



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ แคมเปญสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ

โดย นางอรรทัย บุญทะวงศ์ และคณะ

กันยายน 2549

## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

### โครงการ แคมเปญสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ

#### คณะผู้วิจัย

#### สังกัด

- นางอรทัย บุญทะวงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ลำปาง
- นางสาวกมลรัตน์ คุรุชาโรจน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ลำปาง
- นางสาวนภสร จุ้ยเจริญ บริษัท เพียวฟู้ดส์ จำกัด

#### ชุดโครงการสนับสนุนผู้ปฏิบัติการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม

#### สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

## สารบัญ

| เรื่อง                                     | หน้า |
|--------------------------------------------|------|
| บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร                   | 1    |
| บทคัดย่อ                                   | 3    |
| Abstract                                   | 4    |
| แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5) | 5    |
| ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง                         | 8    |
| ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย                   | 29   |
| ผลการวิจัย                                 | 32   |
| สรุปผลการวิจัย                             | 57   |
| เอกสารอ้างอิง                              | 58   |
| ภาคผนวก                                    | 61   |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                                                    | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      แสดงความถี่คลื่นไมโครเวฟ                                                                                                                             | 15   |
| 2      แสดงความชื้นและไขมันของหนังหมูต้มที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ                                                                 | 33   |
| 3      แสดงความชื้น ดัชนีการพองตัว และความกรอบของแคบหมูที่กระบวนการต่างๆ                                                                                    | 34   |
| 4      แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและเวลาในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู                                                                               | 36   |
| 5      แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบกับการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป                                                                             | 38   |
| 6      แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสความยาวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป                                                                                           | 38   |
| 7      แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มีผลต่ออัตราการพองตัว                                                               | 39   |
| 8      แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกับดัชนีการพองตัว                                                                                   | 39   |
| 9      แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ                                                                | 40   |
| 10     เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แคบหมู                                                                                                  | 41   |
| 11     ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แคบหมู                                                                                             | 43   |
| 12     การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส | 53   |
| 13     การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส        | 53   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางผนวกที่                                                                                                                                                                                                              | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      การคำนวณต้นทุนการผลิตจากการวิจัย                                                                                                                                                                                   | 77   |
| 2      การคำนวณต้นทุนการผลิตคิดจากราคาต้นทุนของผู้ประกอบการจริง                                                                                                                                                           | 78   |
| 3      คุณภาพทางกายภาพแลเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับ<br>ไมโครเวฟบรรจุอะลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 25<br>องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา                                                            | 87   |
| 4      คุณภาพทางกายภาพแลเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับ<br>ไมโครเวฟบรรจุอะลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 40<br>องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา                                                            | 88   |
| 5      คุณภาพทางกายภาพแลเคมีของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับ<br>ไมโครเวฟบรรจุอะลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 50<br>องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา                                                            | 89   |
| 6      ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและระดับการ<br>ยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่<br>บรรจุในอลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส<br>ระหว่างการเก็บรักษา | 90   |
| 7      ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและระดับการ<br>ยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่<br>บรรจุในอลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส<br>ระหว่างการเก็บรักษา | 91   |
| 8      ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและระดับการ<br>ยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่<br>บรรจุในอลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส<br>ระหว่างการเก็บรักษา | 92   |
| 9      การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) ความชื้นและไขมัน ในระหว่างกระบวนการ<br>ผลิตแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ                                                                                                                   | 93   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                                                  | หน้า |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1      | ค่าความกรอบของแคปหมูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส                                                           | 48   |
| 2      | ค่าความชื้นของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส                                | 49   |
| 3      | ค่าความหืน (Peroxide Value) ของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส               | 50   |
| 4      | ค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Water Activity) ของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส | 51   |
| 5      | ค่าความหืน (TBA Number) ของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส                   | 52   |

## ภาพผนวกที่

|   |                                                                                           |    |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | ลักษณะแคปหมูจากหนังหมูที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ             | 80 |
| 2 | ลักษณะแคปหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่ผ่านการดัดน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ      | 80 |
| 3 | ลักษณะแคปหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง ที่ผ่านการดัดน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ    | 81 |
| 4 | ลักษณะแคปหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 1.30 ชั่วโมง ที่ผ่านการดัดน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ | 81 |
| 5 | ลักษณะแคปหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ที่ผ่านการดัดน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ    | 82 |
| 6 | ลักษณะแคปหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 2.30 ชั่วโมง ที่ผ่านการดัดน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ | 82 |
| 7 | ลักษณะแคปหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง ที่ผ่านการดัดน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ    | 83 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพผนวกที่ |                                                                         | หน้า |
|------------|-------------------------------------------------------------------------|------|
| 8          | ลักษณะปรากฏแคปหมูที่ติดกันหลังจากอบในเตาไมโครเวฟ                        | 83   |
| 9          | ลักษณะปรากฏของแคปหมูที่สำเร็จรูปหลังอบไมโครเวฟด้วยความร้อนที่แตกต่างกัน | 84   |
| 10         | ลักษณะปรากฏของแคปหมูหลังการอบที่เวลาต่างกัน (นาที)                      | 84   |
| 11         | ลักษณะของแคปหมูมีการฟองตัวไม่สมบูรณ์ภายหลังจากการอบด้วยไมโครเวฟ         | 85   |
| 12         | ลักษณะของแคปหมูมีการฟองตัวสมบูรณ์ภายหลังจากการอบด้วยไมโครเวฟ            | 85   |

## บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร

1. **ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** แคมหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ  
**คำสำคัญ** แคมหมู, ไมโครเวฟ  
**(ภาษาอังกฤษ)** Microwavable Crispy Pork Rind (Kab Moo)  
**keywords** Kab Moo, Microwavable
2. **ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail**  
**ชื่อ-สกุล** อาจารย์อรทัย บุญทะวงศ์  
**หน่วยงาน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง  
**ที่อยู่** เลขที่ 200 หมู่ที่ 11 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000  
**โทรศัพท์** 0 – 5434 – 2547 – 8 โทรสาร 0 – 5434 – 2549  
**E-mail** orathaibun@yahoo.co.th
4. **ระยะเวลาดำเนินการ** 12 เดือน
5. **ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญของปัญหา**  

แคมหมู เป็นอาหารพื้นบ้านของชาวล้านนาไทย การทำแคมหมูเป็นวิธีการแปรรูป และถนอมอาหาร ที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านสืบทอดกันมา แคมหมูนิยมใช้เป็นของฝากเมืองเหนือ นำมาต้อนรับแขกเป็นอาหารประเภทเครื่องเคียงกับน้ำพริกเมืองเหนือและแกงคั่วต่างๆ (ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ, มปป.) ต่อมาแคมหมูเป็นที่นิยมรับประทานกันเองอย่างแพร่หลายไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย แคมหมูนอกจากจะเป็นที่นิยมบริโภคในหมู่วชาวไทยแล้วยังเป็นที่นิยมบริโภคในหมู่วชาวต่างประเทศด้วย เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และบางประเทศในทวีปยุโรป (พันธิพาและคณะ, 2532)

การผลิตแคมหมูแบบดั้งเดิมจะนำหนังหมูมาผ่านกรรมวิธีการทอด จนได้ลักษณะการพองกรอบ หากน้ำมันที่ใช้ผ่านการทอดซ้ำหลายๆ ครั้งนั้นจะมีคุณภาพที่เสื่อมลงทั้งสี กลิ่น รสชาติ เปลี่ยนไป จุดเกิดควันลดลง และมีความหนืดมากขึ้น ที่สำคัญจะเกิดสารประกอบที่สามารถสะสมในร่างกาย และส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์และก่อให้เกิดมะเร็ง (ข่าวผู้จัดการออนไลน์, มปป) อีกทั้งแคมหมูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหนังหมูทอด มีลักษณะกรอบ ฉะนั้นในการ เก็บรักษา ต้องคำนึงถึงการรักษาคูณค่าทางอาหาร และรสชาติของแคมหมู ให้มีลักษณะกรอบ ไม่มีกลิ่นเหม็นหืนในการเก็บรักษาจะต้องไม่ให้ถูกความชื้น โดยการเก็บใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิทไม่ให้อากาศเข้า โดยคงรสชาติเหมือนเดิม ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 5 วัน (อาหารไทย, 2548)



ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยศึกษากระบวนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ ตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษา เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค ทั้งนี้คลื่นไมโครเวฟ ที่ใช้ปรุงอาหารคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในการปรุงอาหารไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ เพราะคลื่นจะสลายตัวไปไม่สะสมในอาหาร เมื่อกินอาหารที่ทำให้สุกด้วยไมโครเวฟจึงไม่เกิดอันตราย (หนังสือพิมพ์มติชน, 2546) และเพื่ออนุรักษ์อาหารพื้นบ้าน : แคบหมู โดยมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวให้หมดไป จะได้แคบหมูมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น ลดปริมาณไขมัน และลดการหืนในผลิตภัณฑ์แคบหมู สะดวกต่อการบริโภค และสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานาน ที่สำคัญผู้บริโภคสามารถรับประทานแคบหมูที่มีความสดใหม่ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิต และใช้เป็นผลิตภัณฑ์ของฝากแก่คนต่างแดน ตลอดจนสำหรับคนไทยที่ไปศึกษา ฝึกอบรม ทำงาน หรือย้ายถิ่นฐานไปอยู่ต่างประเทศ เป็นการเผยแพร่อาหารพื้นบ้านภาคเหนือ และเป็นการส่งเสริมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small Medium Enterprise, SMEs) ทำให้มีความเข้มแข็งด้วยตนเองอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันกับสินค้าต่างประเทศได้ตามนโยบายของรัฐบาล และเผยแพร่ผลการวิจัยสำหรับประชาชนที่สนใจและผู้ประกอบการแคบหมูในด้านการผลิตเพื่อทำเป็นธุรกิจการค้าต่อไป

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ เพื่อลดขั้นตอนการทอดของแคบหมู ทำให้แคบหมูมีปริมาณไขมันลดลง และสะดวกในการรับประทาน จากการศึกษาขั้นตอนการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมู ระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน พบว่าระยะเวลาการอบที่ 3 ชั่วโมง และการอุ่นน้ำมันที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิต เมื่อนำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟมีความยาวเส้น 10 เซนติเมตร น้ำหนักในการอบ 25 กรัม และอบในไมโครเวฟที่ความร้อน 900 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์แคบหมูที่มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า ร้อยละ 3.06, 73.8, 11.30, 5.8, 0.78 และ 5.26 ตามลำดับ จากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูจากการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าแคบหมูที่ผลิตได้จากการอบด้วยไมโครเวฟมีปริมาณไขมันเฉลี่ยร้อยละ 11.30 ซึ่งมีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่จำหน่ายทั่วไป โดยมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 22.58 - 34.96

ต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป โดยไม่รวมราคาบรรจุภัณฑ์ ประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ราคาต้นทุนการผลิตจะแปรผันตามราคาของหนังหมูสดเป็นหลัก จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ ความพองตัว ความกรอบ รสชาติรวม และความชอบรวม มีระดับคะแนนเฉลี่ย คือ 7.37, 7.33, 7.72, 7.58 และ 7.46 ตามลำดับ และผู้บริโภคยอมรับในผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟร้อยละ 86.5 และมีความต้องการซื้อร้อยละ 73.00 โดยมีเหตุผลในการซื้อคือไม่ต้องใช้น้ำมันทอด และลดปริมาณไขมันในแคบหมูร้อยละ 41.50 ด้านอายุการเก็บแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 159 วัน และถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 83 วัน

### Abstract

This research was based on the microwavable crispy pork rind product by avoid fried process to reduce fat content and improve consumption. Step of reduce moisture content in pork rind were studied by the times for baking and the times for reheat in oil. The optimum time of process was found at 3 hours and 1.30 hours, respectively. The microwavable crispy pork rind product was 10 centimeters long, 25 grams in weight and was baked in microwave at 900 watts 3 minutes that had moisture content, protein, fat, carbohydrate, fiber and ash 3.06, 73.8, 11.30, 5.8, 0.78, and 9.26 %, respectively. When compare quality of the microwavable crispy pork rind product of this study with the other 3 samples of the commercial fried pork rind that obtained from market. It was found that there were significant difference in fat content between the microwavable crispy pork rind and the other 3 samples. The fat content of the microwavable crispy pork rind was 11.30 % while the other 3 commercial pork rind products were 22.58 – 34.96 %

The cost of product of the microwavable crispy pork rind product without packaging that was approximately was 80 baht/kilogram. The cost of product was mostly depended on the cost of pork skin. With 200 consumer test, consumer evaluation showed that preferential scores on the product appearance, blister, brittleness, taste and overall preference were 7.37, 7.33, 7.22, 7.58 and 7.46 point, respectively. Percentages in which consumers favored and were expected to buy the product were 86.5 and 73. The main reason was to avoid deep-fried process which could reduce fat content in the product 41.5 %. For preservation of the product, it can be stored at 0 °C for 159 days and at 25 °C for 83 days

### แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)

สัญญาเลขที่ RDG4850053 ชื่อโครงการ แคมมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ

หัวหน้าโครงการ นางอรัญญา บุญทะวงศ์

สถาบัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

โทรศัพท์ 0-5434-2547-8 ต่อ 186 โทรสาร 0-5434-2549

E-mail address : orathai\_bun@hotmail.com

#### ความสำคัญ / ความเป็นมา

แคมมู เป็นอาหารพื้นบ้านของชาวล้านนาไทย การทำแคมมูเป็นวิธีการแปรรูป และถนอมอาหาร ที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านสืบทอดกันมา แคมมูนิยมใช้เป็นของฝากเมืองเหนือ นำมารับประทานเป็นอาหารประเภทเครื่องเคียงกับน้ำพริกเมืองเหนือและแกงคั่วต่างๆ (ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ, มปป.) ต่อมาแคมมูเป็นที่นิยมรับประทานกันเองอย่างแพร่หลายไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย แคมมูนอกจากจะเป็นที่นิยมบริโภคในหมู่ชาวไทยแล้วยังเป็นที่นิยมบริโภคในหมู่ชาวต่างประเทศด้วย เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และบางประเทศในทวีปยุโรป (พันธิพาและคณะ, 2532)

การผลิตแคมมูแบบดั้งเดิมจะนำหนังหมูมาผ่านกรรมวิธีการทอด จนได้ลักษณะการพองกรอบ หากน้ำมันที่ใช้ผ่านการทอดซ้ำหลายๆครั้ง จะมีคุณภาพที่เสื่อมลงทั้งสี กลิ่น รสชาติเปลี่ยนไป ที่สำคัญจะเกิดสารประกอบที่สามารถสะสมในร่างกาย และก่อให้เกิดมะเร็ง (ข่าวผู้จัดการออนไลน์, มปป.) อีกทั้งแคมมูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากหนังหมูทอด มีลักษณะกรอบ ฉะนั้นในการเก็บรักษาต้องคำนึงถึงการรักษาคุณค่าทางอาหาร และรสชาติของแคมมู ให้มีลักษณะกรอบ ไม่มีกลิ่นเหม็นหืนในการเก็บรักษาจะต้องไม่ให้ถูกความชื้น โดยการเก็บใส่ภาชนะ ที่มีฝาปิดสนิท ไม่ให้อากาศเข้า โดยคงรสชาติเหมือนเดิม ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้ไม่เกิน 5 วัน (อาหารไทย, 2548)

ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยศึกษากระบวนการผลิตแคมมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษา เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค ทั้งนี้คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) ที่ใช้ปรุงอาหารคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยคลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในการปรุงอาหารไม่มีอันตรายต่อ สุขภาพ คลื่นจะสลายตัวไปไม่สะสมในอาหาร (หนังสือพิมพ์มติชน, 2546) และเพื่ออนุรักษ์อาหารพื้นบ้าน : แคมมู โดยมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวให้หมดไป จะได้แคมมูมีความปลอดภัยต่อ ผู้บริโภคมากขึ้น ลดปริมาณไขมันและลดการหืนในผลิตภัณฑ์แคมมู สะดวกต่อการบริโภค และผู้บริโภคสามารถได้รับประทานแคมมูที่มีความสดใหม่

### วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อศึกษาสถานะต่างๆของผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยไมโครเวฟ
2. เพื่อศึกษาระดับความร้อนและเวลาที่เหมาะสมในการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาและภาชนะบรรจุที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป
4. เพื่อศึกษาด้านทุนการผลิตและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป
5. เพื่อทำการฝึกอบรมด้านกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และวิธีการอบด้วยไมโครเวฟ ให้แก่ประชาชน ผู้ประกอบการขนาดเล็ก หรือผู้สนใจทั่วไป

| ผลที่ได้รับ                                                                                 | บรรลุมติวัตถุประสงค์ข้อที่ | โดยทำให้                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ทราบถึงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตและการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ           | 1 และ 2                    | ได้วิธีการผลิตแคบหมูวิธีใหม่ โดยทำให้แคบหมูพองตัว โดยไม่ต้องใช้วิธีการทอด ทำให้สามารถลดปริมาณไขมันในแคบหมูได้  |
| ทราบถึงบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมและทราบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป              | 3                          | ได้บรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์                                                             |
| ทราบถึงต้นทุนการผลิต และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป สำหรับไมโครเวฟ | 4                          | ผู้บริโภคมีทางเลือกใหม่สำหรับผู้ที่ชอบรับประทานแคบหมู และเลือกบริโภคอาหารอย่างปลอดภัยต่อสุขภาพ และถูกสุขลักษณะ |

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟถือว่าเป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับการผลิตแคบหมูในประเทศไทย คือ มีขั้นตอนทำให้แคบหมูพองตัว โดยไม่ต้องใช้วิธีการทอด ทำให้สามารถลดปริมาณไขมันในแคบหมูได้ประมาณร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับแคบหมูที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมัน ซึ่งนับว่าเป็นผลดีต่อผู้ที่ชอบรับประทานแคบหมู ทำให้มีทางเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ โดยวิธีการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟนี้ จักได้ทำการเผยแพร่ให้ความรู้ โดยนางอรทัย บุญทะวงศ์ (หัวหน้าโครงการวิจัย) ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง เพื่อ

นำไปผลิตเพื่อทำเป็นธุรกิจการค้าต่อไป เพื่อเป็นการส่งเสริมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small Medium Enterprise, SMEs) ทำให้มีความเข้มแข็งด้วยตนเองอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันกับสินค้าต่างประเทศได้ตามนโยบายของรัฐบาล

### การประชาสัมพันธ์

- จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
  - จัดทำเอกสารเผยแพร่และแนะนำกระบวนการที่ดีที่สุด
  - การลงตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ
  - บทความทางวิชาการ ในส่วนของสารานุกรมในเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย
- ตารางเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และผลการดำเนินการตลอดโครงการ

| กิจกรรม<br>(ตามแผน)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ผลที่คาดว่าจะได้รับ<br>(ตามแผน)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ผลการดำเนินงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | หมายเหตุ                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจสอบเอกสารและวางแผนการผลิต</li> <li>- ศึกษาสถานะการผลิตแคปซูลกึ่งสำเร็จรูป ระดับความร้อนและเวลาที่เหมาะสมในการอบแคปซูลด้วยไมโครเวฟ และต้นทุนการผลิต</li> <li>- ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์แคปซูลโดย การบรรจุในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม และศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคปซูล</li> <li>- ให้การฝึกอบรมให้แก่ นักศึกษา เกษตรกร และผู้ประกอบการ</li> <li>- สรุปโครงการและทำรายงานฉบับสมบูรณ์</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- วางแผนงาน และดำเนินการตามแผน</li> <li>- ศึกษาสถานะการผลิตที่เหมาะสมต่อการผลิตและการอบแคปซูลโดยไมโครเวฟ และต้นทุนการผลิต</li> <li>- ทราบอายุการเก็บของแคปซูล และทราบถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคปซูล</li> <li>- นำวิธีการที่ดีที่สุด เผยแพร่ให้ความรู้แก่ผู้สนใจ</li> <li>- สรุปโครงการและทำรายงานฉบับสมบูรณ์ ตามระยะเวลาที่กำหนด</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- วางแผนงาน และดำเนินการตามแผน</li> <li>- ได้ศึกษาสถานะการผลิตและการอบที่เหมาะสมต่อแคปซูลกึ่งสำเร็จรูป และต้นทุนการผลิต</li> <li>- ได้บรรจุภัณฑ์ อายุการเก็บแคปซูล และผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคปซูล</li> <li>- ไม่ได้ดำเนินการ</li> <li>- สรุปโครงการและทำรายงานฉบับสมบูรณ์</li> </ul> | เนื่องจากอยู่ในระหว่างการดำเนินการจดสิทธิบัตร |

## เนื้อหางานวิจัย

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### แคบหมู

แคบหมู เป็นอาหารพื้นบ้านของชาวล้านนาไทย การทำแคบหมูเป็นวิธีการแปรรูป และถนอมอาหาร ที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านสืบทอดกันมา โดยนำหนังหมูมาผ่านกรรมวิธีการทอด จนได้ลักษณะการพอง กรอบ แคบหมูนิยมใช้เป็นของฝากเมืองเหนือ นำมารับประทานเป็นอาหารประเภทเครื่องเคียงกับน้ำพริกเมืองเหนือและแกงคั่วต่างๆ (ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ, มปป.)

#### ลักษณะแคบหมูที่ทำจากหนังหมู

1. แคบหมูไร้มัน ทำจากหนังหมูล้วนๆ เป็นแผ่นขนาด 2x4 นิ้ว ส่วนมากนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น ทำกระเพาะปลา ต้มยำ อาหารประเภทยำต่างๆ เช่น ยำแคบหมู ยำใหญ่ เป็นต้น มีจำหน่ายทั่วไปในตลาด

2. แคบหมูติดมันบ้างไม่มากนัก ขนาด 1 - 2x3 - 4 นิ้ว ลักษณะจะเป็นก้อนกลมๆ นิยมรับประทานเป็นเครื่องเคียงดังได้กล่าวมาแล้ว แคบหมูชนิดนี้เหมาะเป็นของฝากในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง เชียงราย แคบหมูชนิดนี้นิยมรับประทานกันมาก แลหาซื้อได้โดยทั่วไป

3. แคบหมูติดมันและมีเนื้อปน ส่วนมากนิยมนำเป็นแผ่นใหญ่ ขนาด 7x10 นิ้ว ทำจากหนังหมูด้านข้างซี่โครง ส่วนมากนิยมนำที่จังหวัดตาก น่าน แพร่ ที่อำเภอลอง เป็นต้น แคบหมูชนิดนี้ไม่นิยมรับประทานกันมากนักเพราะเก็บไว้ไม่ได้นาน (ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ, มปป.)

#### การเลือกหนังหมู

หนังหมูเป็นวัตถุดิบหลักและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำแคบหมู แคบหมูจะอร่อย มีลักษณะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับหนังหมู ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกหนังหมูที่ เหมาะสมในการทำแคบหมูมากที่สุดและดีที่สุด

การเลือกหนังหมู ควรเป็นหนังหมูที่ได้จากข้างลำตัว และหนังสะโพก เป็นหนังหมูใหม่ ไม่มีกลิ่นเหม็น สะอาด มีสีขาวอมชมพูจางๆ ไม่มีสีซีดคล้ำ ไม่มีขนติด และต้องไม่เป็นหนังที่ได้จากหมูที่มีอายุน้อยเกินไป ควรจะมีอายุระหว่าง 3 - 6 เดือน (ยิ่งศักดิ์, มปป.)

