/10} = k_{T2} / k_{T1}$$

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \frac{0.0925}{0.0885}$$

$$Q_{10}^{(55-35)/10} = 1.05$$

$$Q_{10}^2 = 1.05$$

$$Q_{10} = 1.02$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4.4 ค่า  $Q_{10}$  ของแคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงแก้วที่อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$[Q_{10}]^{\Delta T/10} = k_{T2}/k_{T1}$$

$$Q_{10}^{\Delta T/10} = \frac{0.1073}{0.1181}$$

$$Q_{10}^{(55-35)/10} = 0.91$$

$$Q_{10}^2 = 0.91$$

$$Q_{10} = 0.95$$

#### 4.3.5 ทำการประเมินอายุการเก็บรักษาริงของผลิตภัณฑ์แคบหมู

4.3.5.1 อายุการเก็บรักษาริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 45 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{AAR} &= Q_{10}^{\frac{((\text{AAT} - \text{AT}) / 10)}{}} \\ &= 1.18^{\frac{((45 - 35) / 10)}{}} \\ &= 1.18 \end{aligned}$$

$$\text{AATD} = \frac{\text{DRTA}}{\text{AAR}}$$

$$15 = \frac{\text{DRTA}}{1.18}$$

$$\text{DRTA} = 17.7$$

เพราะฉะนั้น อายุการเก็บรักษาริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูตามคาดการณ์จะสามารถเก็บได้ประมาณ 18 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5.2 อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงแก้วที่อุณหภูมิ 45 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{AAR} &= \frac{Q_{10}^{((\text{AAT} - \text{AT}) / 10)}}{Q_{10}^{((45 - 35) / 10)}} \\ &= 1.04 \\ &= 1.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AATD} &= \frac{\text{DRTA}}{\text{AAR}} \\ 15 &= \frac{\text{DRTA}}{1.04} \\ \text{DRTA} &= 15.6 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูตามคาดการณ์จะสามารถเก็บได้ประมาณ 16 วัน

4.3.5.3 อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{AAR} &= \frac{Q_{10}^{((\text{AAT} - \text{AT}) / 10)}}{Q_{10}^{((55 - 35) / 10)}} \\ &= 1.02 \\ &= 1.04 \\ \text{AATD} &= \frac{\text{DRTA}}{\text{AAR}} \\ 5 &= \frac{\text{DRTA}}{1.04} \end{aligned}$$

$$\text{DRTA} = 5.20$$

เพราะฉะนั้น อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูตามคาดการณ์จะสามารถเก็บได้ประมาณ 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5.4 อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ 35 °C โดยเทียบกับถุงแก้วที่อุณหภูมิ 55 °C แสดงดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{AAR} &= Q_{10}^{((\text{AAT} - \text{AT}) / 10)} \\ &= 0.95^{((55 - 35) / 10)} \\ &= 0.90 \end{aligned}$$

$$\text{AATD} = \frac{\text{DRTA}}{\text{AAR}}$$

$$5 = \frac{\text{DRTA}}{0.90}$$

$$\text{DRTA} = 4.5$$

เพราะฉะนั้น อายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูตามคาดการณ์จะสามารถเก็บได้ประมาณ 4 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

5.1.1 จากการทดลองในการหาอายุการเก็บรักษาของแคบหมูที่สภาวะเร่ง(45°C,55°C)เมื่อทำการทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่อุณหภูมิ 35°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิโดยประมาณที่ใช้วางขายผลิตภัณฑ์แคบหมูตามท้องตลาด เมื่อทำการทำนายด้วยวิธี Temperature Quotient หรือ  $Q_{10}$  โดยการเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงแก้วที่อุณหภูมิ 35°C และ 45°C ผลที่ได้พบว่าอายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูตามคาดการณ์จะสามารถเก็บได้ประมาณ 16 วันและผลิตภัณฑ์แคบหมูที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ 35°C และ 45°C ผลที่ได้พบว่าอายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์แคบหมูตามคาดการณ์จะสามารถเก็บได้ประมาณ 18 วัน และการเลือกใช้สภาวะเร่งที่ 45°C ในการเปรียบเทียบเพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่อุณหภูมิ 35°C นั้นเนื่องจากการทดสอบในสภาวะเร่งจะใช้ค่าพารามิเตอร์  $Q_{10}$  เป็นตัวแปรที่ใช้แสดงผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาหรืออัตราการเสื่อมเสียของปัจจัยคุณภาพในอาหารในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน 10°C จึงเลือกเทียบกับอุณหภูมิ 45°C และเมื่อตรวจสอบกับระยะเวลาเก็บจริง พบว่าอายุการเก็บรักษามีค่าใกล้เคียงกัน