#### การหันหนังหมู

การหันหนังหมูก็มีบทบาทสำคัญในอันที่จะทำให้หนังหมูที่ทอดเป็นแคบหมู แล้วมีลักษณะพองมากหรือน้อย และเป็นเส้นตรง หรือขดงอเป็นก้อนกลม จะต้องคำนึงถึงลักษณะของหนังหมู

และขนาดที่ตัดไปพร้อมกันด้วย จึงจะได้แคบหมูที่มีลักษณะพอง และคงอเป็นก้อนกลม นำ  
รับประทาน แบ่งการหั่นได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

**ขั้นตอนที่ 1** หั่นหนังหมูตามความยาวของลำตัวหมูตลอดชิ้น โดยกำหนดชิ้นส่วนของหนัง-  
หมูที่ต้องการหั่นให้ได้ขนาด  $1 - 1.5 \times 3$  นิ้ว โดยหั่นหนังหมูตามยาว 3 นิ้ว

**ขั้นตอนที่ 2** จากการหั่นหนังหมูได้ความยาวตามลำตัวหมูกว้าง 3 นิ้วแล้ว จึงนำหนังหมูที่  
หั่นได้มาหั่นเป็นชิ้นเล็กให้มีขนาด  $1 - 1.5$  นิ้ว ก็จะได้ชิ้นส่วนของหนังหมูที่หั่นเสร็จขนาด  $1 - 1.5 \times$   
 $3$  นิ้ว หากหั่นขนาดโตกว่านี้ให้ใช้หลักในการหั่นทำนองเดียวกัน จากนั้นนำหนังหมูที่หั่นได้ไปล้าง  
น้ำสะอาด พักไว้ให้สะเด็ดน้ำ (ยั้งศักดิ์, มปป.)

### **การต้มหนังหมู**

ต้มหนังหมูในน้ำเดือด 15 นาที (คอลลาเจนที่เป็นโปรตีนส่วนใหญ่ในหนังหมูชั้นในจะ  
กลายเป็นเจลาติน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สามารถกักความชื้นไว้ภายใน)

### **การอุ่นหนังหมูในน้ำมัน**

หนังหมูอุ่นในน้ำมัน 120 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง การเคี่ยวทำให้ผิวหนังของหนังหมูเกิด  
ความแข็ง ช่วยให้ทนต่อแรงดันที่เกิดขึ้นขณะพองตัว ทำให้โครงสร้างของแคบหมูไม่ยุบตัวลงมากใน  
ระหว่างการทอดให้พองตัว และมีความกรอบหลังการทอดแล้ว

### **การทอดหนังหมู**

ทอดหนังหมูที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส จะทำให้อุณหภูมิที่ถูกกักไว้ในเจลาตินเกิดการขยาย  
ตัวอย่างรวดเร็ว และเกิดแรงดันขึ้นภายในหนังหมู ทำให้หนังหมูพองตัว (สถาบันอาหาร, มปป.)

### **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู**

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมแคบหมูที่มีลักษณะเป็นเส้น เป็นชิ้นใหญ่ ที่มีชั้น  
ไขมันแข็งติดอยู่หรือไม่ก็ได้ บรรจุในภาชนะลักษณะทั่วไป ต้องมีขนาดชิ้นและการพองตัวสม่ำเสมอ  
อาจแตกหักได้เล็กน้อย ไม่มีส่วนที่เป็นขนหมูติดอยู่ ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้  
ไม่มีมีรอยไหม้ และมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึง  
ประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องกรอบ ไม่เหนียว ไม่แข็งกระด้าง  
(กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)



## คอลลาเจน

คอลลาเจนมีลักษณะยาวเป็น stiff โปรตีน ซึ่งทั้งหมดเป็น prevalent โปรตีน พบในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สร้างขึ้นจาก 3 โมเลกุลที่แตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วยสายของกรดอะมิโน ไชวักันรอบๆ คล้ายกับบางสิ่งที่เป็นเส้นใยไชวักันซึ่งกันและกันโดยรอบ เหมือนเกลียวเชือก ลักษณะโครงสร้างแบบนี้จึงทำให้คอลลาเจนแข็งแรง ความแข็งแรงนี้ทำให้มันแตกหักได้ยาก คอลลาเจนส่วนมาก มีอยู่ในชั้นส่วนของเนื้อ ความเหนียวที่ถูกตัดและเคี้ยว ผิวหนังจะเป็นคอลลาเจนเกือบทั้งหมด ซึ่งมีเอ็นเชื่อมติดกับกล้ามเนื้อและกระดูก การตัดเนื้อที่มีคอลลาเจนสูง จะใช้กระบวนการในการหุงต้มด้วยความร้อนขึ้น เช่น การต้มเนื้อจนเปื่อย คอลลาเจนสามารถละลายได้ในน้ำ และเมื่อถูกต้มอย่างช้าๆด้วยความร้อนขึ้น มันจะกลายเป็นเจลาติน (Science of meat, 1990)

ในสภาวะธรรมชาติ คอลลาเจนจะอยู่ในลักษณะเป็นเส้นใยที่มีสามโพลีเปปไทด์พันโดยรอบ โครงสร้างมีลักษณะเป็นเกลียว คอลลาเจนจะเปลี่ยนกลับไปเป็นเจลาตินด้วยความร้อนที่มีน้ำเป็นตัวพา จากนั้นความสัมพันธ์ของพันธะ (พันธะนอนโควาเลนต์) ที่ยึดสายของสามโพลีเปปไทด์จะเสียสภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของพันธะโควาเลนต์ และก่อให้เกิดสารละลายที่มีโพลีเปปไทด์มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน เมื่อสารละลายเจลาตินเย็นลงต่ำกว่าอุณหภูมิแน่นอน โมเลกุลจะเข้ามาสมทบกับอีกโมเลกุลหนึ่งในลำดับเดียวกัน กลับขึ้นมาเป็นโครงสร้างแบบเกลียวดั้งเดิม ในตอนนี้ในจุดที่เข้าเชื่อมต่อกันเป็น (junction zone) จะก่อเป็นรูปร่างในจุดเชื่อมต่อ (junction zone) นี้ จะเป็นตัวกำหนดในการกลับไปเป็นรูปแบบเดิม สามโพลีเปปไทด์ในรูปแบบเกลียว ถ้ามีปริมาณเจลาตินอยู่ จะเกิดการฟอร์มตัวเป็นเจล เจลประกอบด้วยโครงสร้างแบบสามมิติ เครือข่ายของโมเลกุลเจลาตินที่เชื่อมต่อกันโดย junction zone เจลจะมีลักษณะคล้ายของแข็งแม้ว่ามันจะมีลักษณะเป็น viscoelastic (Ask the experts : Chemistry, 1999)

## การทำแห้งอาหาร (Food Dehydration)

การทำแห้งอาหารหมายถึงการกำจัดความชื้นออกจากอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ

1. เพื่อเก็บรักษาสถิตภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการยืดอายุการเก็บโดยการลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หรือป้องกันปฏิกิริยาอื่นๆ
2. เพื่อลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยให้การขนส่งและการเก็บรักษาองค์ประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งสะดวกต่อการใช้ของผู้บริโภค

ในการเก็บรักษาผักและผลไม้ด้วยวิธีการทำแห้ง จำเป็นต้องคำนึงถึงรูปร่างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ เพื่อให้การกำจัดความชื้นเกิดขึ้นในลักษณะที่ทำลายคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด โดยผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จากกระบวนการทำแห้ง สามารถกลับมามีคุณภาพใกล้เคียงกับสภาพเริ่มต้น

หลังการเติมน้ำ (rehydration) แล้ว กระบวนการทำแห้งนี้จะต้องมีการถ่ายเทความร้อนและมวลที่เหมาะสมภายในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีคุณภาพเป็นไปตามต้องการ ดังนั้นในการออกแบบกระบวนการดังกล่าว ต้องวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนและมวลที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ การกำจัดความชื้นเพื่อให้ได้อาหารแห้ง ส่วนใหญ่จะทำให้แห้งด้วยความร้อน ซึ่งกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ระหว่างการทำแห้ง เพื่อให้ได้วิธีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพและสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม กระบวนการอบแห้งมักเกิดร่วมกับหน่วยปฏิบัติการ (unit operations) อื่นๆ การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของความร้อนจากตัวให้ความร้อนไปยังจุดที่การระเหยของไอน้ำเกิดขึ้น หลังจากเกิดไอน้ำแล้ว ต้องส่งไอน้ำไปยังตัวกลางที่ล้อมรอบผ่านโครงสร้างอาหาร

สิ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหารคือ น้ำที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อก้าวถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำที่ยึดเกาะในอาหารพบว่า มีน้ำอยู่ 3 ประเภทคือ (1) โมเลกุลน้ำที่ยึดกับกลุ่มไอออนิกได้แก่ กลุ่มคาร์บอกซิลและอะมิโน (2) โมเลกุลน้ำที่ยึดกับกลุ่มไฮดรอกซิล และอะไมด์ (amide) ด้วยพันธะไฮโดรเจน และ (3) น้ำอิสระพบในช่องว่างอินเตอร์สเตทิเชียล (interstitial pores) ระดับความยากง่ายของการกำจัดน้ำออกไปจะ แตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของน้ำนั้น โดยน้ำอิสระจะระเหยและกำจัดออกไปในตอนแรก จากนั้นจะเป็นโมเลกุลที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน และสุดท้ายจะเป็นน้ำที่ยึดด้วยพันธะไอออนิก ดังนั้น พลังงานที่ต้องใช้ในการกำจัดความชื้นจากน้ำแต่ละชนิดอาจจะใช้ปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน ขึ้นกับผลิตภัณฑ์และชนิดของน้ำ

ปริมาณความชื้นสมดุลของสารนิยามว่า เป็นปริมาณความชื้นที่มีอยู่เมื่อสารมีความดันไอสมดุลกับสิ่งแวดล้อม ในกระบวนการอบแห้งจะเป็นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ อัตราส่วนของความดันไอสมดุลต่อความดันไออิ่มตัวจะเรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์-สมดุล หรือวอเตอร์แอกทิวิตี (water activity :  $a_w$ ) และค่านี้จะสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์นั้น

การกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อาหาร จะมีการถ่ายเทความร้อนและมวลเกิดขึ้นพร้อมกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวของผลิตภัณฑ์ และผิวน้ำบางจุดภายในผลิตภัณฑ์ ขณะที่ให้ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่ง ซึ่งเพียงพอต่อการทำให้น้ำระเหย ไอน้ำที่เกิดขึ้นจะส่งออกจากภายในผลิตภัณฑ์ไปยังผิวหน้าของผลิตภัณฑ์อาหาร ความแตกต่างที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของไอน้ำขึ้นคือ ความดันไอน้ำที่ผิวหน้าเปรียบเทียบกับความดันไอของอากาศที่ผิวผลิตภัณฑ์ การถ่ายเทความร้อนและมวลภายใน

โครงสร้างผลิตภัณฑ์จะเกิดในระดับโมเลกุล โดยที่การถ่ายเทความร้อนจะขึ้นสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโครงสร้างผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทมวล เป็นสัดส่วนกับการแพร่โมเลกุลของไอน้ำในอากาศ

ที่ผิวของผลิตภัณฑ์การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นพร้อมกันและควบคุมด้วยกระบวนการพา การขนถ่ายไอน้ำจากผิวผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศและการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผิวผลิตภัณฑ์ จะขึ้นกับความดันไอที่มีอยู่และความแตกต่างของอุณหภูมิตามลำดับ

จากการวิเคราะห์การถ่ายเทมวลและพลังงาน ระบบการทำแห้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจะต้องรักษาความแตกต่างความดันไอได้สูงสุด และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศและส่วนในของผลิตภัณฑ์ได้สูงสุด (รุ่งนภา, 2540)

### เครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง

การทำผลิตผลทางการเกษตรให้แห้งนั้น เกษตรกรจะใช้วิธีตากแดดและผึ่งลม แต่บางครั้งสภาพอากาศมีความชื้นสูง หรือในฤดูฝนการตากแดด และผึ่งลมจะทำได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับความไม่สะอาดเนื่องจากฝุ่นละอองในขณะตาก และการรบกวนจากสัตว์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องอาศัยเทคโนโลยีในการทำให้แห้ง โดยสร้างเครื่องมือขึ้นใช้สำหรับอบผลิตผลทางการเกษตรให้แห้ง จึงเรียกวิธีการนี้ว่า "การอบแห้ง" และเรียกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยวิธีนี้ว่า "ผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้ง" หลักในการทำอาหารให้แห้ง คือจะต้องไล่ไอน้ำหรือความชื้นที่มีอยู่ในผลิตผลทางการเกษตรออกไปแต่จะยังมีความชื้นเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เล็กน้อยแล้วแต่ชนิดของอาหาร การทำให้อาหารแห้งมีหลายวิธี คือ

1. ใช้กระแสน้ำร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน
2. พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย
3. ให้อาหารขึ้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง
4. กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็ง แล้วกลายเป็นไอน้ำในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง เครื่องมือ คือ เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง
5. ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ

### ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้ง

เครื่องมือที่ใช้ในการอบอาหารจำนวนมากในคราวเดียวกันให้แห้งนั้นมีหลายแบบและ แต่ละแบบก็มีหลายขนาด ดังนั้นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของอาหารที่จะทำการอบและคุณสมบัติที่ต้องการของผลิตภัณฑ์อบแห้ง ซึ่งพอจะยกตัวอย่างเครื่องมือที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายคือ

## 1. ตู้อบหรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์

การทำอาหารให้แห้งในสมัยโบราณมักจะตากแดดซึ่งไม่สามารถควบคุมความร้อนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นสร้างตู้อบ หรือโรงอบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพื่อทำอาหารให้แห้ง ข้อดีสำหรับการใช้ตู้อบที่ใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์นี้ คือ (ก) ได้ผลิตภัณฑ์ที่สวยงาม และสม่ำเสมอ (ข) สะอาดเพราะสามารถควบคุมไม่ให้ฝุ่นละอองหรือแมลงเข้าไปได้ (ค) ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ ทำให้ประหยัดเวลาในการตากได้ประมาณหนึ่งในสาม (ง) ประหยัดพื้นที่ในการตากเพราะในตู้อบสามารถวางถาดที่จะใส่ผลิตภัณฑ์ได้หลายถาดหรือหลายชั้น (จ) ประหยัดแรงงานในการที่ไม่ต้องเก็บอาหารที่กำลังตากเข้าที่ร่มในตอนเย็นและเอาออกตากในตอนเช้าเหมือนสมัยก่อน ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารแห้งลดลง

## 2. เครื่องอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากแหล่งอื่น

ความร้อนที่ใช้กับเครื่องอบประเภทนี้ ส่วนมากจะได้จากกระแสไฟฟ้า หรือก๊าซ ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อใช้ออบอาหารให้แห้งในระบบอุตสาหกรรมมีหลายแบบหลายขนาดโดยใช้หลักการที่แตกต่างกัน เช่น

**2.1 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบตู้หรือถาด** มีลักษณะเป็นตู้ที่บุด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีถาดสำหรับวางอาหารที่จะอบ ความร้อนกระจายภายในตู้โดยแผงที่ช่วยการไหลเวียนของลมร้อนหรือโดยพัดลม เครื่องมือชนิดนี้จะใช้ออบอาหารที่มีปริมาณน้อย หรือสำหรับงานทดลอง

**2.2 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่อง** มีลักษณะคล้ายอุโมงค์ นำอาหารที่ต้องการอบแห้งวางบนสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์ เมื่ออาหารเคลื่อนออกจากอุโมงค์ก็จะแห้งพอดีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของสายพานที่เคลื่อนผ่านลมร้อนในอุโมงค์ ตัวอย่างอาหารเช่น ผักหรือผลไม้อบแห้ง

**2.3 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย** การทำงานของเครื่องอบแบบนี้คือ ของเหลวที่ต้องการทำให้แห้งต้องฉีดพ่นเป็นละอองเข้าไปในตู้ที่มีลมร้อนผ่านเข้ามา เมื่อละอองของอาหารและลมร้อนสัมผัสกันจะทำให้น้ำระเหยออกไป แล้วอนุภาคที่แห้งจะลอยกระจายในกระแสลมเข้าสู่เครื่องแยกเป็นผงละเอียด แล้วนำอาหารผงนั้นบรรจุในภาชนะต่อไปเช่น กาแฟผงสำเร็จรูป ไข่ผง น้ำผลไม้ผง ชุปผง เป็นต้น

**2.4 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง** ประกอบด้วยลูกกลิ้งทำด้วยเหล็กไร้สนิม อาจเป็นแบบลูกกลิ้งคู่ หรือลูกกลิ้งเดี่ยวก็ได้ ภายในมีลักษณะกลวงและทำให้ร้อนด้วยไอน้ำ หรือไฟฟ้า อาหารที่จะทำแห้งต้องมีลักษณะและๆ ป้อนเข้าเครื่องตรงผิวนอกของลูกกลิ้งเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ แผ่นฟิล์มของ

อาหารที่แห้งติดบนผิวหน้าของลูกกลิ้งจะออกโดยใบมีดที่ตัดให้ขนานกับผิวหน้าของลูกกลิ้ง จะได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่เป็นแผ่นบางๆ และกรอบเป็นเกล็ด หรือเป็นผง

**2.5 เครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง** ประกอบด้วยเครื่องที่ทำให้อาหารเย็นจัด แผ่นให้ความร้อน และตู้สุญญากาศ หลักการในการทำแห้งแบบนี้ คือ การไล่น้ำจากอาหารออกไปในสภาพที่น้ำเป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอ หรือที่เรียกว่าเกิดการระเหยขึ้นภายในตู้สุญญากาศ ผลิตภัณฑ์เยือกแข็งจะวางอยู่ในถาด และถาดวางอยู่บนแผ่นให้ความร้อน ถ้าใช้ไมโครเวฟในกระบวนการอบแห้งร่วมกับการทำแห้งแบบเยือกแข็ง จะช่วยลดเวลาของการทำแห้งลงไปถึงหนึ่งในสิบ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุด คือ กาแฟผงสำเร็จรูป

**2.6 ตู้อบแห้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ** ขณะนี้ได้มีการใช้ไมโครเวฟคลื่นความถี่  $13 \times 10^6$  ไซเคิล เพื่อลดความชื้นของผัก เช่น กะหล่ำปลี จากร้อยละ 90-95 เหลือความชื้นเพียงร้อยละ 5-7 เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอบแห้งแบบใช้ลมร้อน จะช่วยลดเวลาเหลือเพียงหนึ่งในห้า ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่าย และผลิตภัณฑ์ที่จะมีคุณภาพดี และมีสีสวย (โครงการสารานุกรมไทย, มปป.)

## ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงถึง 2,450 ล้านรอบต่อวินาที เป็นคลื่นประเภทเดียวกับคลื่นวิทยุ ทีวี แต่มีความถี่สูงกว่า

คลื่นไมโครเวฟจะมีลักษณะเหมือนลำแสงเดินทางเป็นเส้นตรงเมื่อกระทบโลหะจะสะท้อนกลับ แต่สามารถผ่านทะลุอากาศ แก้ว กระดาษและพลาสติกได้ ถูกดูดซับไว้ได้ดีในสารประกอบที่มีสมบัติเป็นไดอิเล็กทริก (dielectric) เมื่อคลื่นไมโครเวฟสะท้อนกลับจะไม่ก่อให้เกิดความร้อนขึ้นกับวัสดุนั้น แต่ถ้าสารใดสามารถดูดซับคลื่นไมโครเวฟไว้ได้จะก่อให้เกิดพลังความร้อนขึ้นภายในสารนั้น โดยเปลี่ยนรูปจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สารใดที่ดูดซับพลังงานไมโครเวฟไว้ได้สูงจะเรียกวสารนั้นว่ามี lossy หรือ lossiness สูง ซึ่งสารประเภทนี้จะทำให้ร้อนได้รวดเร็วเมื่อกระทบคลื่นไมโครเวฟ

**ตาราง 1** แสดงความถี่คลื่นไมโครเวฟ

| ความถี่คลื่น<br>(Hz) | <div><div><div><div><div><div></div><div><math>10^6</math></div></div></div><div><div><div><math>10^{11}</math></div></div></div><div><div><div><math>10^{16}</math></div></div></div><div><div><div><math>10^{24}</math></div></div></div></div></div></div> |                 |               |                                |                                             |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------------|---------------------------------------------|
| ประเภท               | คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า                                                                                                                                                                                                                                            |                 |               | แสง                            | การแผ่รังสี                                 |
| ชนิด                 | คลื่นยาว<br>คลื่นปานกลาง<br>คลื่นสั้น                                                                                                                                                                                                                         | คลื่นอุลตราสั้น | คลื่นไมโครเวฟ | รังสีที่มองเห็น<br>ด้วยตาเปล่า | รังสีเอ็กซ์(X)<br>รังสีวี(V)<br>รังสีคอสมิก |
|                      | วิทยุ                                                                                                                                                                                                                                                         | ทีวี            | เตาไมโครเวฟ   |                                |                                             |

ที่มา : บริษัท กรุงเทพมหานครการไฟฟ้า จำกัด, มปป.

### ลักษณะของคลื่นไมโครเวฟ

1. การดูดซึม (Absorption) โดยทั่วไปอาหารส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำเมื่อคลื่นไมโครเวฟตกกระทบไปยังอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำ ซึ่งอยู่ในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนและเสียดสีกันเป็นความร้อน จึงทำให้อาหารสุก เมื่อคลื่นดูดซึมเข้าไปในอาหารแล้วจะสลายตัวทันที ไม่สะสมในอาหาร จึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

2. การส่งผ่าน (Transmission) คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุผ่านภาชนะประเภทแก้ว กระเบื้อง พลาสติก ไม้ กระดาษ ได้ดี

3. การสะท้อนกลับ (Reflection) คลื่นไมโครเวฟเมื่อตกกระทบภาชนะที่ทำด้วยโลหะจะสะท้อนกลับทันที ดังนั้นหากปรุงอาหารในภาชนะโลหะ อาหารจะไม่สุกจึงไม่ควรนำภาชนะโลหะเข้าเตาไมโครเวฟ (บริษัท กรุงเทพมหานครการไฟฟ้า จำกัด, มปป.)

### การเกิดความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ

เมื่อคลื่นไมโครเวฟถูกดูดซับเข้าสู่อาหารจะเกิดความร้อนได้ในสองแบบร่วมกันซึ่ง ได้แก่

1. Ionic Polarization เป็นการเกิดความร้อนเนื่องจากผลของการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลายเมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า แต่ละไอออนซึ่งมีประจุไฟฟ้าประจำตัวจะถูกกระตุ้นและเร่งให้มีการเคลื่อนที่ซึ่งทำให้เกิดการเสียดสีกันขึ้นกับไอออนอื่นๆ และมีการเปลี่ยนพลังงานจลน์ มาเป็นพลังงานความร้อนแล้วจึงกระจายความร้อนไปสู่ส่วนอื่นๆ ต่อไป การเกิดความร้อนแบบนี้เกิดได้ในของเหลวภายในเซลล์ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย

2. Dipole Rotation เป็นการเกิดความร้อนกับสารประกอบมีขั้ว (polar) ได้แก่ น้ำ ในสภาพปกติสารประกอบนั้นจะเรียงตัวประจุบวกและลบอย่างไม่มีระเบียบ (random oriented) เมื่อเข้าไปอยู่ในสนามไฟฟ้า ประจุบวกและประจุลบของสารนั้นจะเคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางเพื่อเรียงตัวอย่างมี

ระเบียนการเคลื่อนที่ด้วยการหมุนตัวกลับไปกลับมาจะเกิดอย่างรวดเร็วตามระดับความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งผลของความถี่ในการหมุนตัวและการเสียดสีกันทำให้เกิดความร้อนขึ้นและเป็นลักษณะการเกิดความร้อนที่สำคัญ

ความร้อนที่เกิดจากทั้งสองรูปแบบดังกล่าวที่จุดซึ่งอาหารสัมผัสกับไมโครเวฟแล้วจึงค่อยกระจายตัวออกไปยังส่วนอื่นเนื่องจากผลของการเดือดของน้ำโดยการนำความร้อนด้วยและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการเกิดความร้อนจากสาเหตุต่างๆ ดังกล่าวนี้นำให้เกิดได้อย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีการหุงต้มโดยความร้อนแบบดั้งเดิม (ศิริรัตน์, 2548)

### กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยไมโครเวฟ

อาหารที่จะทำให้ปลอดเชื้อด้วยไมโครเวฟ ต้องมีปริมาณพอเหมาะไม่มากเกินไป เพื่อให้ได้รับคลื่นไมโครเวฟอย่างทั่วถึง ผลของไมโครเวฟต่อการทำลายจุลินทรีย์นั้นขึ้นกับปัจจัยภายใน ซึ่งเป็นสภาวะภายในอาหารอันได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ สารอาหาร สารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โครงสร้างทางชีวภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารขนาดรูปร่างของชิ้นอาหาร นอกจากนี้ยังขึ้นกับปัจจัยภายนอกคือ สภาพแวดล้อมภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นอากาศ แก๊สในบรรยากาศ ความถี่ และระดับความเข้มของคลื่นไมโครเวฟ เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน ตำแหน่งของอาหารภายในเตา (วัชรินทร์, 2531)

### การทำงานของเตาไมโครเวฟ

สิ่งสำคัญของเตาไมโครเวฟคือตัวแมกนีตรอน เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นไมโครเวฟซึ่งมีความถี่สูงถึง 2,450 ล้านรอบต่อวินาที จะพุ่งเข้าสู่อาหารทุกทิศทางจากรอบผนังเตาด้านในแล้วแผ่กระจายไปสู่อาหาร เมื่อคลื่นไปกระทบอาหารทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนและเสียดสีกันเป็นความร้อน จึงทำให้อาหารสุกอย่างรวดเร็ว ฉะนั้นไมโครเวฟจึงเป็นคลื่นไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟจะมีการสลายตัวไม่กระจายและไม่สะสมในร่างกายจึงไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (บริษัท กรุงไทยการไฟฟ้า จำกัด, มปป.)

คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) ที่ใช้ปรุงอาหารคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนคลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ คลื่นแสงอินฟราเรด คลื่นแสงธรรมดา แสงอัลตราไวโอเลต คลื่นรังสีเอ็กซ์ และคลื่นรังสีแกมมา คลื่นไมโครเวฟที่ใช้ในการปรุงอาหารไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ เพราะคลื่นจะสลายตัวไปไม่สะสมในอาหาร เมื่อกินอาหารที่ทำให้สุกด้วยไมโครเวฟจึงไม่เกิดอันตราย

ข้อแนะนำทั่วไปสำหรับการใช้ไมโครเวฟที่ถูกต้องและปลอดภัย ข้อแรกต้องเลือกภาชนะที่ใช้กับเตาไมโครเวฟให้เหมาะสม เช่น ขามแก้วทนไฟ ขามกระเบื้อง พลาสติกทนความร้อน จานกระดาษ ห้ามใช้ภาชนะโลหะทุกชนิด เพราะเตาไมโครเวฟไม่ทะลุผ่านโลหะแต่จะถูกโลหะสะท้อนออกไป ใช้ภาชนะกระเบื้องที่มีขอบสีเงินขอบสีทองไม่ได้ ภาชนะไม้ก็ไม่เหมาะสม เพราะในเนื้อไม้มีความชื้นอยู่ เมื่อร้อนขึ้นก็จะทำให้ไม้แตกได้ ควรใช้ฝาชีพลาสติกทนความร้อนครอบอาหาร (ใน

ลักษณะไม่ต้องปิดฝาแน่น) ไม่ควรนำอาหารที่มีไขมันหรือมีเปลือกแข็งเข้าไปทำให้สุกในตู้ เพราะความร้อนทำให้อากาศภายในอาหารขยายตัว ประกอบกับไอน้ำที่เกิดขึ้นมีแรงดันสูง จะทำให้เกิดระเบิดได้ ควรใช้ส้อมจิ้มอาหารหรือเปลือกอาหารให้เป็นรูก่อน เพื่อป้องกันการปะทุที่เกิดจากความร้อนภายในอาหารขยายตัว (หนังสือพิมพ์มติชน, 2546)

### ภาชนะที่ใช้กับเตาไมโครเวฟ

ภาชนะบรรจุอาหารที่ใช้กับเตาไมโครเวฟ ควรเป็นภาชนะที่มีสมบัติไม่ดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟเพราะถ้าภาชนะบรรจุอาหารสามารถดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟจะทำให้อาหารสุกช้าเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและภาชนะควรสามารถทนต่อความร้อนและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี ภาชนะที่ทำด้วยโลหะไม่เหมาะที่ใช้กับเตาไมโครเวฟเพราะทำให้คลื่นไมโครเวฟเกิดการสะท้อนกลับทำให้แมกนีตรอนเสื่อมเร็วอาจทำให้อายุการใช้งานของเตาไมโครเวฟสั้นลง ภาชนะที่ใช้กับไมโครเวฟอาจแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ดังนี้คือ

1. **ภาชนะที่ทำด้วยกระดาษ** ซึ่งรวมถึงกระดาษที่เคลือบแว็กซ์หรือเคลือบพลาสติก เช่น polymethylpentene polyester polyethylene ฯลฯ ภาชนะประเภทนี้มักใช้กับอาหารสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน เป็นภาชนะที่มีราคาถูก โดยปกติแล้วนิยมใช้เป็นภาชนะที่ใช้แล้วทิ้ง สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย แต่สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ กระดาษที่มีการพิมพ์ตัวอักษรบนกระดาษ เมื่อภาชนะได้รับความร้อนอาจทำให้สาร ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในหมึกพิมพ์ระเหยออกมาปนเปื้อนในอาหารได้ เช่น ตัวทำละลายบางชนิดที่เป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์ รวมถึงสารที่เป็นโลหะหนักบางชนิดที่เป็นสารทำให้เกิดสีในน้ำหมึกโดยเฉพาะการใช้กับอาหารที่มีไขมันสูง ดังนั้นจึง ควรเลือกใช้กระดาษที่ไม่ควรมีสีหรือตัวพิมพ์มากนัก

2. **ภาชนะที่ทำด้วยพลาสติก** ซึ่งภาชนะที่ทำด้วยพลาสติกที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมีอยู่ด้วยกันหลากหลายทั้งชนิดและคุณภาพ ภาชนะพลาสติกบรรจุอาหารที่ใช้กันกับเตาไมโครเวฟมีทั้งที่เป็น polysulfone polyester polyphenyleneoxide polycarbonate polypropylene polymethylpentene polystyrene butadiene styrene เป็นต้น ซึ่งภาชนะเหล่านี้มีสมบัติแตกต่างกันไปตามประเภทของพลาสติก ภาชนะที่ทำด้วย polyethylene หากนำมาใช้ที่อุณหภูมิสูงถึง 77 องศาเซลเซียส อาจทำให้พลาสติกเปราะหรือมีรูปร่างบิดไปได้ ภาชนะที่ทำด้วย butadiene styrene จะทนอุณหภูมิได้ ไม่เกิน 84-104 องศาเซลเซียส. ภาชนะประเภท polysulfone สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 204 องศาเซลเซียส. โดยไม่เกิดการบิดเบี้ยวสามารถล้างและนำกลับมาใช้ได้ใหม่โดยไม่มีกลิ่นอาหาร ตกค้าง ภาชนะที่ทำด้วย polycarbonate สามารถทนอุณหภูมิได้ไม่เกิน 121 องศาเซลเซียส โดยไม่เกิดการบิดเบี้ยวสามารถล้างและนำกลับมาใช้ได้ใหม่ได้เช่นกัน ในขณะที่ภาชนะประเภท polyester polymethylpentene ทำความสะอาดยากกว่า เป็นรอยขีดข่วนง่ายและมีข้อจำกัดในบางรูปร่าง เช่น ภาชนะที่มีรูปร่างกลม ปากกว้าง จะดีกว่าภาชนะที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมีมุมที่จะรับคลื่นไมโครเวฟได้



น้อย ในปัจจุบันมีงานวิจัยหลายๆ ชิ้น รายงานออกมาว่าสารที่เป็นตัวเติม (additive) ในพลาสติกเพื่อเพิ่มคุณสมบัติความคงทนของพลาสติกเมื่อได้รับความร้อนจะระเหยออกมาปนเปื้อนในอาหารได้ และสารเหล่านี้บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็งหรือก่อให้เกิดความผิดปกติอื่นๆ ในร่างกาย

**3. ภาชนะที่ทำด้วยแก้ว** เป็นภาชนะที่สามารถใช้กับเตาไมโครเวฟได้อย่างปลอดภัยมากที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าแก้วเป็นสารอนินทรีย์ที่มีองค์ประกอบหลักคือ ททราย ซึ่งเป็นสารประกอบพวกซิลิเกต (silicate) แล้วผ่านกระบวนการหลอมที่อุณหภูมิสูง ทำให้แก้วเป็นภาชนะที่ไม่มีรูพรุน โปร่งใสจึงไม่ดูดซับน้ำ สารอาหาร และกลิ่นไมโครเวฟ ภาชนะแก้วที่มีคุณภาพดีๆ สามารถบรรจุอาหารแช่เย็นแล้วนำไปใช้กับเตาไมโครเวฟได้เลย ถ้าเป็นภาชนะแก้วที่มีฝาปิดก็สามารถทนต่อความดันที่เกิดขึ้นเมื่ออาหารถูกทำให้ร้อนโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ภาชนะ อาหารและเตา นอกจากภาชนะแก้วธรรมดาแล้ว ยังมีภาชนะแก้วอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า แก้วเซรามิก (glass - ceramic) ซึ่งเป็นการผสมผสานกันระหว่างแก้วและเซรามิก มีกรรมวิธีการผลิตคล้ายแก้วแต่มีขั้นตอนที่ยู้งยากกว่า จึงมีราคาแพงกว่า แต่มีความแข็งแรงทนทานมากกว่าแก้วธรรมดา นอกจากแตกยากแล้วยังทน ความร้อนได้ดีสามารถใช้กับเตาไฟโดยตรงได้ ตัวอย่างของภาชนะประเภทนี้ เช่น Corningware แต่ภาชนะแก้วก็ยังมีข้อจำกัดอยู่คือต้องไม่ตากแดดหรือลวกด้วยสีย้อมหรือเงิน

**4. ภาชนะที่ทำด้วยเซรามิก** เป็นภาชนะที่ใช้กับเตาไมโครเวฟได้ดีและปลอดภัย แต่คุณภาพของภาชนะเซรามิกที่ใช้กับเตาไมโครเวฟจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเภทของภาชนะ ซึ่งแบ่งออกเป็นประเภทเอิร์ทเทนแวร์ (earthenware) สโตนแวร์ (stoneware) พอร์ซเลน (porcelain) โบนไชน่า (bone china) ภาชนะแต่ละประเภทจะผ่านกระบวนการเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน มีความพรุนตัว และค่าการดูดซับน้ำมากกว่าประเภทอื่นๆ ในขณะที่ภาชนะพอร์ซเลนและโบนไชน่าไม่มีความพรุนตัว การใช้ภาชนะเซรามิกที่มีการดูดซับน้ำและความพรุนตัวสูง น้ำที่ภาชนะดูดซับเอาไว้จะดูดกลิ่น กลิ่นไมโครเวฟด้วย เมื่อเกิดความร้อนน้ำจะขยายตัว ซึ่งทำให้ภาชนะมีความ แข็งแรงลดลงและทำให้ต้องใช้เวลาและพลังงานเพิ่มมากขึ้นในการปรุงอาหาร ภาชนะเหล่านี้ไม่ควรนำมาใช้กับเตาไมโครเวฟ เพราะโลหะจะสะท้อนคลื่นไมโครเวฟกลับไปทำให้แมกนีตรอนเสื่อมคุณภาพ อายุการใช้งานของเตาจะน้อยลง ข้อควรระวังอีกอย่างหนึ่งคือภาชนะที่ตกแต่งลวดลายบนเคลือบด้วยสีฉูดฉาด เช่น สีแดง เหลือง ส้ม ฟ้ำ ฯลฯ สังเกตได้โดยการใช้มือลูบบนผิวภาชนะแล้วรู้สึกว่ามีผงไม่เรียบ ภาชนะเหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีโลหะหนักคือตะกั่ว และแคดเมียมละลายออกมาปะปนกับอาหารได้ง่าย ดังนั้นถ้าใช้ภาชนะเหล่านี้กับเตาไมโครเวฟ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากอาหาร จะทำให้โลหะหนักละลายออกมาจากผิวภาชนะได้มากยิ่งขึ้น

จากภาชนะประเภทต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น ภาชนะที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ ภาชนะแก้ว เซรามิก รองลงมาคือภาชนะพลาสติก การเลือกใช้ภาชนะสำหรับเตาไมโครเวฟปัจจัยที่ควรพิจารณาอีกประการ คือประเภทของการประกอบอาหารและอุณหภูมิที่ต้องใช้ ถ้าการประกอบอาหารที่ต้องใช้

อุณหภูมิสูงก็ควรหลีกเลี่ยงภาชนะพลาสติก การเลือกใช้ภาชนะสำหรับเตาไมโครเวฟ ปัจจัยที่ควรพิจารณาอีกประการคือ ประเภทของการประกอบอาหารและอุณหภูมิที่ต้องใช้ถ้าการประกอบอาหารที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงควรหลีกเลี่ยงภาชนะพลาสติกที่ทนความร้อนไม่สูง นอกจากนี้ยังมีวิธีการทดสอบง่ายๆ ที่ใช้ทดสอบว่าภาชนะใดเหมาะกับเตาไมโครเวฟหรือไม่ทำได้โดยการวางภาชนะเปล่าในเตาไมโครเวฟและใช้แก้วที่มีน้ำอยู่ประมาณ 250 มิลลิลิตร วางใกล้ๆ ภาชนะเปล่า เปิดเตาไมโครเวฟที่ความร้อนสูงสุดประมาณ 1 นาที ตรวจสอบภาชนะและน้ำในแก้ว ถ้าภาชนะเปล่าร้อนขึ้นในขณะที่น้ำในแก้วอุ่นๆ แสดงว่าภาชนะนั้นดูดกลืนคลื่นไมโครเวฟด้วย ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับเตาไมโครเวฟ ภาชนะที่ใช้กับเตาไมโครเวฟได้ดีเมื่อทดสอบไม่ควรร้อน ในขณะที่น้ำในแก้วร้อน (สุจินต์, 2548)

A. Altan และ M. Maskan ศึกษาการทำแห้งผักกะโรนีด้วยไมโครเวฟโดยทำการศึกษาคูณสมบัติในกระบวนการผลิตและคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของผักกะโรนีพบว่าตัวอย่างผลิตภัณฑ์อบแห้งเกิดโปรตีนเสียสภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อระดับความร้อนของไมโครเวฟสูงขึ้นโดยเมื่อระดับความร้อนของไมโครเวฟสูงขึ้น คุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะเนื้อสัมผัสของผักกะโรนีอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนร่วมกับไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 210 วัตต์ มีผลเท่ากับหรือดีกว่าการทำแห้งโดยใช้อากาศร้อน ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการทำแห้งโดยใช้อากาศร้อนร่วมกับไมโครเวฟมีผลดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมีความแน่นเพิ่มขึ้น และการทำแห้งโดยใช้อากาศร้อนร่วมกับไมโครเวฟช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้ง และส่งเสริมให้คุณสมบัติทางกายภาพ ลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณสมบัติการต้มของผักกะโรนีดีขึ้น

### บรรจุภัณฑ์

การพัฒนาการบรรจุสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเป็นสิ่งจำเป็นมาก ทั้งกับผลิตภัณฑ์ใหม่และผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วแต่ต้องการพัฒนาการบรรจุ ปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาก่อนตัดสินใจเลือกวิธีการบรรจุและภาชนะบรรจุที่เหมาะสมประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ การขนส่งและการกระจายสินค้า (ผลิตภัณฑ์) และการตลาด

การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใดก็ตามจะต้องมีการศึกษาคูณลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์นั้นๆ อย่างละเอียด เช่น องค์ประกอบ กระบวนการผลิตหรือแปรรูป สถานะทางกายภาพ (ของแข็ง ของเหลว ก๊าซหรือของผสม) ขนาด รูปร่าง น้ำหนัก ความหนาแน่น ความไวต่อความชื้นหรืออุณหภูมิ ความกรอบเปราะ ความยืดหยุ่น เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวนี้จะทำให้สามารถทราบสาเหตุ และกลไกการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดความต้องการทางการบรรจุของผลิตภัณฑ์ (packaging requirements) (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริหารสำนักพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2547)

### ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1. **ก๊าซออกซิเจน** ก๊าซออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ที่มีในอาหาร เช่น ไขมัน โปรตีน และวิตามิน เป็นต้น ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลงและหรือทำให้สีซีดจางลง การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเหล่านี้จะต้องกำจัดก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุออกไป และเลือกวัสดุบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้ดี

2. **ความชื้น** ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์สดและผลิตภัณฑ์แปรรูป ความชื้นมีผลต่อเนื้อสัมผัส เช่น ความนุ่ม ความเหนียว ความกรอบ เป็นต้น ความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ซึ่งทำให้อาหารเน่าเสียได้ ความชื้นมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชัน ของไขมันทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน ความชื้นมีผลต่อปฏิกิริยาที่เกิดจากการกระทำของเอนไซม์ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นสูง เช่น ผักและผลไม้สด เนื้อสัตว์ และปลา จะสูญเสียความชื้นได้ง่ายระหว่างเก็บรักษา ทำให้คุณภาพต่ำลง เช่น สลัดน้ำแข็ง เนื้อแห้งเหนียวหรือเหี่ยวเฉา การบรรจุผลิตภัณฑ์เหล่านี้จำเป็นต้องเลือกวัสดุบรรจุที่ยอมให้อากาศซึมผ่านได้อย่างช้าๆ แต่ไม่ควรป้องกันไอน้ำได้เต็มที่เพราะอาจทำให้เกิดหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุได้ ซึ่งจะทำให้การเสื่อมเสียคุณภาพเกิดได้เร็วยิ่งขึ้น

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ เช่น นมผง ข้าวเกรียบทอด กุ้งแห้ง ขนมปังกรอบ จะสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่าย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น นมผงจับเป็นก้อนละลายน้ำได้ยากขึ้น และอาจมีกลิ่นเหม็นหืนด้วย ข้าวเกรียบทอดและขนมปังกรอบเนื้อเหนียวและอาจเหม็นหืนด้วย กุ้งแห้งมีราขึ้นหรือมีกลิ่นแอมโมเนีย เป็นต้น การบรรจุผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะต้องเลือกวัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี

3. **แสง** แสงสามารถกระตุ้นให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีในอาหารสูงขึ้น ที่สำคัญคือปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของเอนไซม์ ทำให้คุณภาพของอาหารด้อยลง ซึ่งบางครั้งสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น การเกิดกลิ่น รสผิดปกติของเบียร์ สีของซอสมะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เป็นต้น บางกรณีผลกระทบของแสงไม่สามารถสังเกตได้ เช่น การสูญเสียวิตามินบี 2 หรือไรโบฟลาวิน (riboflavin) ของนมพร่องมันเนย การบรรจุผลิตภัณฑ์เหล่านี้จำเป็นต้องใช้วัสดุบรรจุที่สามารถกรองหรือป้องกันแสงได้ดี เบียร์นิยมบรรจุขวดสีชาหรือสีเขียว หรือกระป๋องโลหะ ซอสมะเขือเทศเริ่มใช้ขวดพลาสติกทึบแสงแทนขวดแก้ว นมพร่องมันเนยควรใช้ถุงพลาสติกทึบแสงแทนพลาสติกใส

4. **ความร้อน** ผลิตภัณฑ์อาหารจะเสื่อมเสียคุณภาพเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอาหารสูงขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีในอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีขึ้นทำให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น แม้ว่าการบรรจุได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการควบคุมอุณหภูมิของอาหาร การใช้ภาชนะบรรจุที่มีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีจะสามารถช่วยชะลอการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกมาสู่อาหารได้ ซึ่งมีความสำคัญมากในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารสด อาหารแช่เย็นและอาหารแช่เยือกแข็ง

5. **จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ** จุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และรา เป็นสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียและหรือเป็นพิษของอาหาร ชนิดของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของอาหารและสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสง เป็นต้น) และความสะอาดในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารที่เน่าเสียได้ง่ายจากการกระทำของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะมีความชื้นสูงหรือมีค่า  $a_w$  ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ในกรณีอาหารแห้ง เช่น เมล็ดธัญชาติ ถั่วชนิดต่างๆ ผักและผลไม้ตากแห้ง มักจะประสบปัญหาการถูกทำลายจากแมลง หนู และสัตว์ การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเหล่านี้จะต้องเลือกวัสดุบรรจุที่สามารถป้องกันปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และป้องกันแมลงและสัตว์ได้

#### 6. แรงกระทำจากภายนอก

6.1 แรงกระแทกในแนวดิ่ง ส่วนใหญ่เกิดจากสินค้าตกลงพื้นขณะขนขึ้นหรือลงจากยานพาหนะ สินค้าตกจากกองขณะเคลื่อนย้าย สินค้ากระแทกกันขณะขนพาหนะวิ่งบนทางขรุขระหรือขณะเครื่องบินลงจอดหรือจากการโยนของคนงาน

6.2 แรงกระแทกในแนวราบ เกิดขึ้นขณะตัดต่อตู้รถไฟ การหยุดขนพาหนะอย่างกะทันหัน การหยุดสายพานลำเลียงสินค้าอย่างกะทันหัน หรือเกิดจากการโยน

6.3 แรงกด เกิดจากน้ำหนักของสินค้าที่เรียงซ้อนกัน คนงานขึ้นไปเหยียบบนภาชนะบรรจุหรือกองสินค้า การรัดเชือกแน่นเกินไป หรือเกิดจากถุงตาข่ายรัดแน่นเกินไป

6.4 แรงสั่นสะเทือน เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ในยานพาหนะหรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต แรงสั่นสะเทือนนี้จะส่งต่อไปให้ผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการแตกหักหรือเสียหาย ทำให้สินค้าชั้นบนลื่นตกจากกอง หรือทำให้สินค้าเสียดสีกันจนเกิดความเสียหาย

#### พลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์และมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท ปริมาณการผลิตและการใช้งานของพลาสติกจะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี เนื่องจากข้อดีหลายประการของพลาสติก

## พลาสติกที่นิยมใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร

### 1. พอลิเอทิลีน (Polyethylene หรือ PE)

PE เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมบรรจุ เนื่องจากผลิตได้ง่ายและราคาเหมาะสม โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 3 ประเภทตามค่าความหนาแน่น

1.1 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene หรือ LDPE)

1.2 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Polyethylene หรือ MDPE)

1.3 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene หรือ HDPE)

ค่าความหนาแน่นนี้จะมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติของ PE ที่สำคัญคือเมื่อความหนาแน่นของ PE เพิ่มขึ้นจะทำให้ความเสถียรลดลง ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ความทนทานต่อความร้อนสูงขึ้น ความต้านทานต่อการซึมผ่านของก๊าซเพิ่มขึ้นด้วย

LDPE เป็นพลาสติกที่นำมาใช้งานมากที่สุดในอุตสาหกรรมบรรจุ ทั้งในรูปวัสดุอ่อนตัว และภาชนะบรรจุคงรูป สมบัติทั่วไปของ LDPE เหนียว โปร่งใส ทนทานต่อแรงดึงขาดได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำได้ดี แต่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซไม่ดี ทนทานต่อไขมันต่ำ ไม่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ แต่ทนทานอุณหภูมิต่ำได้ดี LDPE นิยมใช้ในรูปของฟิล์ม ถุง หรือใช้เคลือบกระดาษ แผ่นพลาสติก ฟิล์มยืด หรือพลาสติก ใช้ผลิตขวดพลาสติก (เช่น ขวดบรรจุน้ำดื่มชนิดขวานุ่น) และฝาชนิดต่างๆ LDPE ไม่ควรใช้บรรจุอาหารร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ LDPE ยังไม่เหมาะสมกับการบรรจุอาหารที่มีไขมันมาก เนื่องจากไขมันจะซึมผ่านพลาสติกนี้ออกมาได้ ถุง LDPE เหมาะสำหรับการบรรจุอาหารที่แช่แข็งมาก เนื่องจาก LDPE ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีมาก

LLDPE หรือ Linear Low Density Polyethylene สมบัติทั่วไปจะคล้าย LDPE มากแต่เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลคล้ายคลึงกับ HDPE จึงมีสมบัติหลายประการที่ดีกว่า LDPE ได้แก่ ความทนทานต่อสารเคมี ความแข็งแรง และความมันวาวของฟิล์ม นิยมใช้แทน LDPE เมื่อต้องการความแข็งแรงมาก

HDPE โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงสูงกว่า LDPE ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดีกว่า ทนทานต่อไขมันได้ดีกว่า ทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าและสามารถใช้บรรจุอาหารร้อนได้ การปิดผนึกด้วยความร้อนทำได้ยาก ฟิล์ม HDPE มักจะขาวขุ่น นิยมใช้ทำถุงร้อนที่มีลักษณะขาวขุ่น ขวดน้ำ ขวดนมพาสเจอร์ไรส์ เป็นต้น

### 2. พอลิโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP)

PP มีโครงสร้างทางโมเลกุลคล้ายคลึงกับ PE ทำให้มีสมบัติหลายประการใกล้เคียงกัน PP เป็นพลาสติกที่นิยมใช้มากอีกชนิดหนึ่ง มีความแข็งแรงกว่า PE และความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และไขมันดีกว่า PE ทนทานความร้อนได้สูงถึง 100 องศาเซลเซียส PP มี

ความใสดีมาก จึงนิยมใช้ผลิตฟิล์มสำหรับห่ออาหาร ถุงบรรจุอาหารร้อน (ชนิดใส) ขวด ถาด กระปุก ถุงแก้วที่นิยมใช้บรรจุอาหารชุมชนทั่วไป นอกจากนี้ฟิล์ม OPP (oriented polypropylene) ซึ่งเป็น PP ที่ผ่านกระบวนการผลิตเฉพาะ จะมีความใสและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และเป็นวัสดุสำหรับการพิมพ์ที่ดี จึงนิยมให้เป็นวัสดุหลักของการทำซองบรรจุอาหารแห้ง ขนมขบเคี้ยว และใช้เป็นฟิล์มหดรัดได้ด้วย PP ไม่เหมาะที่จะใช้บรรจุอาหารแช่เย็น (อุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส) หรือแช่แข็ง เพราะจะกรอบเปราะและเป็นสีขาวขุ่น

### 3. พอลิสไตรีน (Polystyrene หรือ PS)

เป็นพลาสติกที่มีความใสมาก กรอบเปราะ ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ง่าย ทนความร้อนไม่ดี ไม่เหมาะกับการบรรจุอาหารที่มีไขมัน นิยมใช้ในรูปของภาชนะคงรูปและกึ่งคงรูปมาก เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่ายและออกแบบให้มีลวดลายสวยงามได้ รูปแบบภาชนะบรรจุที่พบมาก ได้แก่ ถ้วยหรือแก้วใสประเภทใช้ครั้งเดียวทิ้ง นิยมใช้ใส่เครื่องดื่มเย็น กระปุกใส ถาดใส ถาดอาหารขนาดเล็กๆ ถาดหลุมใส่ขนมหรือคุกกี้ เป็นต้น ฟิล์ม PS ใช้ห่อผักสด ดอกไม้สด และขนมเปียะ สำหรับฟิล์ม OPS (oriented polystyrene) จะมีความใสและแข็งแรงกว่าฟิล์ม PS ธรรมดา นิยมใช้เป็นแผ่นปิดช่องหน้าต่างของกล่องกระดาษและฟิล์มหดรัดสำหรับห่อสินค้าหรือรวบรวมสินค้าหลายชิ้นไว้ด้วยกัน

### 4. พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride หรือ PVC)

PVC นิยมใช้ในการบรรจุอาหารทั้งรูปแบบภาชนะคงรูปและภาชนะอ่อนตัว คุณสมบัติเด่นของ PVC คือ ความใสและสามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมันได้ดีมาก PVC สลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงและให้สาร VCM (vinyl chloride monomer) ออกมา สารนี้เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้หลายประเทศไม่ยอมรับการใช้ PVC บรรจุอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าอาหารที่บรรจุในภาชนะ PVC จะมีสารพวกพลาสติกไฮเซอรเข้าปะปนเปื้อนในปริมาณที่สูง การที่มีสารพวกนี้สะสมในร่างกายอาจทำให้เกิดความผิดปกติได้

### 5. พอลิไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidene chloride, PVDC)

PVDC มีคุณสมบัติเด่นมากด้านการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และกลิ่น นิยมใช้มากในการบรรจุอาหารที่ต้องการป้องกันการการซึมผ่านก๊าซ ไอน้ำ หรือกลิ่น โดยนิยมใช้เป็นชั้นเคลือบวัสดุอื่นๆ ที่ต้องการเพิ่มการป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ และกลิ่น เช่น กระดาษ cellophane ฟิล์มพลาสติก หรือภาชนะพลาสติก

### 6. พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลท (Polyethylene Terephthalate หรือ PET)

PET เป็นพลาสติกอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้มากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ปานกลาง ด้านทานการซึมผ่านของไขมันได้ดี

มีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อความร้อนสูงได้ดี เหมาะสมกับอาหารที่ต้องการเก็บรักษาเป็นเวลานาน PET ที่ใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารมีทั้งในรูปของฟิล์ม ขวด และถาดอาหาร PET นิยมใช้เป็นวัสดุลามิเนตเช่น PET/PE, PET/AL/PE ใช้ผลิตถุงหรือซองบรรจุอาหารที่ไวต่อความชื้นและก๊าซออกซิเจน อาหารที่ต้องบรรจุภายใต้สุญญากาศหรือภายใต้บรรยากาศพิเศษ เช่นนมผง กาแฟ เครื่องเทศผง ขนมอบกรอบ ขนมอบเคี้ยว ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลไม้แห้ง อาหารทอดกรอบ เป็นต้น เนื่องจาก PET สามารถทดแทนอุณหภูมิสูงได้ดีจึงนิยมใช้บรรจุอาหารที่ปรุงสุกหรืออุ่นภายในถุงได้ (เรียกถุงประเภทนี้ว่า boil-in-bag) เช่นซูชิโรล อาหารสำเร็จรูปชนิดต่างๆ เป็นต้น

#### 7. ไนลอน (Nylon หรือ Polyamide)

Nylon เป็นพลาสติกอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคุณสมบัติด้านความแข็งแรง ทนทานต่อความร้อนสูง ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ กลิ่นและไขมันได้ดี ไนลอนดูดซับความชื้นได้ง่ายและทำให้คุณสมบัติด้านการบรรจุลดลง แต่เมื่อนำไปทำให้แห้งก็จะกลับมามีคุณสมบัติเหมือนเดิม การใช้งานของฟิล์มไนลอนคล้ายกับฟิล์ม PET และต้องประกบติดกับชั้นของ PE เพื่อให้ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ เช่น ใช้ทำถุงบรรจุอาหารภายใต้สุญญากาศ (ได้แก่ ใส์กรอก แสม เบคอน กาแฟ เครื่องดื่มชนิดผงสำเร็จรูป ผลไม้แห้ง อาหารแช่แข็ง เป็นต้น) ถุงบรรจุอาหารที่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งเป็นถุงที่ใช้แทนกระป๋องโลหะได้ เรียกถุงชนิดนี้ว่า retort pouch และใช้ทำ boil-in-bag เช่นกัน นอกจากนี้ไนลอนยังนิยมใช้ผลิตถาดบรรจุอาหาร ลักษณะการใช้งานคล้ายถาด PET

#### 8. เซลโลเฟน (Cellophane)

คนไทยนิยมเรียกเซลโลเฟนว่ากระดาษแก้ว ผลิตเซลลูโลสบริสุทธิ์แม้จะไม่ใช่พลาสติกสังเคราะห์ดังเช่นที่กล่าวมาข้างต้น แต่การใช้งานคล้ายคลึงฟิล์มพลาสติกมากจึงนำมากล่าวไว้รวมกัน

เซลโลเฟน มีความใสมาก ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดีมากขณะแห้ง ทนทานต่อไขมันได้ดีมากขณะแห้ง แต่ไวต่อความชื้น ดูดซับน้ำได้ดีและทำให้ความแข็งแรงลดลงปิดผนึกด้วยความร้อนไม่ได้ เซลโลเฟนที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมักจะต้องผ่านการเคลือบมาก่อน อาจจะเคลือบด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน เพื่อเพิ่มความต้านทานต่อความชื้น ทำให้เซลโลเฟนที่ขายในท้องตลาดมีหลายคุณภาพ การใช้งาน เช่น ใช้ห่อผลไม้กวน ขนมอบ ลูกกวาด ช็อกโกแลต ซองขนมอบกรอบ เป็นต้น (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริหาร สำนักพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์, 2547)

## น้ำมันทอดซ้ำ

น้ำมันทอดซ้ำเกิดสารพิษได้เป็นสาร 2 กลุ่มใหญ่หรืออาจมีมากกว่านั้น หนึ่งคือ อนุมูล-อิสระ สองคือ ไดออกซิน

**อนุมูลอิสระ** ค้นพบมาตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 สารนี้เกิดขึ้นได้ทั้งภายนอกร่างกายและภายในร่างกาย แบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่

Singlet oxygen คือออกซิเจนอะตอมเดี่ยวและโอโซน เกิดขึ้นจากฟ้าแลบฟ้าผ่า และจากเครื่องยนต์ที่เผาไหม้ คนในเมืองใหญ่ป่วยตายด้วยมะเร็งมากขึ้นก็เพราะรับอนุมูลอิสระจากไอรอนยนต์นี้เอง

Hydroxyl radicals เป็นอนุมูลอิสระที่ฤทธิ์แรงสุด เกิดนอกร่างกาย ได้แก่ การหื่นของน้ำมัน การทอดอาหารซ้ำๆ ตั้งแต่ฟาสต์ฟู้ดธุรกิจ ปาท่องโก๋ กล้วยแขก รวมถึงขนมกรุบกรอบ บะหมี่ซอง ซึ่งเครื่องจักรหนึ่งๆ ทอดบะหมี่ซองได้ 50,000 ซองต่อวัน ไฮดรอกซิลยังเกิดในร่างกายด้วยถ้าเกิดเซลล์ร่างกายเสื่อม เกิดโรคหลายชนิดรวมทั้งมะเร็ง แต่สารนี้ก็มีประโยชน์ในบางกรณี คือ เซลล์เม็ดเลือดขาวสร้างขึ้นเองใช้เป็นอาวุธทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมต่างๆ

Superoxide anion radicals เป็นผลพวงจากกระบวนการเบื้องต้นแรกที่เซลล์สร้าง พลังงานเกิดอนุมูลอิสระเป็นสารเสียอยู่ในตัวเอง การกินอาหารมากเกินไป ความเครียด การออกกำลังกายจัดๆ ร่างกายเผาผลาญมากจึงเสื่อมเร็ว แม้แต่การทำงานของตับที่สลายสารเคมีตกค้างภายในตัวเอง ก็เกิดอนุมูลอิสระชนิดนี้ ผู้รักสุขภาพจึงต้องหลีกเลี่ยงสารเคมีที่จะเข้าตัว แม้ว่าจะเป็นสีย้อมอาหาร สารกันบูด ผงชูรส ในปริมาณไม่เกินที่ อย. กำหนด แต่เชื่อว่าสารเคมีเมื่อเข้าสู่ร่างกาย ตับต้องสลายสารเคมีก็เกิดอนุมูลอิสระกลุ่มนี้

Hydrogen peroxide radicals ตัวในเกิดประจำในเซลล์ทุกเซลล์ทุกวินาทีที่เซลล์ให้ออกซิเจน จะเกิดการชนกับโมเลกุลของน้ำในเซลล์ เกิดอนุมูลอิสระ ทำให้เซลล์เสื่อม

"อนุมูลอิสระก็คือเศษเขม่าจากกระบวนการเผาไหม้นั่นเองที่ไหนมีการเผาไหม้ ที่นั่นก็มีอนุมูลอิสระ" เมื่อเราทอดอาหารในกระทะ โมเลกุลของไขมันกำลังเดือดพล่าน ไขมันไม่อิ่มตัวจะจับกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นอนุมูลอิสระตกตะกอนเป็นเขม่าในน้ำมัน สังเกตได้น้ำมันทอดแต่ละครั้งน้ำมันจะเปลี่ยนสีไป ไม่ต้องรอให้เป็นสีดำ เพียงเปลี่ยนจากใสเป็นเหลืองก็แปลว่าเกิดสารพิษนี้ขึ้นแล้ว

**ไดออกซิน** คือ โมเลกุลของเบนซิน 2 วงที่เกาะเกี่ยวด้วยอะตอมของคลอรีนอีก 4 ตัว เป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรง สารนี้แม้ว่าในน้ำมันเองจะไม่มี แต่อาหารปิ้งย่าง ทอด เมื่อถูกความร้อนจัดๆ จะเกิดการม้วนตัวของโมเลกุลสารอินทรีย์เป็นสาร PAH (polycyclic aromatic hydrocarbon) ซึ่งเป็นสารกลุ่มเดียวกับไดออกซิน เมื่อ 1 ปีก่อนที่อัยการประกาศตรวจพบอาหารฟาสต์ฟู้ดยี่ห้อหนึ่ง ปนเปื้อนไดออกซินทำให้ผู้จัดการบริษัทนี้ในเมืองไทยออกมาแก้ข่าวว่า โมเลกุลของน้ำมันกับไดออกซินเป็น



คนละอย่างกัน แท้ที่จริงแล้วการถูกความร้อนจะเกิดการมันตัวให้เกิดไดออกซินได้ แม้แต่เตาเผาศพ  
เนื้อคนที่ไหม้ไฟก็เกิดไดออกซินเช่นกัน (บรรจบ, 2544)

## การหืน

การเหม็นหืนของอาหารเป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดในอาหารพวกไขมันและ  
น้ำมัน รวมทั้งอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือ  
ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส อัตราการออกซิเดชันของไขมันมีผลจากปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะอุณหภูมิ  
ภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญ การมีออกซิเจนในบริเวณที่ใกล้อาหารทำให้อัตราการออกซิเดชัน  
เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน น้ำมีบทบาทสำคัญเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันในอาหารมักเกิด  
ด้วยอัตราสูงที่วอเตอร์แอคทีวิตีต่ำมาก ในการกำหนดอายุการเก็บของอาหารที่มีไขมันสูง อาจต้อง  
พิจารณาปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่สามารถกระตุ้นจากแสงได้ เช่น การสูญเสียวิตามิน และการเกิดสี  
น้ำตาล

### 1. การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative rancidity)

เป็นการเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เกิดเป็นสารเปอร์  
ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวไปเป็นสารที่ระเหยง่าย มีกลิ่นเหม็นหืน และมักทำให้วิตามินที่ละลายใน  
ไขมันถูกทำลายด้วย ในขณะที่มีการพัฒนากลิ่นรสแปลกปลอม (off - flavors) ในอาหารเหม็นหืน  
การเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) ในระหว่างกระบวนการ autocatalytic ก็ทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นๆ  
ที่ไม่ต้องการด้วย เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนสี การเหม็นหืนแบบนี้อาจป้องกันได้โดยไม่ให้  
อาหารสัมผัสกับอากาศ ซึ่งทำได้โดยเก็บที่อุณหภูมิต่ำ หรือเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทหรือมีการเติม  
สารกันหืน (antioxidant) ลงไป

### 2. การเหม็นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic rancidity)

เป็นการเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเปส (lipase) หรือไลพอกซิเดส  
(lipoxidase) ที่มีอยู่ในอาหาร เอนไซม์ไลพอกซิเดสจะทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวแตกตัวเป็นสารที่ให้  
กลิ่นเหม็นหืนขึ้น ส่วนเอนไซม์ไลเปสจะทำให้ไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ซึ่ง  
ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ การเหม็นหืนแบบนี้อาจป้องกันได้ โดยการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการหืน  
ด้วยความร้อน (รุ่งนภา, 2540)

### กลไกการเกิดออกซิเดชัน (Mechanism of oxidation)

การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระ  
หรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหาร  
เสื่อมคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องเมื่อลิพิดหรืออาหาร

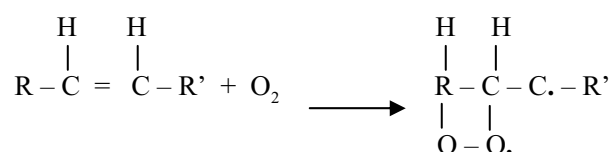
สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (free-radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกการเกิดได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (free radical)
2. Proagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ
3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้เกิดโปรดักต์ที่ไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (non-radical products)

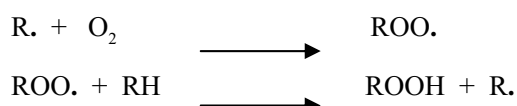
ปฏิกิริยาเริ่มต้นของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะทำให้เกิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide, ROOH) โดยไฮโดรคาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ



และออกซิเจนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical ดังนี้



หลังจากนั้นก็จะเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจน ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ



ได้เป็น อนุมูลเพอร์ออกไซด์ (ROO·) ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R·) อนุมูลที่เกิดขึ้นใหม่นี้ก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป และเมื่อใดที่อนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันเองจะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาที่จะหยุดลง (นิธิยา,2543)

### การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การหาอายุการเก็บจำเป็นต้องอาศัยจลนศาสตร์ แล้วทำการสร้าง shelf life plot หรือคำนวณหาอายุการเก็บ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพิจารณาในเรื่องของปัจจัยที่ควบคุมอายุการเก็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องภาชนะบรรจุ และวอเตอร์แอคทีวิตี้ ซึ่งล้วนมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในช่วงเวลาอายุการเก็บที่ระบุไว้

การระบุวันหมดอายุในผลิตภัณฑ์มีข้อดีคือ เป็นข้อมูลที่เปี่ยมประโยชน์ต่อผู้บริโภคหรือผู้ซื้อ ทำให้ง่ายต่อการควบคุมการหมุนเวียนสินค้า (stock rotation) และทำให้ง่ายต่อการควบคุมการวางผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไว้ก่อนให้วางบนชั้นแสดงสินค้าก่อน แต่มีข้อเสียคือ ผู้ซื้อมักหยิบผลิตภัณฑ์ที่มีความสดมากที่สุด ทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บเหลือน้อยกว่าจะเหลืออยู่บนชั้นมากขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บค่อนข้างสั้น ในความเป็นจริงแล้วการระบุอายุการเก็บที่ระบุบนผลิตภัณฑ์แล้ว คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เนื่องจากการระบุอายุการเก็บเป็นเพียงการรับประกันผู้ซื้อหรือผู้บริโภคว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพตามที่ระบุไว้ในช่วงอายุการเก็บที่กำหนดเท่านั้น ดังนั้นการประเมินอายุการเก็บที่สั้นเกินไป ก็มีผลทำให้การเก็บสินค้าเร็วเกินไป ทำให้มีการสูญเสียมากขึ้น และการระบุอายุการเก็บที่ยาวนานเกินความจำเป็นจริงก็อาจทำให้เกิดกฎหมายได้ (รุ่งนภา, 2540)

#### วิธีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

1. การทดลองเก็บจริง โดยการทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในสถานที่วางขายในท้องตลาด ตั้งแต่ทำการผลิตออกมาและมีการทดสอบตลอดเวลา ซึ่งอาจเป็นเดือนละครั้ง จนกระทั่ง ผู้บริโภคไม่ยอมรับ แสดงว่าหมดอายุการเก็บ วิธีนี้จะได้รายละเอียดมากแต่เสียเวลา (Marsh, 1986)
2. การคำนวณโดยประมาณโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ การหาอายุการเก็บรักษาโดยวิธีนี้ส่วนมากเป็นการหาอายุการเก็บเนื่องจากการเสื่อมเสียเพียงอย่างเดียว
3. วิธีเร่งการเก็บ (Accelerated storage test) วิธีนี้คล้ายกับการเก็บรักษาจริงแต่เร่งเวลาของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์
4. วิธีการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulating shelf life) เป็นการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการเลียนแบบสถานการณ์จริงๆ โดยการสร้างสถานการณ์และปัจจัยต่างๆ เหล่านั้นมาพิจารณาแล้วคำนวณหาอายุการเก็บรักษา (Quast และ Karel, 1973)

#### การทดสอบอายุการเก็บในสถานะเร่ง (Accelerated Shelf-life Testing ; ASLT)

การทดสอบอายุการเก็บในสถานะเร่ง (ASLT) เป็นหลักการทางจลนพลศาสตร์ทางเคมีซึ่งใช้ในการประมาณผลของปัจจัยภายนอก (extrinsic factors) เช่น อุณหภูมิ ความชื้น บรรยากาศของแก๊ส และแสงที่มีต่ออัตราของปฏิกิริยาการเสื่อมเสีย โดยการให้อาหารอยู่ในสถานะแวดล้อมที่ควบคุมและให้ปัจจัยภายนอกหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งปัจจัยอยู่ในระดับที่สูงกว่าระดับปกติ ทำให้อัตราการเสื่อมเสียถูกเร่งให้เร็วขึ้น มีผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับในช่วงเวลาสั้นขึ้นขนาดของการเร่งสามารถคำนวณได้และสามารถคำนวณอายุการเก็บที่ “แท้จริง” ของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะ

## ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 1. ศึกษาสถานะต่างๆของหนังหมู และวิธีการที่เหมาะสมต่อการอบແບบหมูถึงสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ

1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบหนังหมู เพื่อลดความชื้นให้ได้ແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องอบแห้งเป็นตู้อบลมร้อนแบบถาด อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กำหนดระยะเวลาในการอบคือ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 2.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นนำหนังหมูที่ได้มาวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 1990) ระหว่างการอบ เปรียบเทียบปริมาณไขมัน (AOAC, 1990) ก่อน - หลังการอบและคัดเลือกคุณภาพของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสม จากค่าดัชนีการพองตัว (ธนวัฒน์, 2542)

1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันของหนังหมูที่ผ่านการอบ (ข้อ 1.1) เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมของແບบหมูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ โดยนำหนังหมูที่ได้อุ่นในน้ำมันในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 15 นาที, 1 ชั่วโมง 30 นาที, 1 ชั่วโมง 45 นาที ตามลำดับ นำหนังหมูที่ได้มาวิเคราะห์หาความชื้น ดัชนีการพองตัว ความกรอบของແບบหมู ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ hounsfield รุ่น 5ks (วัดโดยใช้หัวกดหน้าตัดขนาด 4.8 มิลลิเมตร) วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) คัดเลือกคุณภาพของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าดัชนีการพองตัว จากนั้นวางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial in CRD โดยให้ปัจจัยแรกเป็นระยะเวลาในการอบ คืออบที่ 2.30 และ 3 ชั่วโมง ปัจจัยที่สองเป็นระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน คือ อุ่นน้ำมันที่ 1, 1.15 , 1.30 และ 1.45 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT เพื่อคัดเลือกคุณภาพของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสม

1.3 ศึกษาระดับความร้อนที่เหมาะสมของไมโครเวฟ ในการอบແບบหมูถึงสำเร็จรูป 3 ระดับ คือ 550, 700 และ 900 วัตต์ คัดเลือกคุณภาพของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าดัชนีการพองตัว

1.4 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบແບบหมูถึงสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟในเวลาต่างๆ กัน คือ 1 นาที 30 วินาที, 2 นาที, 2 นาที 30 วินาที, 3 นาที, 3 นาที 30 วินาที, 4 นาที, 4 นาที 30 วินาที และ 5 นาที คัดเลือกคุณภาพของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าดัชนีการพองตัว และการให้คะแนนการพองตัว

1.5 ศึกษาความยาวของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยไมโครเวฟ โดยกำหนดให้ແບบหมูถึงสำเร็จรูปมีความยาว 5 10 และ 15 เซนติเมตร คัดเลือกคุณภาพของແບบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scaling 9 point โดยใช้

ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน ตรวจสอบคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ ความยาว และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT

1.6 ศึกษาความยาวและปริมาณของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบในไมโครเวฟ โดยกำหนดให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปมีความยาว 10 และ 15 เซนติเมตร ปริมาณของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการอบต่อครั้ง คือ 15 20 และ 25 กรัม ตามลำดับ คัดเลือกคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าอัตราการพองตัว และดัชนีการพองตัว

1.7 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ โดยวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 1990) ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1990) ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1990) ปริมาณเถ้า (AOAC, 1990) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

## 2. การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในตลาด

เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง โดยศึกษาด้านคุณภาพทางกายภาพและเคมี โดยตรวจสอบความกรอบ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Hounsfield Test – TX0866 Model-H5K5, England) โดยกำหนดใช้แรงกดแบบแท่งทะลุ หัวเข็มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.3 มิลลิเมตร กำหนด Test Speed เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที, ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990), Peroxide Value (P.V.) (AOAC, 1990), และค่าความหืน (Thiobarbituric acid number : TBA) (กิตติศักดิ์, 2546)

## 3. ศึกษาต้นทุนและการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปผลิตภัณฑ์แคบหมู

ศึกษาต้นทุนการผลิตและการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูแบบ Hedonic scaling 9 point ในพื้นที่จังหวัดเขตจังหวัดภาคเหนือและภาคกลาง จำนวน 200 คน สอบถามในด้านลักษณะปรากฏทั่วไป ความพองตัว ความกรอบ รสชาติรวม และความชอบรวม

## 4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf-life Testing ; ASLT)

การศึกษการเปลี่ยนแปลงและทำนายอายุการเก็บรักษา ทำโดยการเก็บตัวอย่างแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปลงในถุงอลูมิเนียมลามิเนต (PET+PE+AL+LLDPE) ขนาดบรรจุ 25 กรัม ที่อุณหภูมิห้อง

(25 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพทุก 1 สัปดาห์ โดยมีปัจจัยคุณภาพที่ตรวจสอบดังนี้

4.1 คุณภาพทางกายภาพ ทำการวิเคราะห์ความกรอบของแบริ่งด้วยแรงกด โดยเครื่อง Texture analyzer

4.2 คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า Peroxide Value (PV) คัดแปลงตามวิธีของ AOAC (1990) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ( $a_w$ ) โดยเครื่องวัด  $a_w$  ยี่ห้อ GBX รุ่น FA-st/1 และค่าความหืน (Thiobarbituric acid number : TBA) (กิตติศักดิ์, 2546)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ คือปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (เรณู, 2546)

4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีให้คะแนนความเข้ม (Intensity) ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่กำหนดในระหว่างการเก็บรักษา ใช้สเกลเส้นตรงที่มีความยาว 15 เซนติเมตร ร่วมกับการยอมรับผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม ด้วยวิธี Overall quality rating (Lawless, 1998) โดยคะแนน 1 และ 2 หมายถึง ไม่ยอมรับมากที่สุด คะแนน 3, 4 และ 5 หมายถึง ไม่ยอมรับ คะแนน 6, 7 และ 8 หมายถึง ยอมรับได้ และคะแนน 9 และ 10 หมายถึง ยอมรับมากที่สุด โดยระดับการยอมรับเพิ่มขึ้น เมื่อค่าคะแนนมากขึ้น (ภาคผนวก ก) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในแต่ละคุณลักษณะในระหว่างการเก็บรักษา จากนั้นจึงทำนายอายุการเก็บรักษาของแบริ่งสำเร็จรูป ตามวิธี ASLT

## ผลการวิจัย

### 1. ศึกษาสถานะต่างๆของหนังหมู และวิธีการที่เหมาะสมต่อการอบแคบหมูถึงสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ

#### 1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบหนังหมู

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบหนังหมู เพื่อลดความชื้นของ แคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยเตาไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องอบแห้งเป็นตู้อบลมร้อนแบบถาดอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กำหนดระยะเวลาในการอบคือ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 2.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าหนังหมูมีปริมาณความชื้นลดลง (ตาราง 2) การลดความชื้นในขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการสร้างเกราะขึ้นรอบ ๆ ชิ้นหนังหมู ป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกไปได้ง่าย ในขณะที่ทำให้แคบหมูเกิดการพองตัว จะช่วยให้หนังหมูพองตัวดีขึ้น โดยกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จะทำให้ไขมันที่อยู่ในอาหาร โดยเฉพาะน้ำมันสรีระจะระเหยกลายเป็นไอและถูกกำจัดออกไปในตอนแรก ส่งผลให้มีความชื้นและน้ำมันลดลง (รุ่งนภา, 2540) โดยความชื้นลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาของการอบ (ตาราง 2) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำในหนังหมูมีการระเหยกลายเป็นไอมากขึ้น ส่งผลให้หนังหมูมีการหดตัวมากขึ้น จึงทำให้ไขมันในหนังหมูหลอมละลายแยกออกมาจากหนังหมู เป็นผลให้ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันลดลง

จากนั้นนำหนังหมูที่ผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 2.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง อบในเตาไมโครเวฟ เพื่อคัดเลือกคุณภาพของแคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าดัชนีการพองตัว พบว่าหนังหมูไม่สามารถเกิดการพองตัวได้อย่างเต็มที่ ดังภาพผนวกที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณความชื้นและสถานะในการผลิตยังไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงนำหนังหมูที่ผ่านการอบเพื่อลดความชื้น นำไปอุ่นน้ำมันเพื่อทำให้ผิวหนังของหนังหมูเกิดความแข็ง ช่วยให้ทนต่อแรงดันที่เกิดขึ้นขณะพองตัว ทำให้โครงสร้างของแคบหมูไม่ยุบตัวลงมากในระหว่างการทอดให้พองตัว และมีความกรอบหลังการทอดแล้ว(สถาบันอาหาร, มปป.) และศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันต่อไป

**ตาราง 2** แสดงความชื้นและไขมันของหนังหมูต้มที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ

| สิ่งทดลอง          | ความชื้น<br>(ร้อยละ) | ไขมัน<br>(ร้อยละ) |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| 1. อบ 30 นาที      | $27.12 \pm 7.20$     | $11.92 \pm 1.06$  |
| 2. อบ 1 ชั่วโมง    | $24.02 \pm 0.39$     | -                 |
| 3. อบ 1.30 ชั่วโมง | $17.99 \pm 0.05$     | -                 |
| 4. อบ 2 ชั่วโมง    | $12.38 \pm 0.36$     | -                 |
| 5. อบ 2.30 ชั่วโมง | $12.14 \pm 0.15$     | -                 |
| 6. อบ 3 ชั่วโมง    | $11.18 \pm 0.12$     | $9.21 \pm 0.26$   |

### 1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันของหนังหมูที่ผ่านการอบจากข้อ 1.1 อุ่นในน้ำมันในเวลาที่แตกต่างกัน คือ 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 15 นาที, 1 ชั่วโมง 30 นาที, 1 ชั่วโมง 45 นาที ตามลำดับ พบว่าความชื้นในหนังหมูมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้เวลาในการอุ่นน้ำมันมากขึ้นโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตาราง 3) ทั้งนี้เพราะความร้อนจากน้ำมันมีผลทำให้ความชื้นในหนังหมูระเหยออกมา ค่าดัชนีการฟองตัวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้มีผลมาจากปริมาณความชื้นของหนังหมูที่ลดลงส่งผลให้แคบหมูมีการฟองตัวที่ดีขึ้น สังเกตได้จากคะแนนการฟองตัว (ตาราง 3) หนังหมูหากมีความชื้นมากเกินไปเมื่อนำไปอบจะไม่ฟองตัวมากนักและแคบหมูที่ได้จะมีความชื้นเหลืออยู่มาก เนื้อจึงมีลักษณะเหนียว (พันธุ์พาและคณะ, 2532) อย่างไรก็ตามถ้าระดับความชื้นในหนังหมูเหลือน้อยเกินไป จะทำให้การฟองตัวน้อยลง เนื่องจากหนังหมูที่มีความชื้นน้อยเมื่อได้รับความร้อนก็จะทำให้เกิดแรงดันไอน้ำน้อย ทำให้การฟองตัวน้อยลง (Matz, 1970) ซึ่งแนวโน้มการฟองตัวที่มากขึ้นจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับความกรอบของแคบหมูที่มีค่าแนวโน้มลดลง (ตาราง 3) เพราะแคบหมูเมื่อมีการฟองตัวมาก ฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดใหญ่ เนื้อจะกรอบจะใช้แรงกดน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าแคบหมูมีการฟองตัวน้อยฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดเล็ก เนื้อจะค่อนข้างแข็งจะใช้แรงกดมาก



ตาราง 3 แสดงความชื้น ดัชนีการพองตัว และความกรอบของแครกเกอร์ที่กระบวนการต่างๆ

| สิ่งทดลอง                           | ความชื้น<br>(ร้อยละ) | ดัชนีการพองตัว<br>(เท่า)  | คะแนน<br>การพองตัว* | ความกรอบ<br>(นิวตัน)    |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1 ชม.      | $28.29 \pm 0.29^b$   | $1.12 \pm 0.00^m$         | 1                   | $2.38 \pm 0.38^a$       |
| 2. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1.15 ชม.   | $29.13 \pm 0.47^a$   | $1.71 \pm 0.00^{klm}$     | 1                   | $2.05 \pm 0.26^{ab}$    |
| 3. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1.30 ชม.   | $24.21 \pm 0.13^c$   | $1.30 \pm 0.00^{lm}$      | 1                   | $1.86 \pm 0.15^{abcde}$ |
| 4. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1.45 ชม.   | $17.65 \pm 0.34^d$   | $2.03 \pm 0.00^{jklm}$    | 2                   | $1.66 \pm 0.42^{bcdef}$ |
| 5. อบ 1 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.        | $17.88 \pm 0.29^d$   | $2.31 \pm 0.20^{ijklm}$   | 2                   | $1.79 \pm 0.55^{bcde}$  |
| 6. อบ 1 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม.     | $16.96 \pm 0.35^e$   | $2.06 \pm 0.05^{jklm}$    | 2                   | $1.44 \pm 0.29^{cdef}$  |
| 7. อบ 1 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม.     | $15.24 \pm 0.20^f$   | $2.68 \pm 0.11^{hijklm}$  | 2                   | $1.53 \pm 0.06^{bcdef}$ |
| 8. อบ 1 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม.     | $12.49 \pm 0.18^i$   | $6.55 \pm 0.23^{cd}$      | 4                   | $1.56 \pm 0.33^{bcdef}$ |
| 9. อบ 1.30 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.     | $15.18 \pm 0.15^f$   | $2.41 \pm 0.12^{ijklm}$   | 2                   | $1.77 \pm 0.28^{bcdef}$ |
| 10. อบ 1.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม. | $15.29 \pm 0.53^f$   | $3.61 \pm 0.25^{ghijk}$   | 3                   | $2.01 \pm 0.29^{abc}$   |
| 11. อบ 1.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม. | $14.35 \pm 0.23^g$   | $3.54 \pm 0.15^{ghijkl}$  | 3                   | $1.92 \pm 0.18^{abcd}$  |
| 12. อบ 1.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม. | $13.43 \pm 0.08^h$   | $4.99 \pm 1.01^{defg}$    | 4                   | $1.69 \pm 0.28^{bcdef}$ |
| 13. อบ 2 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.       | $11.65 \pm 0.17^j$   | $3.17 \pm 1.35^{ghijklm}$ | 3                   | $1.65 \pm 0.08^{bcdef}$ |
| 14. อบ 2 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม.    | $12.38 \pm 0.47^i$   | $4.86 \pm 0.39^{defgh}$   | 3                   | $1.40 \pm 0.26^{def}$   |
| 15. อบ 2 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม.    | $11.74 \pm 0.04^j$   | $4.25 \pm 0.05^{efghij}$  | 3                   | $1.41 \pm 0.23^{def}$   |
| 16. อบ 2 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม.    | $10.86 \pm 0.22^k$   | $4.97 \pm 0.66^{defg}$    | 4                   | $1.29 \pm 0.70^{ef}$    |
| 17. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.    | $10.05 \pm 0.21^l$   | $5.90 \pm 0.44^{def}$     | 4                   | $1.39 \pm 0.30^{def}$   |
| 18. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม. | $9.09 \pm 0.23^m$    | $3.83 \pm 0.88^{fghijk}$  | 3                   | $1.55 \pm 0.21^{bcdef}$ |
| 19. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม. | $8.52 \pm 0.21^{mn}$ | $4.44 \pm 1.17^{defghi}$  | 4                   | $1.34 \pm 0.21^{def}$   |
| 20. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม. | $8.94 \pm 0.48^{mn}$ | $3.91 \pm 0.34^{efghijk}$ | 3                   | $1.18 \pm 0.22^f$       |
| 21. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.       | $9.80 \pm 0.10^l$    | $8.28 \pm 3.84^{bc}$      | 5                   | $1.18 \pm 0.07^f$       |
| 22. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม.    | $8.80 \pm 0.10^{mn}$ | $9.95 \pm 0.56^b$         | 5                   | $1.30 \pm 0.04^{ef}$    |
| 23. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม.    | $8.38 \pm 0.13^n$    | $13.20 \pm 0.11^a$        | 5                   | $1.29 \pm 0.15^{ef}$    |
| 24. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม.    | $7.81 \pm 0.03^o$    | $6.10 \pm 0.28^{dc}$      | 4                   | $1.31 \pm 0.39^{def}$   |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

\* ความหมายของคะแนนที่ให้ 5 = พองตัวมากที่สุด 4 = พองตัวมาก  
3 = พองตัวปานกลาง 2 = พองตัวเล็กน้อย 1 = ไม่พองตัว

อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองตั้งแต่ 1 – 16 (ตาราง 3) เมื่อนำเข้าอบในไมโครเวฟ แคมพูที่ไ้จะ มีลักษณะติดกันดังภาพผนวกที่ 8 ทั้งนี้เนื่องจากหนังหมูยังมีความชื้นสูง ทำให้คอลลาเจนเปลี่ยนไป เป็นเจลาตินซึ่งเหนียวและติดกัน (พันธิพาและคณะ, 2532)

ดังนั้นจึงทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแคมพูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและเวลาในการอุ่นน้ำมันที่เหมาะสมในสิ่งทดลองที่ 17 – 24 (ตาราง 3) วางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial in CRD โดยให้ปัจจัยแรกเป็นระยะเวลา ในการอบ คืออบที่ 2.30 และ 3 ชั่วโมง ปัจจัยที่สองเป็นระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน คือ อุ่นน้ำมันที่ 1, 1.15 , 1.30 และ 1.45 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าปัจจัยด้านระยะเวลาในการอบหนังหมู คือ อบเป็นเวลา 2.30 ชั่วโมง และอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลของความชื้น และค่าดัชนีการพองตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตาราง 4) โดยหนังหมูที่อบเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ร้อยละของความชื้นน้อยกว่า แต่ให้ค่าดัชนีการพองตัวที่สูง ทั้งนี้เพราะหนังหมูเมื่อมีความชื้นมากเกินไปเมื่อนำไปอบจะไม่พองตัวมากนัก ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแคมพู คือ อบเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ปัจจัยด้านระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน คือ อุ่นน้ำมันเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง, 1.15 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 1.45 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าผลของความชื้น และดัชนีการพองตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยความชื้นของหนังหมู เมื่อใช้เวลานานในการอุ่นน้ำมันจะทำให้หนังหมูมีความชื้นลดลง ส่วนค่าดัชนีการพองตัวพบว่าระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน 1 ชั่วโมงถึง 1.30 ชั่วโมงให้ค่าการพองตัวมากโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ด้าน ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและระยะเวลาในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู พบว่า ความชื้นและค่าดัชนีการพองตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ค่าดัชนีการพองตัวสูงที่สุดเมื่อนำหนังหมูไปอบเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และอุ่นน้ำมันเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคมพูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟคืออบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และอุ่นน้ำมันเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง

ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและเวลาในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู

| สิ่งทดลอง                                  | ความชื้น<br>(ร้อยละ)       | ดัชนีการพองตัว<br>(เท่า)  | ความกรอบ<br>(นิวตัน) <sup>ns</sup> |
|--------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 1. ระยะเวลาในการอบ                         |                            |                           |                                    |
| อบ 2.30 ชั่วโมง                            | 9.15 ± 0.64 <sup>a</sup>   | 4.52 ± 1.06 <sup>b</sup>  | 1.37 ± 0.24                        |
| อบ 3 ชั่วโมง                               | 8.69 ± 0.78 <sup>b</sup>   | 9.38 ± 3.14 <sup>a</sup>  | 1.28 ± 0.19                        |
| 2. ระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน                 |                            |                           |                                    |
| อุ่น 1 ชั่วโมง                             | 9.92 ± 0.20 <sup>a</sup>   | 7.09 ± 2.62 <sup>ab</sup> | 1.29 ± 0.23                        |
| อุ่น 1.15 ชั่วโมง                          | 8.94 ± 0.22 <sup>b</sup>   | 6.89 ± 3.58 <sup>ab</sup> | 1.42 ± 0.19                        |
| อุ่น 1.30 ชั่วโมง                          | 8.45 ± 0.16 <sup>c</sup>   | 8.82 ± 5.10 <sup>a</sup>  | 1.31 ± 0.16                        |
| อุ่น 1.45 ชั่วโมง                          | 8.38 ± 0.71 <sup>c</sup>   | 5.00 ± 1.29 <sup>c</sup>  | 1.27 ± 0.30                        |
| 3. ระยะเวลาการอบ x ระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน |                            |                           |                                    |
| 1. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1 ชม.                | 10.05 ± 0.21 <sup>a</sup>  | 5.90 ± 0.44 <sup>cd</sup> | 1.39 ± 0.30                        |
| 2. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1.15 ชม.             | 9.09 ± 0.23 <sup>b</sup>   | 3.83 ± 0.88 <sup>d</sup>  | 1.55 ± 0.21                        |
| 3. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1.30 ชม.             | 8.52 ± 0.21 <sup>cd</sup>  | 4.44 ± 1.17 <sup>d</sup>  | 1.34 ± 0.21                        |
| 4. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1.45 ชม.             | 8.94 ± 0.48 <sup>bc</sup>  | 3.91 ± 0.34 <sup>d</sup>  | 1.18 ± 0.22                        |
| 5. อบ 3 ชม. x อุ่น 1 ชม.                   | 9.80 ± 0.10 <sup>a</sup>   | 8.28 ± 3.84 <sup>bc</sup> | 1.18 ± 0.07                        |
| 6. อบ 3 ชม. x อุ่น 1.15 ชม.                | 8.80 ± 0.10 <sup>bcd</sup> | 9.95 ± 0.56 <sup>ab</sup> | 1.30 ± 0.04                        |
| 7. อบ 3 ชม. x อุ่น 1.30 ชม.                | 8.38 ± 0.13 <sup>d</sup>   | 13.20 ± 0.11 <sup>a</sup> | 1.29 ± 0.15                        |
| 8. อบ 3 ชม. x อุ่น 1.45 ชม.                | 7.81 ± 0.03 <sup>c</sup>   | 6.10 ± 0.28 <sup>cd</sup> | 1.31 ± 0.39                        |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 1.3 การศึกษาระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ

จากการศึกษาระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ ในการอบแฮมหมูทั้งสำเร็จรูป 3 ระดับ คือ 550, 700 และ 900 วัตต์ พบว่าค่าดัชนีการพองตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น ตามระดับความร้อนของเตาไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งปริมาณความร้อนที่เหมาะสมที่สุด คือ ที่ระดับความร้อน 900 วัตต์ ดังภาพผนวกที่ 9 จากการวิจัยดังกล่าวพบว่า ที่ระดับความร้อนของเตาไมโครเวฟ 900 วัตต์ หนังหมูได้รับความร้อนสูงมากพอ จึงทำให้เกิดไอน้ำก่อนการหลอมเหลวของเจลาติน

เล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลให้อิโนซีนโครงสร้างของหน้หมูที่เป็นเจลาตินเกิดการขยายตัว และพองตัวออกพอดี ทำให้แคปหมูหลังอบเมื่อสุกจะมีฟองอากาศขนาดใหญ่ เนื้อสัมผัสจึงกรอบและไม่แข็ง ส่วนอีกความร้อนอีก 2 ระดับนั้นอุณหภูมิที่ใช้อาจสูงไม่มากพอ จึงส่งผลทำให้เกิดไอน้ำน้อย จึงไม่สามารถดันเจลาตินที่หลอมเหลวให้ขยายตัวออกไปได้ดีเท่าที่ควร

ดังนั้นระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ ในการอบแคปหมูถึงสำเร็จรูป คือ 900 วัตต์