5.1.2 จากการทดลองการศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูที่สภาวะปกติ พบว่าชนิดของถุงมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยถุงอลูมิเนียมฟอยด์มีคุณสมบัติในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูได้นานกว่าถุงแก้วเนื่องจากถุงอลูมิเนียมฟอยด์ที่ใช้บรรจุแคบหมูด้านหน้าถุงจะเป็นพลาสติกชนิดOPP/CPPด้านหลังเป็นอลูมิเนียมฟอยด์ซึ่งอลูมิเนียมฟอยด์มีคุณสมบัติในการป้องกันแสงกลืนและความชื้นแต่เนื่องจากด้านหน้าเป็นพลาสติกใสชนิดOPP/CPPซึ่งมีคุณสมบัติรองรับการซีลด้วยความร้อนได้ดีแต่ไม่สามารถป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ไขมันและก๊าซ

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผู้ประกอบการสามารถเลือกชนิดของบรรจุภัณฑ์เพื่อเป็นทางเลือกที่จะรักษาของผลิตภัณฑ์แคบหมูให้มีอายุมากขึ้นกว่าเดิมควรจะใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นถุงชนิดอลูมิเนียมฟอยด์ห่อหุ้มรอบผลิตภัณฑ์

5.2.2 วิธีการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการหาแบบใช้  $Q_{10}$  จะต้องมีข้อมูลของอายุการเก็บรักษาจริงประกอบการคำนวณด้วย

5.2.3 หากในอนาคตผู้ที่สนใจศึกษาวิธีการหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สามารถเลือกใช้วิธีคำนวณในแบบอื่นได้ เช่น อาร์เรียส เป็นต้น เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่สนใจ

## บรรณานุกรม

- กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ. 2547. คู่มือการผลิตสินค้าชุมชนหมวดอาหารและเครื่องดื่มที่ได้มาตรฐาน. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กิตติชัย บรรจง. PHYSICAL PROPERTIES OF BIOLOGICAL MATERIALS. เอกสารประกอบการสอน.
- กิริตินาฏ พูลเกษตร,อนุวัตร แจ้จัต และกมลวรรณ แจ้จัต. 2551. การประเมินอายุการเก็บรักษาของสารป้องกันการเกาะติดโดยใช้วิธีสภาวะเร่ง. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คงวุฒิ นิรันตสุข. 2549. การศึกษาการประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะม่วงทอดสุญญากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาพืช เชียงใหม่. 2557. โครงการพัฒนาศักยภาพ สินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) สู่สากล (ชื่อผลิตภัณฑ์แคบหมูน้อยน้องเปียร์). หน้า 39-40.
- งามทิพย์ กุวัโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร (Food Packaging). กรุงเทพฯ ฯ โรงพิมพ์บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์จำกัด.
- ณัฐินี ใจสอาด. 2546. วัตถุดิบพื้นธรรมาชาติจากเปลือกมันฝรั่งการสกัดและการใช้ประโยชน์. ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์การอาหาร). สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธวัช นุสนธรา และ พิริยะ ศรีเจ้า. 2557. การยืดอายุการเก็บสินค้าอาหารประเภททอดหรืออบกรอบด้วยบรรจุภัณฑ์. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 62: 14-17.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ประมวล ศรีกาลหลง. อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. เอกสารประกอบการสอน.
- ราณี หวังถวัลย์, ชัชวาล วัชรารื่องวิทย์, วรพจน์ สุนทรสุข และ ประเวทย์ ดุ้ยเต็มวงศ์. 2557. การศึกษาดัชนีชี้วัดการเสื่อมเสียและการทำนายอายุการเก็บของข้าวแต่น้ำสมุนไพรอบเนย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาจุลชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2546. การเสื่อมเสียของอาหาร. หน้า 21-29. ในโครงการอบรมหลักสูตรการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วราทิพย์ สมบุญฤทธิ,สินีนามู อรรถโชติศักดิ์,จณิสตา ภัทรวิวัฒน์,พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และจิราภรณ์ รุ่งทอง. 2549. การวิจัยและพัฒนาเทคนิคการบรรจุผลิตภัณฑ์จากปลาตุก. หน้า 301-302. ในการประชุมทางวิชาการการประมง. กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง.
- ศจี สุวรรณศรี. 2551. หลักการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.101/2553 แคบหมู [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://law.resource.org/pub/th/ibr/th.ps.101.2553.pdf>. 21 พฤศจิกายน 2558.
- อัมพวา กันยารอง. 2550. การหาอายุการกักเก็บข้าวโพดหวานกระป๋องด้วยเทคนิคเคมีไฟฟ้าและเทคนิคทางเคมี. ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม. คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อาคเนย์ นวลมณี. 2556. การทำแคบหมู. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://cookingthai108.blogspot.com/2013/06/blog-post\\_1273.html](http://cookingthai108.blogspot.com/2013/06/blog-post_1273.html). 31 มีนาคม 2559.
- อำนาจ ผู้ตระกูล. การทำแคบหมู. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/occupation/45303/45303.html>. 31 มีนาคม 2559.
- AOAC. 2000. Official method of analysis. 17th ed. Washington, D.C.: The Association of Official Analytical Chemical Chemists.
- JEFF VOLEK, PH.D., R.D. Junk Food that's Good for You. [Online]. Available: <http://www.menshealth.com/nutrition/junk-food-thats-good-you/pork-rinds>
- Ragnarsson, J.O. and Labuza, T.P. 1976. Accelerated shelf-life testing for oxidative rancidity in food – a review. Food Chemistry. 2: 291-308.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมี

#### ก.1 การตรวจวัดค่าความชื้น (Moisture) วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

##### อุปกรณ์

1. ตู้อบปรับอุณหภูมิได้
2. ภาชนะหาความชื้น (ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

##### วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 100 °c เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบ ใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1. ซ้ำ จนได้ผลต่างกันของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 5 – 6 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 130 °c นาน 2 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

##### การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = (W_1 - W_2 / W_2) \times 100$$

$$M = \text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)}$$

$$W_1 = \text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g.)}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g.)}$$

## ก.2 การตรวจวัดค่าไขมัน วิเคราะห์ตาม AOAC (2000)

### อุปกรณ์

1. อุปกรณ์สกัดไขมัน
2. หลอดใส่ตัวอย่าง ( extraction thimble )
3. กระดาษกรองเบอร์ 4
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
6. โถดูดความชื้น

### สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ ( petroleum ether )

### วิธีการ

1. อบปีกเกอร์สำหรับหาไขมันในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 5 กรัม ท่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอกเล็ต (soxhlet)
4. เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในปีกเกอร์หาไขมันปริมาณ 140 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาความร้อน 5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 45 นาที โดยปรับความร้อนให้หยดของสารละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
6. ระเหยจนเหลือสารละลายในปีกเกอร์เพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย
7. นำปีกเกอร์ไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

### การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)} = (W_2/W_1) \times 100$$

$$W_1 = \text{น้ำหนักปีกเกอร์ตัวอย่างก่อนอบ}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักปีกเกอร์ตัวอย่างหลังอบ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก.3 การตรวจวัดค่า Thiobarbituric Acid Number (TBA) วิเคราะห์ตามตาม AOAC (2000)

#### อุปกรณ์

1. เตาหลุมให้ความร้อน
2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3. Water bath
4. เครื่อง vortex genie
5. เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