#### 1.4 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแคปหมูถึงสำเร็จรูป

จากการนำแคปหมูถึงสำเร็จรูปนำมาอบในไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 900 วัตต์ ในเวลาต่าง ๆ กัน คือ 1 นาที 30 วินาที, 2 นาที, 2 นาที 30 วินาที, 3 นาที, 3 นาที 30 วินาที, 4 นาที, 4 นาที 30 วินาที และ 5 นาที พบว่าแคปหมูเกิดการพองตัว การพองตัวของแคปหมูเกิดจาก หน้หมูซึ่งประกอบด้วยโปรตีนคอลลาเจนเป็นส่วนมาก เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในการผลิต คอลลาเจนจะเกิดการเสียสภาพ (denature) กลายเป็นเจลาติน (Ask the experts : Chemistry, 1999) ได้เป็นแคปหมูถึงสำเร็จรูปซึ่งยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ เมื่อนำเข้าไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟจะดูดซึมเข้าไปในอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำ เกิดการสั่นสะเทือนและเสียดสีกันเป็นความร้อน (บริษัท กรุงเทพมหานคร ไฟฟ้า จำกัด, มปป.) ส่งผลให้เกิดไอน้ำ ซึ่งสามารถดันเจลาตินที่หลอมเหลวให้ขยายตัวออกไปทำให้แคปหมูเกิดการพองตัว (พันธิพาและคณะ, 2532) โดยได้ค่าดัชนีการพองตัวและอัตราการพองตัวในแต่ละเวลาต่าง ๆ กัน คือ ที่เวลา 1 นาที 30 วินาทีไปจนถึงเวลา 5 นาที ค่าดัชนีการพองตัวก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการอบ จนถึงเวลาที่ 4 นาที 30 วินาทีเป็นต้นไปค่าดัชนีการพองตัวเริ่มจะลดลง เช่นเดียวกับอัตราการพองตัวซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการอบ จนถึงเวลาที่ 4 นาที อัตราการพองตัวเริ่มลดลง (ตาราง 5) ทั้งนี้เพราะที่เวลาน้อยทำให้เจลาตินยังไม่หลอมละลายพอที่จะทำให้ไอน้ำดันให้เกิดการพองตัวส่งผลให้แคปหมูเกิดการพองตัวเล็กน้อย และที่เวลามากมีผลทำให้เจลาตินที่หลอมละลายเกิดการไหม้และไม่สามารถคงรูปได้ แคปหมูที่ได้มีกลิ่นไหม้ ดังภาพผนวกที่ 10 ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการอบแคปหมูถึงสำเร็จรูปคือเวลาที่ 3 นาที ซึ่งได้แคปหมูที่มีค่าการพองตัวสูงที่สุดคือ ร้อยละ  $71.23 \pm 5.89$  และค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในระดับกลางคือ  $3.69 \pm 0.36$

**ตาราง 5** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการรอบกับการพองตัวของแคปซูลสำเร็จรูป

| เวลาในการรอบแคปซูล | ดัชนีการพองตัว<br>(เท่า) | อัตราการพองตัว<br>(ร้อยละ) |
|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 นาที 30 วินาที   | $2.19 \pm 0.13$          | $19.00 \pm 5.85$           |
| 2 นาที             | $3.96 \pm 0.59$          | $44.41 \pm 5.40$           |
| 2 นาที 30 วินาที   | $3.36 \pm 0.34$          | $64.41 \pm 7.31$           |
| 3 นาที             | $3.69 \pm 0.36$          | $71.23 \pm 5.89$           |
| 3 นาที 30 วินาที   | $3.75 \pm 0.25$          | $70.00 \pm 2.83$           |
| 4 นาที             | $3.89 \pm 0.21$          | $70.00 \pm 2.83$           |
| 4 นาที 30 วินาที   | $3.59 \pm 0.42$          | $46.00 \pm 4.14$           |
| 5 นาที             | $3.49 \pm 0.22$          | $53.00 \pm 4.24$           |

### 1.5 การศึกษาความยาวของแคปซูลสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยไมโครเวฟ

จากการนำแคปซูลสำเร็จรูปขนาดความยาว 5 10 และ 15 เซนติเมตร นำมาอบในไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 900 วัตต์ เป็นเวลา 3 นาที นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า แคปซูลที่มีความยาว 10 และ 15 เซนติเมตร ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดและไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) (ตาราง 6) ทั้งนี้เพราะแคปซูลสำเร็จรูปที่ความยาว 5 เซนติเมตร เมื่อนำไปอบในเตาไมโครเวฟให้แคปซูลที่มีลักษณะสั้นคล้ายกับเศษแคปซูลที่เกิดจากการแตกหัก

ดังนั้นความยาวของแคปซูลสำเร็จรูปที่เหมาะสมนำไปอบในเตาไมโครเวฟ คือความยาว 10 และ 15 เซนติเมตร

**ตาราง 6** แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสความยาวของแคปซูลสำเร็จรูป

| ความยาว      | คะแนนคุณลักษณะ    |                   |                       |                   |
|--------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
|              | ลักษณะปรากฏ       | ความกรอบ          | ความยาว <sup>ns</sup> | ความชอบรวม        |
| 5 เซนติเมตร  | $6.90 \pm 1.10^b$ | $7.63 \pm 0.90^b$ | $6.70 \pm 1.11$       | $7.10 \pm 0.98^b$ |
| 10 เซนติเมตร | $7.63 \pm 0.84^a$ | $7.70 \pm 0.97^a$ | $7.48 \pm 0.91$       | $7.67 \pm 0.86^a$ |
| 15 เซนติเมตร | $7.73 \pm 0.93^a$ | $7.85 \pm 0.86^a$ | $7.55 \pm 1.08$       | $7.68 \pm 0.94^a$ |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 1.6 การศึกษาความยาวและปริมาณของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบในไมโครเวฟ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและปริมาณแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบในไมโครเวฟ โดยศึกษาจากอัตราการพองตัว พบว่าแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มีความยาว 10 เซนติเมตร เมื่อเพิ่มปริมาณในการอบมีแนวโน้มว่าอัตราในการพองตัวจะสูงขึ้น ในทางกลับกันแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มีความยาว 15 เซนติเมตร มีอัตราการพองตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณในการอบ (ตาราง 7) ทั้งนี้เพราะที่ความยาวที่ 10 เซนติเมตร ความร้อนสามารถกระจายตัวได้ดีตลอดทั้งเส้นทำให้เจลลาตินของ หนัหมูเกิดการหลอมเหลวอย่างเพียงพอที่จะทำให้ไอน้ำดันตัวให้เกิดการพองขึ้น ในปริมาณแคปหมูที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปความยาว 10 เซนติเมตรที่ปริมาณ 25 กรัม จึงเหมาะสมในการอบในเตาไมโครเวฟ

ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มีผลต่ออัตราการพองตัว

| น้ำหนักที่อบ (กรัม) | อัตราการพองตัว (ร้อยละ) |                         |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
|                     | ความยาวของหนัหมู 10 ซม. | ความยาวของหนัหมู 15 ซม. |
| 15                  | $75.96 \pm 1.36$        | $80.77 \pm 6.32$        |
| 20                  | $79.41 \pm 8.48$        | $74.35 \pm 3.00$        |
| 25                  | $81.82 \pm 2.00$        | $69.88 \pm 8.00$        |

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มีผลต่อดัชนี การพองตัว พบว่า ปริมาณแคปหมูกึ่งสำเร็จรูป 25 กรัมที่ใช้ในการอบให้ค่าดัชนีการพองตัวมากกว่าปริมาณแคปหมูกึ่งสำเร็จรูป 30 กรัม (ตาราง 8) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มากเกินไปมีผลทำให้การกระจายตัวของความร้อนเป็นไปอย่างช้า ทำให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นไม่สามารถดันเจลลาตินที่หลอมเหลวเกิดการพองตัวได้มาก ดังนั้น ปริมาณแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบในเตาไมโครเวฟที่ความร้อน 900 วัตต์ ในระยะเวลา 3 นาที คือ 25 กรัม

ตาราง 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปกับดัชนีการพองตัว

| ค่าทดสอบ<br>น้ำหนัก (กรัม) | ดัชนีการพองตัว<br>(เท่า) | อัตราการพองตัว<br>(ร้อยละ) |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 25                         | $3.30 \pm 0.47$          | $79.36 \pm 2.75$           |
| 30                         | $2.74 \pm 0.14$          | $80.31 \pm 6.09$           |

### 1.7 ศึกษาคุณภาพทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ

ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในปริมาณของ ไขมัน, โปรตีน, เส้นใย และเถ้า (ตาราง 9) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเมื่อผ่านไมโครเวฟกลายเป็นผลิตภัณฑ์แคบหมู มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงเพราะความร้อนจากไมโครเวฟจะทำให้ความชื้นบางส่วนในหนังหมูระเหยไป ส่งผลให้มวลของผลิตภัณฑ์แคบหมูสูงขึ้นทำให้ค่าองค์ประกอบทางเคมีเพิ่มขึ้น

ตาราง 9 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ

| องค์ประกอบทางเคมี           | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | ผลิตภัณฑ์แคบหมู<br>ที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ |
|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------------|
| ความชื้น (ร้อยละ)           | 9.54                | 3.06                                        |
| ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)       | 63.68               | 73.80                                       |
| ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)        | 8.62                | 11.30                                       |
| ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) | 13.14               | 5.80                                        |
| ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)       | 0.65                | 0.78                                        |
| ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)         | 4.37                | 5.26                                        |

### 2. การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในตลาด

ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของแคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ กับ ผลิตภัณฑ์แคบหมูที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง (ตาราง 10) พบว่าแคบหมูมีค่าคุณภาพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน แต่คุณภาพที่เป็นจุดเด่นของแคบหมูที่ได้จากการอบด้วยไมโครเวฟ คือมีปริมาณไขมันที่น้อยกว่าแคบหมูทั่วไปโดยเฉลี่ยร้อยละ 19 อีกทั้งยังมีค่าด้านความชื้น คือ ค่า P.V. และค่า TBA น้อยกว่าแคบหมูที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดทั้ง 3 ตัวอย่าง

ตาราง 10 เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แคบหมู

| แคบหมู              | ความแข็งแรงของ<br>เนื้อสัมผัส<br>(นิวตัน) | ปริมาณไขมัน<br>(ร้อยละ) | P.V.<br>(ค่าความหืน) | TBA<br>(ค่าความหืน) |
|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|
| แคบหมูตัวอย่างที่ 1 | $0.89 \pm 0.07$                           | $28.75 \pm 1.85$        | $0.47 \pm 0.08$      | $2.17 \pm 0.17$     |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 2 | $2.54 \pm 0.13$                           | $34.96 \pm 2.62$        | $0.58 \pm 0.06$      | $2.48 \pm 0.08$     |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 3 | $1.87 \pm 0.08$                           | $22.58 \pm 3.44$        | $0.33 \pm 0.02$      | $2.25 \pm 0.04$     |
| แคบหมูจากการวิจัย   | $1.29 \pm 0.15$                           | $11.30 \pm 1.75$        | $0.14 \pm 0.03$      | $1.38 \pm 0.03$     |

### 3. ศึกษาต้นทุนและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกึ่งสำเร็จรูป โดยไม่รวมราคาของบรรจุภัณฑ์ พบว่ามีต้นทุนในการผลิตประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ราคาของต้นทุนการผลิตจะแปรผันตามราคาของหนัสมุสดเป็นหลัก (ภาคผนวก ค) หากเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟกับแคบหมูทั่วไปนั้น การผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปแล้วทำให้พ่อค้าโดยการอบด้วยไมโครเวฟนั้น ทำให้ผู้ประกอบการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการทอด คือ ค่าน้ำมันสำหรับทอด ค่าเชื้อเพลิง และค่าแรงคนงานทอดแคบหมู อีกทั้งวิธีการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้พ่อค้าด้วยไมโครเวฟนั้น ทำให้ได้แคบหมูที่มีคุณภาพดีกว่าวิธีการทอดแบบเดิม คือ ผู้บริโภคได้รับประทานแคบหมูที่ปลอดภัยมากขึ้น เนื่องจากการนำแคบหมอบนไมโครเวฟจะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้บางส่วน และไม่มีสารพิษตกค้างเนื่องจากน้ำมันที่ใช้ทอดซ้ำ ทำให้ลดความเสี่ยงของการก่อเกิดของโรคมะเร็งได้ ดังจะเห็นจากการตอบแบบสอบถามของผู้บริโภคทั่วไป (ตาราง 11) ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟร้อยละ 86.5 และมีความต้องการซื้อร้อยละ 73.00 โดยเหตุผลสำคัญของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 41.50 คือไม่ต้องใช้น้ำมันทอด และลดปริมาณไขมันในแคบหมู โดยส่วนการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ จำนวน 200 คน (ตาราง 11) พบว่าเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง ซึ่งมีอัตราส่วนชายต่อหญิงเท่ากับ 71 : 29 ด้านการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีมากที่สุด ร้อยละ 49.00 ส่วนมากมีอาชีพค้าขายธุรกิจส่วนตัวร้อยละ 25.00 รองลงเป็นข้าราชการร้อยละ 21.00 ด้านพฤติกรรมผู้บริโภคแคบหมูพบว่าผู้บริโภคชอบรับประทานแคบหมูร้อยละ 93.00 ความถี่ในการรับประทานแคบหมู สัปดาห์ละครั้งมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 32.00 เหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อแคบหมูมากที่สุด คือเป็นเครื่องเคียงอาหารชนิดอื่นร้อยละ 20.79 สำหรับสถานที่เลือกซื้อแคบหมูมากที่สุดคือตลาดสดร้อยละ 45.09 เหตุผลสำคัญที่สุดที่ผู้บริโภคเลือกซื้อแคบหมูจากสถานที่จัด



จำหน่ายดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากแคปหมูมีความสดใหม่ร้อยละ 35.42 สถานที่รับประทานแคปหมู  
ที่ผู้บริโภครับประทานบ่อยที่สุดคือที่บ้านพัก/หอพักร้อยละ 54.72 ปัญหาที่ผู้บริโภคประสบในการ  
บริโภคแคปหมูมากที่สุดคือแคปหมูที่ซื้อมามีกลิ่นหืนคิดเป็นร้อยละ 42.50

**ตาราง 11** ผลการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แคปซูล

| ข้อมูล                                    | ร้อยละ |
|-------------------------------------------|--------|
| <b>ส่วนที่ 1</b> ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค |        |
| 1. เพศ                                    |        |
| หญิง                                      | 71.00  |
| ชาย                                       | 29.00  |
| 2. อายุ                                   |        |
| น้อยกว่า 20 ปี                            | 5.00   |
| 21-30 ปี                                  | 37.50  |
| 31-40 ปี                                  | 30.50  |
| 41-50 ปี                                  | 19.00  |
| มากกว่า 50 ปี                             | 8.00   |
| 3. การศึกษา                               |        |
| ประถมศึกษา                                | 12.50  |
| มัธยมศึกษา                                | 30.00  |
| ปริญญาตรี                                 | 49.00  |
| สูงกว่าปริญญาตรี                          | 8.50   |
| 4. รายได้ต่อเดือน                         |        |
| น้อยกว่า 5,000 บาท                        | 26.00  |
| 5,001-10,000 บาท                          | 35.00  |
| 10,001-20,000 บาท                         | 28.50  |
| มากกว่า 20,000 บาท                        | 10.50  |
| 5. อาชีพ                                  |        |
| นักเรียน/นักศึกษา                         | 13.50  |
| พนักงานบริษัทเอกชน                        | 11.50  |
| รัฐวิสาหกิจ                               | 0.50   |
| ค้าขายธุรกิจส่วนตัว                       | 25.00  |
| รับจ้าง                                   | 16.00  |
| เกษตรกร                                   | 1.50   |
| ข้าราชการ                                 | 21.00  |

ตาราง 11 (ต่อ)

| ข้อมูล                                                   | ร้อยละ |
|----------------------------------------------------------|--------|
| แม่บ้าน                                                  | 5.50   |
| อื่นๆ                                                    | 5.50   |
| <b>ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมกรับบริโภคแคบหมู</b> |        |
| <b>6. ท่านชอบรับประทานแคบหมูหรือไม่</b>                  |        |
| ชอบ                                                      | 93.00  |
| ไม่ชอบ                                                   | 7.00   |
| <b>7. ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์แคบหมู</b>           |        |
| ทุกวัน                                                   | 2.00   |
| 2 – 3 วันต่อครั้ง                                        | 22.50  |
| สัปดาห์ละครั้ง                                           | 32.00  |
| เดือนละครั้ง                                             | 12.50  |
| นาน ๆ ครั้ง                                              | 31.00  |
| <b>8. เหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อแคบหมู</b>             |        |
| สะดวกในการรับประทาน                                      | 20.04  |
| หาซื้อได้ง่าย                                            | 18.15  |
| ราคาถูก                                                  | 9.26   |
| ใช้เป็นของฝาก                                            | 18.52  |
| เป็นเครื่องเคียงอาหารชนิดอื่น                            | 20.79  |
| รสชาติดี                                                 | 12.29  |
| อื่นๆ                                                    | 0.95   |
| <b>9. สถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์แคบหมู</b>                |        |
| ร้านขายของชำ                                             | 28.61  |
| ร้านอาหาร                                                | 11.85  |
| ตลาดสด                                                   | 45.09  |
| ซูเปอร์สโตร์ เช่น บิ๊กซี แมคโคร เป็นต้น                  | 10.98  |
| อื่นๆ                                                    | 3.47   |

ตาราง 11 (ต่อ)

| ข้อมูล                                                                | ร้อยละ |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|
| 10. เหตุผลสำคัญที่สุดที่ท่านซื้อแคบหมูจากสถานที่จัดจำหน่าย (ตามข้อ 9) |        |
| รสชาติดี                                                              | 22.02  |
| แคบหมูมีความสดใหม่                                                    | 35.42  |
| สะอาดน่ารับประทาน                                                     | 16.67  |
| สะดวกในการซื้อ                                                        | 25.89  |
| 11. สถานที่รับประทานผลิตภัณฑ์แคบหมู                                   |        |
| ร้านอาหาร                                                             | 20.13  |
| ที่ทำงาน                                                              | 20.75  |
| บ้านพัก/หอพัก                                                         | 54.72  |
| อื่นๆ                                                                 | 4.40   |
| 12. ปัญหาที่ท่านประสบในการบริโภคแคบหมู                                |        |
| แคบหมูไม่มีความกรอบ                                                   | 13.00  |
| แคบหมูที่ซื้อมักกลิ่นหืน                                              | 42.50  |
| แคบหมูที่ซื้อไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน                                   | 10.50  |
| ไม่ทราบว่าแคบหมูที่จำหน่ายทอดนานแล้วหรือยัง                           | 18.50  |
| ไม่สะดวกในการขนส่ง                                                    | 1.00   |
| แคบหมูแตกหักง่าย                                                      | 1.50   |
| น้ำมันที่ใช้ทอดแคบหมูขายเป็นน้ำมันเก่า                                | 12.00  |
| อื่น                                                                  | 1.00   |
| 13. ท่านมีเวลาในการทำอาหารมากน้อยเพียงใด                              |        |
| มีเวลามากเพียงพอ                                                      | 25.50  |
| มีเวลาเล็กน้อย                                                        | 60.00  |
| ไม่มีเวลา                                                             | 14.50  |

ตาราง 11 (ต่อ)

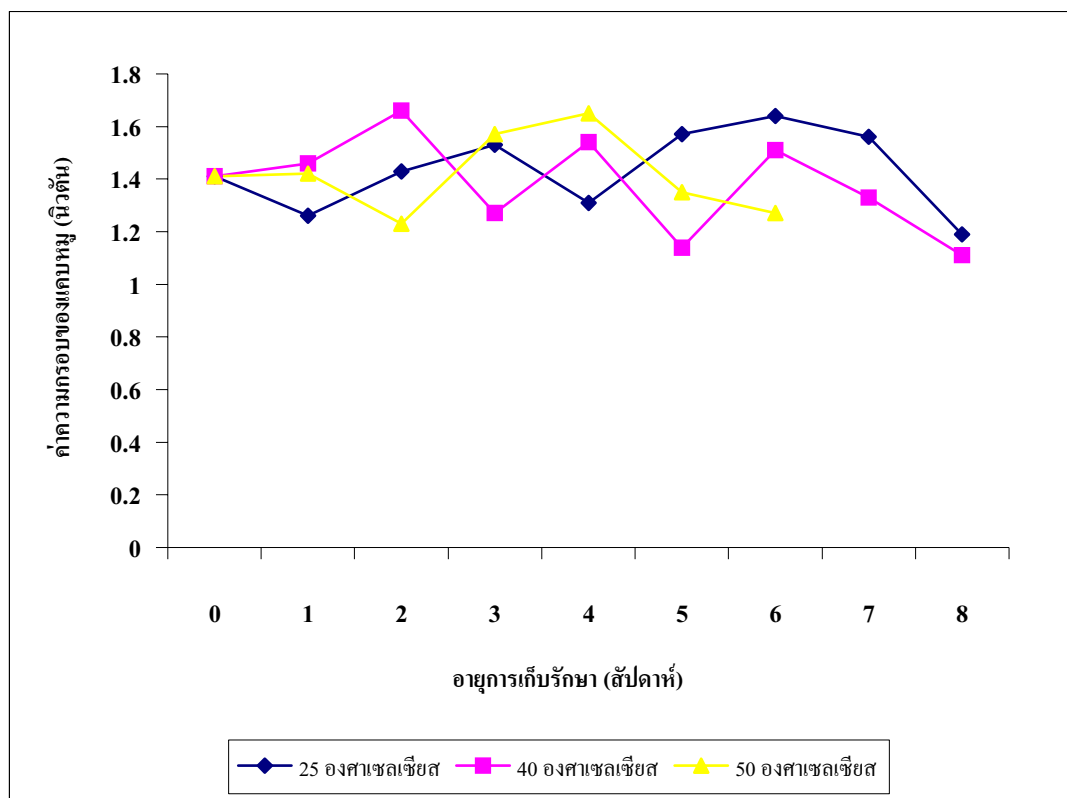
| ข้อมูล                                                                                     |                |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------|
| <b>ส่วนที่ 3</b> ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่ผ่านการอบ         |                |        |
| 14. คะแนนคุณลักษณะต่าง ๆ จากการทดสอบชิมจากผู้บริโภคทั่วไป                                  |                |        |
| ลักษณะปรากฏทั่วไป                                                                          | ได้คะแนนเฉลี่ย | 7.37   |
| ความพอตัว                                                                                  | ได้คะแนนเฉลี่ย | 7.33   |
| ความกรอบ                                                                                   | ได้คะแนนเฉลี่ย | 7.72   |
| รสชาติรวม                                                                                  | ได้คะแนนเฉลี่ย | 7.58   |
| ความชอบรวม                                                                                 | ได้คะแนนเฉลี่ย | 7.46   |
| ข้อมูล                                                                                     |                | ร้อยละ |
| 15. ผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟมีคุณภาพดีพอที่ท่านจะยอมรับได้หรือไม่            |                |        |
| ยอมรับ                                                                                     |                | 86.50  |
| ไม่ยอมรับ                                                                                  |                | 3.00   |
| ไม่แน่ใจ                                                                                   |                | 10.50  |
| 16. ถ้าผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟนี้มีจำหน่ายในท้องตลาดท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่ |                |        |
| ซื้อ (กรุณาตอบคำถามข้อ 17 ต่อ)                                                             |                | 73.00  |
| ไม่ซื้อ                                                                                    |                | 3.50   |
| ไม่แน่ใจ                                                                                   |                | 23.50  |
| 17. เหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟเพราะ                         |                |        |
| ได้รับประทานแคปซูลที่มีความสดใหม่                                                          |                | 23.00  |
| สามารถเก็บไว้ได้นาน                                                                        |                | 14.50  |
| ไม่ต้องใช้น้ำมันทอด ลดปริมาณไขมันในแคปซูล                                                  |                | 41.50  |
| ใช้เป็นของฝาก                                                                              |                | 3.00   |
| สะดวกในการรับทำเพื่อรับประทาน                                                              |                | 6.00   |
| ความทันสมัยของผลิตภัณฑ์                                                                    |                | 5.50   |
| สะดวกในการขนส่ง                                                                            |                | 1.00   |
| อื่นๆ                                                                                      |                | 0.50   |

## 5. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ทำโดยการเก็บตัวอย่างแบบหมู่งสำเร็จรูป ลงในถุง อลูมิเนียมลามิเนต (PET+PE+AL+LLDPE) โดยองค์ประกอบของถุงมีคุณสมบัติ คือ PET มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของไขมันได้ดี มีความแข็งแรงสูง PE สามารถต้านทานต่อการซึมผ่านของก๊าซ AL ป้องกันการทะลุผ่านของแสง และ LLDPE ช่วยป้องกันการซึมผ่านของน้ำและไอน้ำ (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริหาร สำนักพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริม สหกรณ์, 2547) โดยบรรจุ 25 กรัม ต่อซอง ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพ ให้ผลคุณภาพที่ตรวจสอบดังนี้

### 5.1 คุณภาพทางกายภาพ

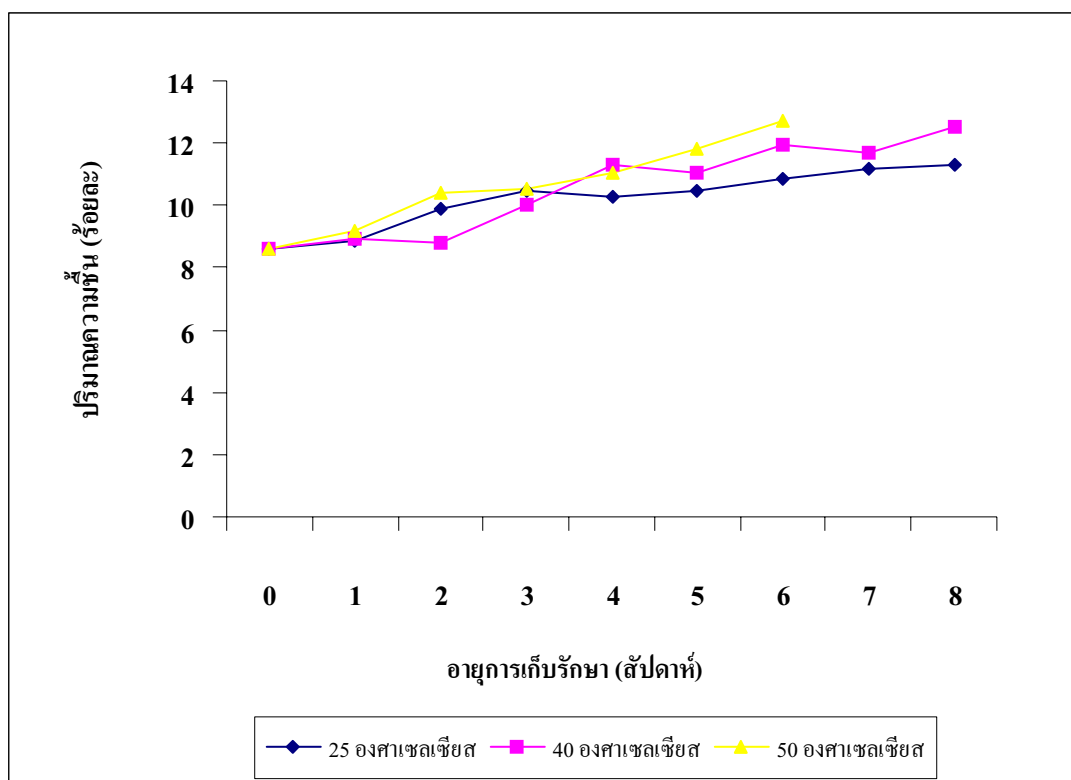
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ค่าความกรอบของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์แบบหมู่งสำเร็จรูป โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) พบว่าค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลง ดังภาพ 1 โดยค่าความกรอบของเนื้อสัมผัสทุกสภาวะอุณหภูมิไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) มีค่าความกรอบของเนื้อสัมผัสเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.65 – 1.11 นิวตัน โดยในวันเริ่มต้นแบบหมู่งมีค่าความกรอบ 1.41 นิวตัน



ภาพ 1 ค่าความกรอบของแคปซูลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

## 5.2 คุณภาพทางเคมี

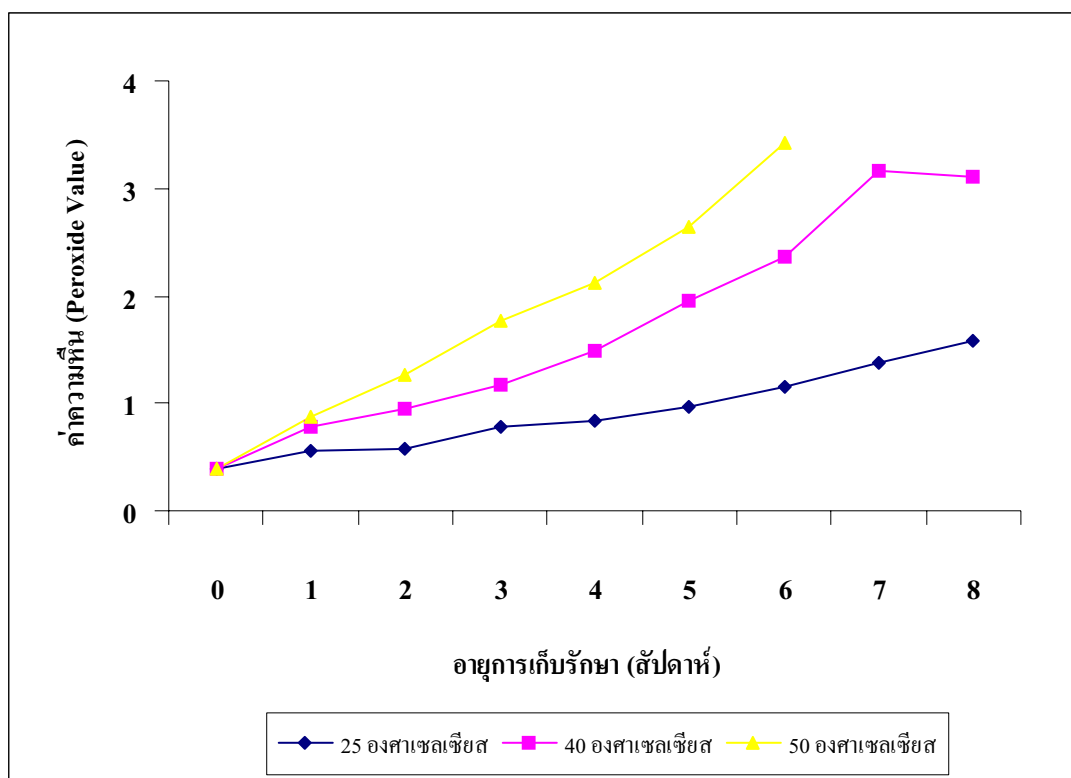
ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ ในด้านของปริมาณความชื้น พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากเดิมในวันเริ่มต้นซึ่งมีความชื้นร้อยละ 8.59 ดังภาพ 2 ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ จะสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่าย โดยค่าความชื้นทุกสภาวะอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเร็วที่สุด โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นดังกล่าวมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 8.59 – 12.69 ทั้งนี้การเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ส่งผลให้การส่งถ่ายความชื้นเป็นไปอย่างรวดเร็วกว่าสภาวะอื่นๆ อันเนื่องจากในสภาวะที่อุณหภูมิสูงจะมีการถ่ายเทและส่งถ่ายความชื้นสูงกว่าที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ ณ สภาวะความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน



ภาพ 2 ค่าความชื้นของแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

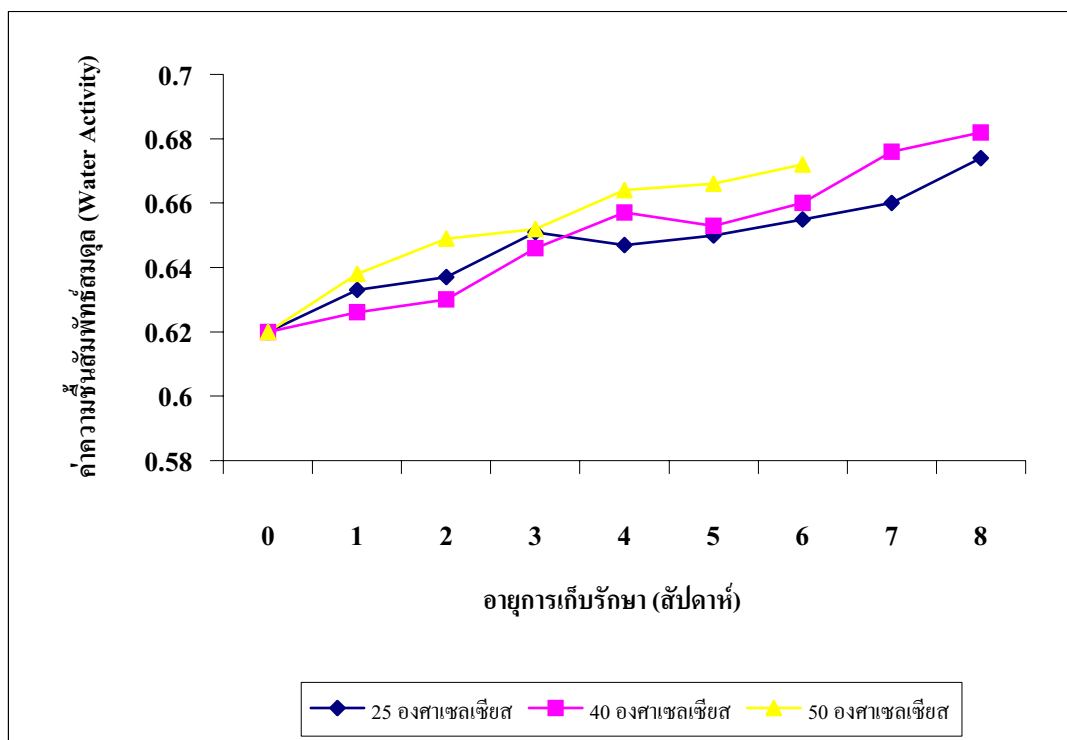
การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น (Peroxide Value) ของแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเดิมในวันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.4 ดังภาพ 3 โดยค่าความชื้น ทุกสภาวะอุณหภูมิ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด มีค่าอยู่ใน 0.4 – 3.42 ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิสูงมีส่วนในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แม้ว่าบรรจุภัณฑ์จะมีอะลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งป้องกันแสงและบรรจุแบบสุญญากาศ แต่ปฏิกิริยาการหืนสามารถเกิดขึ้นได้โดยเกิดเป็นปฏิกิริยาแบบออกซิเดชัน (นิธิยา, 2543)





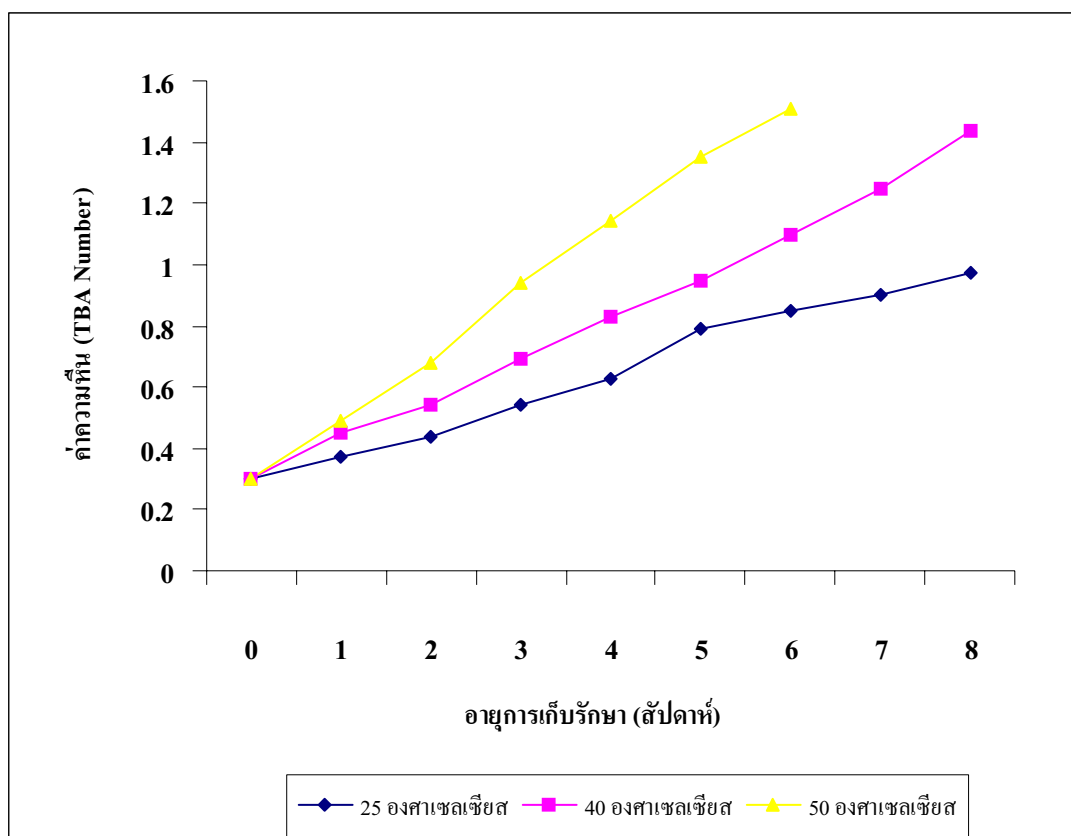
ภาพ 3 ค่าความหืน (Peroxide Value) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (Water Activity ;  $a_w$ ) ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ค่า  $a_w$  จะอยู่ในช่วง 0.62 – 0.682 โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเดิมในวันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.62 ดังภาพ 4 โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ สมดุลทุกสภาวะอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความชื้นทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทอากาศระหว่างบรรจุภัณฑ์



ภาพ 4 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Water Activity) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น (TBA Number) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเดิมในวันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 0.30 ดังภาพ 5 โดยค่าความชื้น (TBA Number) ทุกสภาวะอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่สภาวะอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเร็วที่สุด มีค่าอยู่ใน 0.30 – 1.51 ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิสูงมีส่วนในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (นิธิยา, 2543)



ภาพ 5 ค่าความหืน (TBA Number) ของแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

### 5.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ในแคปหมูกึ่งสำเร็จรูประหว่างการเก็บรักษา 0 – 8 สัปดาห์ ในสถานะอุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.62 – 0.68 และอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยในการเจริญของจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ในแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เก็บอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เก็บอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากราและยีสต์จะเจริญได้ไม่ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส แต่จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิห้อง (สุมาลี, 2541) ซึ่งอุณหภูมิห้องจะเหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิด และแบคทีเรียที่ช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จะมีผลให้การเจริญอย่างช้าๆ หรือบางชนิดก็ไม่สามารถเจริญได้ ดังนั้นจึงส่งผลให้แคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เก็บอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีปริมาณ จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ส่วนแคปหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เก็บอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ลดลง

**ตาราง 12** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)  
ของแอมโมเนียสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

| สัปดาห์ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) |                   |                   |
|---------|-------------------------|-------------------|-------------------|
|         | 25                      | 40                | 50                |
| 0       | $5.1 \times 10^3$       | $5.1 \times 10^3$ | $5.1 \times 10^3$ |
| 1       | $2.1 \times 10^3$       | $3.3 \times 10^3$ | $5 \times 10^2$   |
| 2       | $1.38 \times 10^3$      | $2.5 \times 10^3$ | <1                |
| 3       | $3 \times 10^3$         | $1.8 \times 10^3$ | <1                |
| 4       | $4.2 \times 10^3$       | $8 \times 10^2$   | <1                |
| 5       | $5.8 \times 10^3$       | <1                | <1                |
| 6       | $4.6 \times 10^3$       | <1                | <1                |
| 7       | $5.5 \times 10^3$       | <1                | -                 |
| 8       | $3.4 \times 10^3$       | <1                | -                 |

**ตาราง 13** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ ปริมาณยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)  
ของแอมโมเนียสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

| สัปดาห์ | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) |                   |                   |
|---------|-------------------------|-------------------|-------------------|
|         | 25                      | 40                | 50                |
| 0       | $4.9 \times 10^2$       | $4.9 \times 10^2$ | $4.9 \times 10^2$ |
| 1       | $1.8 \times 10^2$       | $2.6 \times 10^2$ | $1.8 \times 10^2$ |
| 2       | $2.0 \times 10^2$       | $1.8 \times 10^2$ | <1                |
| 3       | $1.4 \times 10^2$       | $1.0 \times 10^2$ | <1                |
| 4       | $3.5 \times 10^2$       | $1.5 \times 10^2$ | <1                |
| 5       | $5.1 \times 10^2$       | <1                | <1                |
| 6       | $3.7 \times 10^2$       | <1                | <1                |
| 7       | $2.6 \times 10^2$       | <1                | -                 |
| 8       | $2.1 \times 10^2$       | <1                | -                 |

#### 5.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของการทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟในภาชนะบรรจุอูมิเนียมลามิเนตในสถานะเร่งอุณหภูมิ พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทำการทดสอบจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทางด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ ความกรอบ และกลิ่นรสหืน แสดงดังตารางผนวกที่ 6, 7 และ 8 ตามลำดับ

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปบรรจุอูมิเนียมลามิเนตที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางผนวกที่ 6 เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นระดับความเข้มเฉลี่ยทางด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีระดับความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.51 - 11.45 ส่วนระดับความเข้มเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านกลิ่นหืน และกลิ่นรสหืน เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ระดับความเข้มเฉลี่ยด้านคุณลักษณะกลิ่นหืน และกลิ่นรสหืนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีระดับความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.43 - 4.80 และ 2.32 - 4.73 ตามลำดับ สำหรับการยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวมลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับจาก 7.58 - 4.46 ในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปบรรจุอูมิเนียมลามิเนตที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางผนวกที่ 7 เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นระดับความเข้มเฉลี่ยทางด้านความกรอบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในช่วงระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีระดับความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 10.66 - 11.51 ส่วนระดับความเข้มเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านกลิ่นหืน และกลิ่นรสหืน เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ระดับความเข้มเฉลี่ยด้านคุณลักษณะกลิ่นหืน และกลิ่นรสหืนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยมีระดับความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.43 - 5.46 และ 2.32 - 5.98 ตามลำดับ สำหรับการยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวมลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดจาก 7.58 - 2.92 ในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปบรรจุอูมิเนียมลามิเนตที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางผนวกที่ 8 เมื่อทำการเก็บรักษานานขึ้นระดับความเข้มเฉลี่ยทางด้านกลิ่นหืน ความกรอบ และกลิ่นรสหืน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ในช่วงระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยมีระดับความเข้มเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.43 - 4.70, 10.66 - 11.62 และ 2.32 - 5.98 ตามลำดับ สำหรับการยอมรับคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวมลดลงจนไม่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดจาก 7.58 - 2.92 ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา

การศึกษาอายุการเก็บรักษาแอมโมเนียสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ บรรจุในถุงอลูมิเนียมลามิเนตโดยบรรจุ 25 กรัม ต่อซอง ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆร่วมกับคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้นาน 42 วัน และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้นาน 56 วัน เมื่อนำข้อมูลดังกล่าว มาทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้สมการของ Labuza (1982) สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิฐานคือ 0 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง คือ 25 องศาเซลเซียส ได้ดังนี้

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_1 (^{\circ}\text{C})}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_2 (t_1 + 10) (^{\circ}\text{C})}$$

$$Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_1 (40^{\circ}\text{C})}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ } t_2 (50^{\circ}\text{C})}$$

$$\text{เมื่อ } \Delta = \text{ผลต่าง } t_1 \text{ และ } t_2$$

$$\begin{aligned} Q_{10} &= \frac{t_1}{t_2} = \frac{56}{42} = 1.3 \\ &= \frac{t_1 (\text{ทำนาย})}{t_2} \end{aligned}$$

$$\Delta = 40 - 0 = 40 \text{ และ } 40 - 25 = 15$$

$$\text{ดังนั้น } Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{t_1 (0^{\circ}\text{C})}{t_2 (40^{\circ}\text{C})}$$

$$\begin{aligned} t(0^{\circ}\text{C}) &= Q_{10}^{\Delta/10} \times t_2 (40^{\circ}\text{C}) \\ &= 1.3^{40/10} \times 56 \\ &= 159 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{และ } t(25^{\circ}\text{C}) &= Q_{10}^{\Delta/10} \times t_2 (40^{\circ}\text{C}) \\ &= 1.3^{15/10} \times 56 \\ &= 83 \end{aligned}$$

ดังนั้น เมื่อเก็บรักษาแอมโมเนียสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 159 วัน และถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 83 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับแอมโมเนียทั่วไปโดยเฉพาะความกรอบ การพองตัว และสี เมื่อเก็บไว้นานจะ

สูญเสียความกรอบ เนื่องจากดูดความชื้นจากอากาศเข้าไป แคมพูสามารถเก็บไว้ในถุง Polyethylene (ที่มีการบรรจุแคมพูขายในท้องตลาด) ได้นานประมาณ 1 สัปดาห์เท่านั้น (กิตติศักดิ์, 2546) ทำให้เกิดปัญหาเรื่องของระยะเวลาการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีระยะเวลาที่สั้นมาก การเปลี่ยนการจำหน่ายเป็นแบบผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป สามารถขยายตลาดในการจำหน่ายได้มากขึ้น เพราะจำหน่ายในลักษณะกึ่งสำเร็จรูป ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการอายุการจำหน่ายที่นานมากขึ้นกว่าเดิม และปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปเข้ามามีบทบาทในชีวิตของคนเรามากขึ้น เนื่องจากต้องเร่งรีบแข่งขันมากขึ้นแต่เช้าออกไปทำงาน และแม่บ้านต้องออกไปทำงานนอกบ้าน จึงไม่สะดวกที่จะทำอาหารที่มีขั้นตอนยุ่งยากและซับซ้อน ทำให้อาหารกึ่งสำเร็จรูปได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเพราะปรุงง่าย ใช้เวลาไม่นานก็นำมารับประทานได้ อีกทั้งยังสามารถซื้อไว้ติดครัวได้ และการอบด้วยไมโครเวฟใช้เวลาในขั้นตอนการปฏิบัติที่ง่าย ไม่ยุ่งยาก สะดวก และรวดเร็วจะไม่ทำให้อาหารเกิดการไหม้ ซึ่งส่วนที่ไหม้ของอาหารเป็นสาเหตุหนึ่งของการก่อเกิดของโรคมะเร็งได้ และทำให้ผู้บริโภคได้รับประทานแคมพูที่ทำเสร็จใหม่ๆ