#### สารเคมี

1. TBA reagent
2. HCl acid 4 N
3. Antifoaming agent
1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดแล้ว จำนวน 10 กรัม ลงในขวดแก้วกันกลมขนาด 250 ml
2. เติมน้ำกลั่น 97.5 ml และ สารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl) 4 โมลาร์ จำนวน 2.5 ml ลงในขวดแก้วกันกลมขนาด 250 ml
3. ใส่ gas bead 3 เม็ด และหยด Antifoaming agent 0.5 ml (ประมาณ 3 -4 หยด) ลงในขวดแก้วกันกลมขนาด 250 ml
4. นำไปกลั่นโดยต่อเข้ากับชุดกลั่นแล้วให้ความร้อนจนได้ของเหลวปริมาตร 30 ml แล้วจึงหยุดการให้ความร้อน
5. นำของเหลวที่ได้จากการกลั่นมาเปิดสารละลายจำนวน 5 ml ใส่ลงในหลอดทดลอง
6. เติม TBA reagent จำนวน 5 ml ลงในหลอดทดลองพร้อมปิดฝาแล้วเขย่าให้สารละลายกับ TBA reagent เข้ากัน
7. นำหลอดทดลองไปจุ่มแช่ในอ่างน้ำเดือด (water bath) นานเป็นเวลา 35 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็น 10 นาที
8. เทของเหลวที่ได้ใส่ในคิวเวตแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank ( ใช้น้ำกลั่น 5 ml แทนตัวอย่าง )

#### การคำนวณ

$$\text{TBA} = 7.8 \times A_{532} \quad (\text{มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ก.4 การตรวจวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

##### อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่า water activity
2. ตลับ  $a_w$

##### วิธีการ

บรรจุตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้ว ลงในตลับ  $a_w$  แล้วนำเข้าเครื่องวัดค่า water activity อ่านค่าและจดบันทึก ทำซ้ำ 2 ครั้ง

#### ก.5 การตรวจวัดค่าทางลักษณะเนื้อสัมผัส

##### วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมตัวอย่างแบบหุ่ทอให้มีขนาดขึ้นประมาณ 2x2x2 cm.
2. Calibrate force ด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 5 กิโลกรัม Probe ไม้ที่ 15 มิลลิเมตร
3. ตั้งสภาวะการวัดดังนี้ ( TA – setting ) ดังนี้
 

Mode	: Measure Force in Compression
Option	: Return To Start
Pre – Test Speed	: 1.00 mm/sec
Test Speed	: 1.00 mm/sec
Post – Test Speed	: 10.00 mm/sec
Distance	: 10.00 mm/sec
Trigger Force	: Auto : 5 g
4. วางตัวอย่างในตำแหน่งที่กำหนด
5. ปลดอยหัวกดบนตัวอย่างและรอจนหัวกดกลับสู่ตำแหน่งเดิม (ใช้หัวกดรูปทรงกระบอก P/25)
6. วิเคราะห์ผลโดยใช้คำสั่ง  
GO TO : PEAK FORCE
7. อ่านค่ากราฟที่ได้

## ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

ตัวอย่าง แคมพู :

คำแนะนำ ให้ผู้ทดสอบประเมินตัวอย่างจำนวน :6 ตัวอย่างเรียงลำดับจากบนลงล่าง

กรุณาใส่เครื่องหมายที่ใช้อธิบายความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ให้ทดสอบในช่องว่างที่กำหนด

หมายถึง ยอมรับ (✓) เครื่องหมาย ถูกได้

หมายถึง ไม่ยอมรับ (X) เครื่องหมาย ผิด

รหัส	กลิ่น	ความกรอบ	การตัดสินใจ	
			✓	X
351				
862				
228				
746				
145				
984				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## ข้อมูลการทดลอง

## ค.1 ศึกษาค่าความชื้นของแคบหมูทอดในสภาวะเร่งที่บรรจุในถุง 2 ชนิด

ตารางผนวกที่ ค.1 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 0

อุณหภูมิ 45°C และ 55°C ที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิด				
	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
ซ้ำที่ 1	17.9737	6.1644	24.055	6.0813
ซ้ำที่ 2	18.0060	6.1095	24.0281	6.0221

ตารางผนวกที่ ค.2 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 5

	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	17.1836	6.1369	23.2472	6.0636
	17.8465	6.1189	23.8654	6.0189
ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	17.6828	6.0658	23.6540	5.9712
	15.3638	6.1936	21.4692	6.1054
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	19.1907	6.0578	25.1719	5.9812
	17.479	6.1259	23.5248	6.0458
ถุงอลูมิเนียมฟอยล์	18.2041	6.1653	24.2925	6.0884
	17.7842	6.0865	23.7947	6.0105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.3 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 10

	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	17.2366	6.1839	23.3278	6.0310
	18.0227	6.1408	24.0613	5.9964
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.7951	6.0271	23.7480	6.0685
	15.3981	6.0393	21.3612	5.9754
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	17.7655	6.0451	23.5864	5.8209
	17.8471	6.1683	23.9083	6.0612
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.6810	6.0621	23.6588	5.9778
	17.7861	6.1156	23.8062	6.0201
ตารางผนวกที่ ค.4 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 15				
	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	17.7378	6.0321	23.6521	5.9143
	17.2325	6.0192	23.1340	5.9015
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.4247	6.0155	23.3513	5.9266
	17.8251	6.1976	23.9168	6.0917
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	17.0593	6.2429	23.2073	6.1480
	17.6489	6.0800	23.6362	5.9873
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	19.2493	6.1537	24.9641	5.7148
	17.8661	6.0180	23.7546	5.8885

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.5 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 20

	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	19.2523	6.1517	25.2834	6.0311
	17.7284	6.1392	23.7389	6.0105
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.5948	6.0068	23.5018	5.9070
	17.8872	6.0526	23.8343	5.9471
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	18.0097	6.1173	23.9762	5.9665
	15.6688	6.0445	21.5790	5.9102
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	19.2475	6.1001	25.2612	6.0137
	17.7459	6.0156	23.6721	5.9262
ตารางผนวกที่ ค.6 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 25				
	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	17.7334	6.1157	23.7156	5.9822
	17.0025	6.1679	23.0405	6.0380
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.5928	6.0119	23.5089	5.9161
	19.2828	6.1282	25.3097	6.0269
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	15.671	6.1481	21.7135	6.0425
	18.0049	6.0404	23.9412	5.9363
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.9718	6.1100	23.9946	6.0228
	17.7972	6.0260	23.7368	5.9396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.7 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 30

	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	19.2456	6.0615	25.0878	5.8422
	17.7873	6.0715	23.7366	5.9493
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	15.609	6.383	21.8963	6.2873
	17.0924	6.253	23.244	6.1516
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	17.7726	6.2225	23.8774	6.1048
	17.7164	6.0338	23.63	5.9136
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.8371	6.1144	23.8578	6.0207
	17.4925	6.2426	23.6351	6.1426

ตารางผนวกที่ ค.8 แสดงค่าความชื้นของแคบหมูทอด วันที่ 35

	น้ำหนัก can	น้ำหนักตัวอย่าง	น้ำหนักหลังอบ	น้ำหนักตัวอย่างแห้ง
อุณหภูมิ 45°C				
ถุงแก้ว	17.8018	6.1190	23.7737	5.9719
	0	0	0	0.0000
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	19.1796	6.0853	25.1223	5.9427
	17.0985	6.0779	23.0269	5.9284
อุณหภูมิ 55°C				
ถุงแก้ว	17.4812	6.1347	23.4656	5.9844
	17.8434	6.1590	23.8518	6.0084
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	17.9723	6.1826	24.0285	6.0562
	19.0718	65.1257	25.0715	5.9997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค.2 ศึกษาปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอดในสภาวะเร่งที่บรรจุในถุง 2 ชนิด

ตารางผนวกที่ ค.9 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 0

อุณหภูมิ 45°C และ 55°C ที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิด

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณน้ำอิสระ	0.289	0.287	0.288

ตารางผนวกที่ ค.10 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 5

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.247	0.313	0.280
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.293	0.286	0.2895
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.302	0.330	0.316
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.316	0.326	0.321

ตารางผนวกที่ ค.11 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 10

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.329	0.338	0.3335
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.314	0.313	0.3135
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.344	0.333	0.339
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.264	0.276	0.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.12 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 15

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.308	0.300	0.304
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.295	0.279	0.287
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.283	0.290	0.287
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.268	0.270	0.269

ตารางผนวกที่ ค.13 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 20

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.347	0.359	0.353
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.33	0.302	0.316
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.297	0.286	0.292
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.286	0.262	0.274

ตารางผนวกที่ ค.14 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 25

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.295	0.289	0.292
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.269	0.262	0.266
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.25	0.234	0.242
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.221	0.212	0.217

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.15 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 30

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.32	0.317	0.319
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.293	0.287	0.29
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.286	0.27	0.278
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.275	0.268	0.272

ตารางผนวกที่ ค.16 แสดงปริมาณน้ำอิสระของแคบหมูทอด วันที่ 35

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.396	0.396	0.396
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.357	0.344	0.351
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.332	0.317	0.325
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.307	0.299	0.303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ค.3 ศึกษาค่า Thiobarbituric Acid (TBA) ของแคบหมูทอดในสภาวะเร่งที่บรรจุในถุง 2 ชนิด

ตารางผนวกที่ ค.17 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอด วันที่ 0

อุณหภูมิ 45°C และ 55°C ที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิด

	ABS	K*ABS	7.8*A532
ซ้ำที่ 1	0.001	0.0013	0.0101
ซ้ำที่ 2	0.001	0.0011	0.0086

ตารางผนวกที่ ค.18 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอด วันที่ 5

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.201	0.2006	1.5647
	0.19	0.1904	1.4851
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.284	0.2839	2.2144
	0.304	0.3042	2.3728
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.414	0.4138	3.2276
	0.382	0.3823	2.9819
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.669	0.6694	5.2213
	0.628	0.6281	4.8992

ตารางผนวกที่ ค.19 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอดวันที่ 10

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.090	0.0903	0.7043
	0.083	0.0825	0.6435
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.131	0.1307	1.0195
	0.144	0.1439	1.1224
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.145	0.1454	1.1341
	0.153	0.1532	1.1950
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.194	0.1941	1.5140
	0.255	0.2549	1.9882

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.20 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอดวันที่ 15

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.678	0.6785	5.2923
	0.633	0.6327	4.9351
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.406	0.4059	3.1660
	0.407	0.4066	3.1715
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.766	0.7659	5.9740
	0.805	0.8049	6.2782
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.804	0.804	6.2712
	0.798	0.7985	6.2283

ตารางผนวกที่ ค.21 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอดวันที่ 20

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.641	0.6414	5.00292
	0.641	0.641	4.9998
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.552	0.5519	4.30482
	0.565	0.5654	4.41012
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.651	0.6515	5.0817
	0.676	0.6759	5.27202
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.851	0.8146	6.35388
	0.679	0.6794	5.29932

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.22 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอดวันที่ 25

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.215	0.2155	1.6809
	0.222	0.2222	1.73316
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.179	0.1788	1.39464
	0.183	0.1829	1.42662
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.274	0.2736	2.13408
	0.265	0.2648	2.06544
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.249	0.249	1.9422
	0.240	0.2395	1.8681

ตารางผนวกที่ ค.23 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอดวันที่ 30

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.576	0.5761	4.49358
	0.578	0.5784	4.51152
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.263	0.2628	2.04984
	0.262	0.262	2.0436
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.400	0.3995	3.1161
	0.429	0.4294	3.34932
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.317	0.3165	2.4687
	0.315	0.3149	2.45622

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.24 แสดงค่า Thiobarbituric Acid ของแคบหมูทอดวันที่ 35

	ABS	K*ABS	7.8*A532
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	0.618	0.6182	4.8220
	0.593	0.593	4.6254
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.567	0.5674	4.42572
	0.565	0.5649	4.40622
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	0.556	0.5558	4.33524
	0.607	0.6067	4.73226
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	0.520	0.5203	4.05834
	0.486	0.4858	3.78924

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ค.4 ศึกษาค่าทางลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูทอดในสภาวะเร่งที่บรรจุในถุง 2 ชนิด

ตารางผนวกที่ ค.25 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 0 อุณหภูมิ 45°C และ 55°C ที่บรรจุในถุงทั้ง 2 ชนิด

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
Peak Force	88	93	90.5

ตารางผนวกที่ ค.26 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 5

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	105	107	79
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	107	113	93

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	96	86	81.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์		92	110

ตารางผนวกที่ ค.27 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 10

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	80	109	79
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	109	114	93

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	103	93	81.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	107	108	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.28 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 15

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	155	153	79
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	158	155	93
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	150	153	81.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	145	149	110

ตารางผนวกที่ ค.29 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 20

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	78	80	79
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	90	96	93
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	81	82	81.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	110	110	110

ตารางผนวกที่ ค.30 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 25

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	113	93	103
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	113	103	108
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	83	86	84.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	105	117	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ ค.31 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 30

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	84	92	88
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	91	92	91.5
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	69	80	74.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	100	102	101

ตารางผนวกที่ ค.32 แสดงค่าลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูทอด วันที่ 35

	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ 45°C			
ถุงแก้ว	60	63	61.5
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	70	72	71
อุณหภูมิ 55°C			
ถุงแก้ว	82	86	84
ถุงอลูมิเนียมฟอยด์	69	72	70.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

## ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window (version 16) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA : Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DMRT (Duncan's new Multiple-Range Test)

ตารางภาคผนวกที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของแคบหมูทอด เป็นระยะเวลา 35 วัน

## Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	31.957 <sup>a</sup>	31	1.031	1.500	.130
Intercept	223.021	1	223.021	324.446	.000
A	.108	1	.108	.156	.695
B	7.673	7	1.096	1.595	.173
C	.608	1	.608	.884	.354
A * B	8.337	7	1.191	1.733	.137
A * C	.112	1	.112	.163	.689
B * C	5.360	7	.766	1.114	.379
A * B * C	9.761	7	1.394	2.029	.082
Error	21.997	32	.687		
Total	276.975	64			
Corrected Total	53.954	63			

a. R Squared = .592 (Adjusted R Squared = .197)

## ANOVA

Data	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.827	3	.276	.311	.817
Within Groups	53.127	60	.885		
Total	53.954	63			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำ  
อิสระของแคบหมูทอด เป็นระยะเวลา 35 วัน

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.072 <sup>a</sup>	31	.002	16.839	.000
Intercept	5.692	1	5.692	4.102E4	.000
A	.006	1	.006	45.265	.000
B	.037	7	.005	38.594	.000
C	.009	1	.009	67.464	.000
A * B	.004	7	.001	4.149	.002
A * C	1.056E-5	1	1.056E-5	.076	.784
B * C	.013	7	.002	13.762	.000
A * B * C	.002	7	.000	1.953	.093
Error	.004	32	.000		
Total	5.769	64			
Corrected Total	.077	63			

a. R Squared = .942 (Adjusted R Squared = .886)

### ANOVA

Data	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.016	3	.005	5.113	.003
Within Groups	.061	60	.001		
Total	.077	63			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย  
Thiobarbituric Acid Value ของแคบหมูทอด เป็นระยะเวลา 35 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	238.447 <sup>a</sup>	31	7.692	187.913	.000
Intercept	566.036	1	566.036	1.383E4	.000
A	.314	1	.314	7.679	.009
B	201.402	7	28.772	702.898	.000
C	7.709	1	7.709	188.343	.000
A * B	10.950	7	1.564	38.217	.000
A * C	2.826	1	2.826	69.029	.000
B * C	12.927	7	1.847	45.117	.000
A * B * C	2.318	7	.331	8.091	.000
Error	1.310	32	.041		
Total	805.793	64			
Corrected Total	239.757	63			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .989)

ANOVA

Data	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.849	3	3.616	.948	.423
Within Groups	228.907	60	3.815		
Total	239.757	63			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยลักษณะทางเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูทอด เป็นระยะเวลา 35 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Data

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	35048.937 <sup>a</sup>	31	1130.611	33.376	.000
Intercept	637203.062	1	637203.062	1.881E4	.000
A	1040.063	1	1040.063	30.703	.000
B	30710.938	7	4387.277	129.514	.000
C	36.000	1	36.000	1.063	.310
A * B	1180.438	7	168.634	4.978	.001
A * C	20.250	1	20.250	.598	.445
B * C	1157.500	7	165.357	4.881	.001
A * B * C	903.750	7	129.107	3.811	.004
Error	1084.000	32	33.875		
Total	673336.000	64			
Corrected Total	36132.937	63			

a. R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .941)

ANOVA

Data	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1096.312	3	365.438	.626	.601
Within Groups	35036.625	60	583.944		
Total	36132.938	63			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ง.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไขมันของ  
แคบหมูทอด เป็นระยะเวลา 35 วัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	214.623 <sup>a</sup>	11	19.511	.016	1.000
Intercept	14319.664	1	14319.664	11.823	.005
A	40.901	1	40.901	.034	.857
B	79.661	2	39.831	.033	.968
C	1.268	1	1.268	.001	.975
A * B	20.736	2	10.368	.009	.991
A * C	26.345	1	26.345	.022	.885
B * C	1.484	2	.742	.001	.999
A * B * C	44.228	2	22.114	.018	.982
Error	14534.287	12	1211.191		
Total	29068.574	24			
Corrected Total	14748.910	23			

a. R Squared = .015 (Adjusted R Squared = -.889)

ANOVA

Fat					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	68.513	3	22.838	.031	.992
Within Groups	14680.397	20	734.020		
Total	14748.910	23			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้