### สรุปผลการวิจัย

สถานะที่เหมาะสมในการผลิตแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ คือ นำหนังหมูไปอบเพื่อลดความชื้น โดยใช้เครื่องอบแห้งตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และนำไปอุ่นในน้ำมันเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่ได้มี ความยาว 10 เซนติเมตร บรรจุน้ำหนัก 25 กรัมต่อถุง นำไปอบในไมโครเวฟที่ความร้อน 900 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์แคปซูลที่มีปริมาณความชื้นโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า ร้อยละ 3.06, 73.8, 11.30, 5.8, 0.78 และ 5.26 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบคุณภาพแคปซูลที่ผลิตได้จากการอบด้วยไมโครเวฟกับแคปซูลที่จำหน่ายตามตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าแคปซูลที่ผลิตได้จากการอบด้วยไมโครเวฟมีปริมาณไขมันที่ร้อยละ 11.30 ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าแคปซูลที่มีขายตามตลาดซึ่งมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 22.58 - 34.96 และผู้บริโภคได้ให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ตามความรู้สึกของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ ความพองตัว ความกรอบ รสชาติรวม และความชอบรวมมีระดับคะแนนเฉลี่ย คือ 7.37, 7.33, 7.72, 7.58 และ 7.46 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูป ร้อยละ 86.5 และมีความต้องการซื้อร้อยละ 73.00 โดยเหตุผลสำคัญของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 41.50 คือไม่ต้องใช้น้ำมันทอด และลดปริมาณไขมันในแคปซูล

ต้นทุนการผลิตแคปซูลสำเร็จรูปถึงสำเร็จรูป โดยไม่รวมราคาของบรรจุภัณฑ์ พบว่ามีต้นทุนในการผลิตประมาณ 80 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ราคาของต้นทุนการผลิตจะแปรผันตามราคาของหนังหมูสดเป็นหลัก

การเก็บรักษาแคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 159 วัน และถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 83 วัน



### เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ จันทนสกุลวงศ์, เชียรญา สอนอ่อน และพีรพัฒน์ ทรัพย์พนาชัย. 2546. การศึกษาอายุการเก็บของแคบหมูในฟิล์มและวิธีการบรรจุที่แตกต่างกัน. สาขาวิชาเทคโนโลยีการบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู, กรุงเทพฯ. 5 น.
- กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริหาร สำนักพัฒนาธุรกิจสหกรณ์ กรมส่งเสริมสหกรณ์. 2547. คู่มือการผลิตสินค้าชุมชนหมวดอาหารและเครื่องดื่มที่ได้มาตรฐาน. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 262 น.
- ข่าวผู้จัดการออนไลน์. มปป. “น้ำมันทอดซ้ำทำดีเอ็นเอกลายพันธุ์” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://www.myscientists.com/consumer\\_report/](http://www.myscientists.com/consumer_report/) (23 พฤษภาคม 2548)
- โครงการสารานุกรมไทย. มปป. “การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK19/chapter3/t19-3-14.htm> (19 ตุลาคม 2548)
- ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ. มปป. “การทำแคบหมู”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/occupation/453.html> (17 ตุลาคม 2548)
- ธนวัฒน์ ชาญชัยกร. 2542. การพัฒนากระบวนการผลิตแคบหมูและการทดสอบผู้บริโภค. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 29 น.
- นิธิยา รัตนปนนท์. 2543. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 473 น.
- บริษัท ไทยการไฟฟ้า จำกัด. มปป. เคล็ดลับการปรุงอาหารด้วยเตาไมโครเวฟชาร์ป. 88 น.
- บรรจบ ชุณหสวัสดิกุล. 2544. “สารพิษในน้ำมันทอดซ้ำ”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [http://www.tistr.or.th/t/publication/page\\_area\\_show\\_bc.asp?i1=90&i2=9996](http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=90&i2=9996) (2 มิถุนายน 2549)
- พันธิพา จันทวัฒน์, ณรงค์ นิยมวิทย์ และ ธเนศ แก้วกำเนิด. 2532. ผลของความชื้น การกระจายความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้ทอดที่มีผลต่อคุณภาพของแคบหมู. อาหาร. 19(2) : 79-88
- ยั้งศักดิ์ จงเลิศเจษฎาวงศ์. มปป. “ศิลปศาสตร์การอาหาร” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.yingsakfood.com/webboard/Question.asp?GID=2143> (17 ตุลาคม 2548)
- รุ่งนภา วิสิษฐุการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 169 น.

- เรณู ปิ่นทอง. 2546. บทปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหารขั้นสูง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร, เชียงใหม่. 46 น.
- วัชรินทร์ ปิยะรัตน์. 2531. การให้ความร้อนในระบบไมโครเวฟในอุตสาหกรรมอาหาร. อาหาร. 18(1) : 41 – 47.
- ศิริรัตน์ ฉัตรวัฒนกำจร. 2548. สัมมนา. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของกึ่งแข็งที่ทำจากซูริมิ ด้วยการอุ่นให้ความร้อนโดยเตาไมโครเวฟ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตลำปาง. ลำปาง. 31 น.
- หนังสือพิมพ์มติชน. 2546. “คอลัมน์รู้ไปไม้อัด. การถนอมอาหารโดยการทำแห้ง” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.matichon.co.th> (19 ตุลาคม 2548)
- สถาบันอาหาร. มปป. “การแปรรูปอาหาร (แคบหมู)”. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://www.nfi.or.th/recycle/pdf/P00057.pdf> (17 พฤษภาคม 2549)
- สุจินต์ พราวพันธุ์. 2548. “ภาชนะที่ใช้กับเตาไมโครเวฟ”. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา <http://dnfe5.nfe.go.th/localdata/webimags/story139micro-wave.html> (19 ตุลาคม 2548)
- สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. กรุงเทพฯ, 248 น.
- อาหารไทย. 2548. “แคบหมู” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.horapa.com/content.php?Category=Thai&No=416> (23 พฤษภาคม 2548)
- A. Altan and M. Maskan. 2004. “Microwave Assisted Drying of Short-Cut (Ditalini) Macaroni: Cooking Process and Textural Properties”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://fst.sagepub.com/cgi/content/abstract> (21 ตุลาคม 2548)
- Ask the experts : Chemistry. 1999. “What is Jell-O? How does it turn from a liquid to a solid when it cools?”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา [www.sciam.com/askexpert\\_question.cfm](http://www.sciam.com/askexpert_question.cfm) 24 พฤศจิกายน 2548
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official Method of Analysis Association of Official Analytical Chemist Inc. Arlington Virginia, USA. 1141 p.
- Labuza, T.P. 1982. Moisture gain and loss in packaged foods. Food Tech. 36(4): 92-94.
- Lawless, H.T. 1998. Sensory Evaluation of Food : Principles and Practices. Chapman&Hall, Inc., New York. 819 p.
- Marsh, T.S. 1986. Shelflife. The Wiley Encyclopedis of Packaging Technology. John Wiley and Sons, Inc., New York. 754 p.

Michael W. King. 2005. “Biochemistry subject list. Protein Structure”. [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา <http://web.indstate.edu/thcme/mwking/protein-structure.html>

(7 พฤศจิกายน 2548)

Matz, S.A. 1970. Manufacture of breakfast cereal. อ้างโดยพันธิพา และคณะ. ผลของความชื้น  
การกระจายความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้ทอดที่มีผลต่อคุณภาพของแคบหมู. อาหาร.

19(2) : 79-88

Quast, Q.G. and M. Karel. 1973. Simulating shelf-life modern packaging. J. of Food Sci.

46 (3) : 50-54.

Science of meat. 1990 “What make juicy and tender?”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://www.exploratorium.edu/cooking/meat/INT-what-makes-juicy.html>

(3 พฤศจิกายน 2548)

### ภาคผนวก ก

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและแบบสอบถาม

### ใบประเมินผลการทดสอบ Hedonic scaling test

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ แคบหมู

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่ให้แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละลักษณะโดยที่

9 = ชอบมากที่สุด

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

8 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบปานกลาง

7 = ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบเล็กน้อย

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = เฉยๆ

| รหัสตัวอย่าง      |  |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| ลักษณะปรากฏทั่วไป |  |  |  |  |  |
| ความกรอบ          |  |  |  |  |  |
| ความยาว           |  |  |  |  |  |
| ความชอบรวม        |  |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

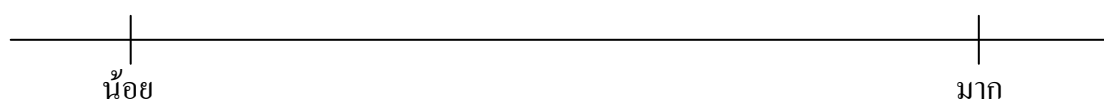
.....

**แบบรายงานผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ**  
**ผลิตภัณฑ์แคปหมูกิ่งสำเร็จรูป**

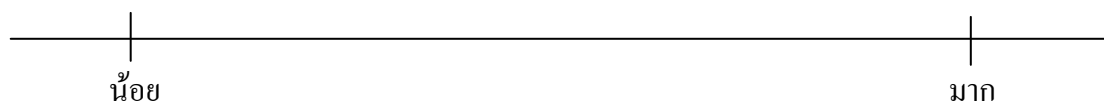
ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....ครั้งที่.....รหัสตัวอย่าง.....

**คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส**

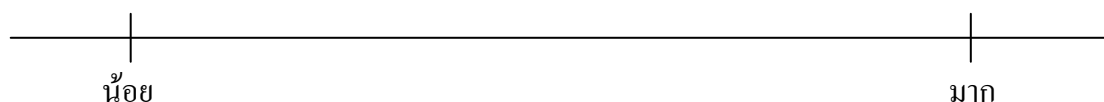
1. กลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์



2. ความกรอบ



3. กลิ่นรสหืน



คะแนนคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยรวม เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม

|                      |   |  |              |   |   |  |            |   |   |  |                   |    |
|----------------------|---|--|--------------|---|---|--|------------|---|---|--|-------------------|----|
| 1                    | 2 |  | 3            | 4 | 5 |  | 6          | 7 | 8 |  | 9                 | 10 |
| Reject               |   |  | Unacceptable |   |   |  | Acceptable |   |   |  | Match             |    |
| (ไม่ยอมรับมากที่สุด) |   |  | (ไม่ยอมรับ)  |   |   |  | (ยอมรับ)   |   |   |  | (ยอมรับมากที่สุด) |    |

### แบบสอบถาม

#### การยอมรับของผู้บริโภคต่อแคหมู

**คำอธิบาย** ผลิตภัณฑ์แคหมูกึ่งสำเร็จรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเอาหนังหมูมาผ่านกรรมวิธีการอบและต้มในน้ำมัน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์แคหมูกึ่งสำเร็จรูปดังกล่าวอบด้วยไมโครเวฟ จะได้แคหมูที่มีลักษณะกรอบพอง มีกลิ่นหอม พร้อมรับประทาน

**คำแนะนำ** กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในวงเล็บหน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม

#### ส่วนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ให้สัมภาษณ์

##### 1. เพศ

( ) หญิง      ( ) ชาย

##### 2. อายุ

( ) น้อยกว่า 20 ปี      ( ) 20-30 ปี      ( ) 31-40 ปี  
( ) 41-50 ปี      ( ) มากกว่า 50 ปี

##### 3. การศึกษา

( ) ประถมศึกษา      ( ) มัธยมศึกษา  
( ) ปริญญาตรี      ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

##### 4. รายได้ต่อเดือน

( ) น้อยกว่า 5,000 บาท      ( ) 5,001-10,000 บาท  
( ) 10,001-20,000 บาท      ( ) มากกว่า 20,000 บาท

##### 5. อาชีพ

( ) นักเรียน/นักศึกษา      ( ) พนักงานบริษัทเอกชน  
( ) รัฐวิสาหกิจ      ( ) ค้าขายธุรกิจส่วนตัว  
( ) รับจ้าง      ( ) เกษตรกร  
( ) ข้าราชการ      ( ) แม่บ้าน  
( ) อื่น ๆ.....

**ส่วนที่ 2** ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคแคบหมู

6. ท่านชอบรับประทานแคบหมูหรือไม่

- ( ) ชอบ  
( ) ไม่ชอบ เหตุผล.....

7. ความถี่ในการรับประทานผลิตภัณฑ์แคบหมู

- ( ) ทุกวัน  
( ) 2 – 3 วันต่อครั้ง  
( ) สัปดาห์ละครั้ง  
( ) เดือนละครั้ง  
( ) นาน ๆ ครั้ง

8. เหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อแคบหมู คือ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ( ) สะดวกในการรับประทาน ( ) หาซื้อได้ง่าย  
( ) ราคาถูก ( ) ใช้เป็นของฝาก  
( ) เป็นเครื่องเคียงอาหารชนิดอื่น ( ) รสชาติดี  
( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

9. สถานที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์แคบหมู (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ( ) ร้านขายของชำ  
( ) ร้านอาหาร  
( ) ตลาดสด  
( ) ซูเปอร์สโตร์ เช่น บิ๊กซี, แมคโคร เป็นต้น  
( ) อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

10. เหตุผลสำคัญที่สุดที่ท่านซื้อแคบหมูจากสถานที่จัดจำหน่าย (ตามข้อ 9)

- ( ) รสชาติดี  
( ) แคบหมูมีความสดใหม่  
( ) สะอาดน่ารับประทาน  
( ) สะดวกในการซื้อ



11. สถานที่รับประทานผลิตภัณฑ์เคบหมู (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ( ) ร้านอาหาร
- ( ) ที่ทำงาน
- ( ) บ้านพัก/หอพัก
- ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

12. ปัญหาที่ท่านประสบในการบริโภคเคบหมู (เลือกตอบ 1 ข้อ)

- ( ) เคบหมูไม่มีความกรอบ
- ( ) เคบหมูที่ซื้อหามีกลิ่นหืน
- ( ) เคบหมูที่ซื้อไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน
- ( ) ไม่ทราบว่าเคบหมูที่จำหน่ายทอดจนานแล้วหรือยัง
- ( ) ไม่สะดวกในการขนส่ง
- ( ) เคบหมูแตกหักง่าย
- ( ) น้ำมันที่ใช้ทอดเคบหมูขายเป็นน้ำมันเก่า
- ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

13. ท่านมีเวลาในการทำอาหารมากน้อยเพียงใด (เลือกตอบ 1 ข้อ)

- ( ) มีเวลามากเพียงพอ
- ( ) มีเวลาเล็กน้อย
- ( ) ไม่มีเวลา

### ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

วิธีบริโภค : นึกของแคะหมู ใส่จานไมโครเวฟโดยวางแคะหมูให้กระจายไม่ติดกัน อบที่ 800 - 900 วัตต์ หรือที่ระดับไฟสูงเป็นเวลา 2-3 นาที จากนั้นแคะหมูจึงพร้อมรับประทาน

กรุณาชิมผลิตภัณฑ์แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ตามระดับความชอบของท่าน

| คุณลักษณะ         | ชอบมากที่สุด | ชอบมาก | ชอบปานกลาง | ชอบเล็กน้อย | เฉยๆ | ไม่ชอบเล็กน้อย | ไม่ชอบปานกลาง | ไม่ชอบมาก | ไม่ชอบที่สุด |
|-------------------|--------------|--------|------------|-------------|------|----------------|---------------|-----------|--------------|
| ลักษณะปรากฏทั่วไป |              |        |            |             |      |                |               |           |              |
| ความพองตัว        |              |        |            |             |      |                |               |           |              |
| ความกรอบ          |              |        |            |             |      |                |               |           |              |
| รสชาติรวม         |              |        |            |             |      |                |               |           |              |
| ความชอบรวม        |              |        |            |             |      |                |               |           |              |

14. ผลิตภัณฑ์แคะหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟมีคุณภาพดีพอที่ท่านจะยอมรับได้หรือไม่

- ( ) ยอมรับ  
 ( ) ไม่ยอมรับ เพราะ.....  
 ( ) ไม่แน่ใจ เพราะ.....

15. ถ้าผลิตภัณฑ์แคะหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟนี้มีจำหน่ายในท้องตลาดท่านคิดว่าจะซื้อหรือไม่

- ( ) ซื้อ (กรุณาตอบคำถามข้อ 16 ต่อ) ( ) ไม่ซื้อ เพราะ.....  
 ( ) ไม่แน่ใจ เพราะ.....

16. เหตุผลสำคัญในการตัดสินใจซื้อแคะหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟเพราะ (ตอบเพียง 1 ข้อ)

- ( ) รับประทานแคะหมูที่มีความสดใหม่ ( ) สามารถเก็บไว้ได้นาน  
 ( ) ไม่ต้องใช้น้ำมันทอด ลดปริมาณไขมันในแคะหมู ( ) ใช้ง่ายของฝาก  
 ( ) สะดวกในการรับประทานเพื่อรับประทาน ( ) ความทันสมัยของผลิตภัณฑ์  
 ( ) สะดวกในการขนส่ง ( ) อื่นๆ (โปรดระบุ)

### ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

## การวัดการพองตัว

### 1. วิธีการหาค่าดัชนีการพองตัว (ประยุกต์จากวิธี seed displacement)

#### อุปกรณ์

1. ถ้วยปากเรียบ
2. กระจกบอกลวด (cylinder)
3. สเปกตูลา (spectula)
4. ไมโครเวฟรุ่น EMM 2450 ยี่ห้อ Electrolux

#### วิธีการ

1. นำเมล็ดงาเหลืองในถ้วยปากเรียบให้เต็มและปาดให้เรียบ นำไปวัดปริมาณโดยใช้กระจกบอกลวด (ปริมาตรของเมล็ดงา)
2. นำน้ำหนักก่อนอบหนัก 30 กรัม ใส่ลงในถ้วยใบเดิม นำเมล็ดงาใส่ไปจนเต็ม และปาดให้เรียบ แยกเอาชิ้นน้ำหนักก่อนอบออกก่อน จากนั้นนำเมล็ดงาไปวัดปริมาณโดยใช้กระจกบอกลวด นำปริมาตรที่วัดได้ลบกับปริมาตรของเมล็ดงา จะได้เป็นปริมาตรของน้ำหนักก่อนอบ
3. ปริมาตรของแคปหมูมีวิธีการทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2 เพียงแต่เปลี่ยนจากน้ำหนักก่อนอบเป็นแคปหมูที่ผ่านการอบแล้ว (ปริมาตรของแคปหมู)
4. คำนวณหาค่าดัชนีการพองตัว

$$\text{ดัชนีการพองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของแคปหมู}}{\text{ปริมาตรของน้ำหนักก่อนอบ}} \times 100$$

## 2. วิธีการหาอัตราการพองตัว

### อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า
2. ไมโครเวฟรุ่น EMM 2450 ยี่ห้อ Electrolux

### วิธีการ

1. นำแคปซูลที่สำเร็จรูปอบในเตาไมโครเวฟ จากนั้นนำแคปซูลที่ได้ชั่งน้ำหนักทั้งหมดเป็นปริมาณ (A1)
2. แบ่งแคปซูลที่ได้เป็นสองส่วน โดยให้ส่วนแรกเป็นส่วนที่พองตัว และส่วนที่สองเป็นส่วนที่ไม่พองตัว
3. นำแคปซูลส่วนที่พองตัวไปชั่งน้ำหนัก (A2) จดบันทึกผล แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการพองตัว

$$\text{อัตราการพองตัว (ร้อยละ)} = \frac{(A2) \times 100}{(A1)}$$

## 3. การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น คัดแปลงจาก AOAC (1990)

### อุปกรณ์

1. ตู้อบความร้อน (Hot air oven)
2. โถดูดความชื้น (Desicator)
3. ภาชนะสำหรับหาความชื้น (Moisture can)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจำนวน 5 กรัม ใส่ลงในภาชนะสำหรับหาความชื้นผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนัก นำไปอบซ้ำหลายๆครั้งจนได้น้ำหนักที่คงที่

### 3. กำหนดหาปริมาณความชื้นที่หายไป

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

### 4. การหาปริมาณเถ้าทั้งหมด ดัดแปลงจาก AOAC (1990)

#### อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้องซิลิกา (Porcelain crucible)
2. เตาเผาเถ้า (Muffle furnace)
3. โถดูดความชื้น (Desicator)
4. เตาให้ความร้อน (Hot plate)

#### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนจำนวน 5 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องซิลิกาที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผาบนเตาให้ความร้อนจนกระทั่งตัวอย่างหมดควัน
2. นำตัวอย่างที่ผ่านการเผาจนหมดควันไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500–550 องศาเซลเซียส นาน 4–6 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้เพื่อกำหนดหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้าทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้าหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

### 5. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ดัดแปลงจาก AOAC (1990)

#### อุปกรณ์

1. กระดาษกรอง (Gerhardt Micro-kjeldahl digestion unit)
2. ชุดเครื่องกลั่น (Macro-kjeldahl distillation apparatus)
3. ฟลาสก้อย่อย (Digestion flask)

## สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. Sulfuric acid)
2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 N (0.1 N Hydrochloric acid)
3. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 (4 % Boric acid)
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 (40 % NaOH)
5. คะตะลิสต์ผสม (คอปเปอร์ซัลเฟต ( $\text{CuSO}_4$ ) กับ โพแทสเซียมซัลเฟต ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ในอัตราส่วน 0.5 ต่อ 10 ตามลำดับ)
6. อินดิเคเตอร์ (สารละลายเมทิลเรด (Methyl red) และสารละลายโบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) ในสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในอัตราส่วน 1:5)

## วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอน จำนวน 0.5 – 1 กรัม ใส่ในพลาสติกย่อย
2. เติมกะตะลิสต์ผสมร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักตัวอย่าง และกรดซัลฟูริกเข้มข้นจำนวน 10 – 15 มิลลิลิตร นำไปย่อยบนเตาย่อยโดยค่อยๆเพิ่มความร้อนในการย่อย พยายามวางพลาสติกเฉียงเล็กน้อย ย่อยตัวอย่างในพลาสติกจนใส (ประมาณ 3 – 4 ชั่วโมง) ปลดทิ้งไว้ให้เย็น
3. เติมน้ำกลั่นโดยถ่ายใส่ในขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. เตรียมขวดหรือพลาสติกที่มีสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 25 มิลลิลิตร ที่ผสมอินดิเคเตอร์ สำหรับสารที่กลั่นได้จากปลาย condenser ของเครื่องกลั่น (ปลาย condenser จุ่มอยู่ในสารละลายบอริก)
5. คูณสารละลายในข้อ 3. จำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ลงใน distilling flask ของเครื่องกลั่น เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 จำนวน 20 มิลลิลิตร ลงใน distilling flask กลั่นจนกระทั่งขวดรับสารที่กลั่นมีปริมาตรของสารละลายอย่างน้อย 50 มิลลิลิตร (ในระหว่าง การกลั่นจะเกิดแอมโมเนียขึ้นและถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว)
6. ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายทั้งหมดไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 M จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูแดง
7. คำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A - B) \times N \times 14/1000 \times V_1 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} \times V_2} \times \text{CF}$$

กำหนดให้

$A$  = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

$B$  = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท Blank

$V_1$  = ปริมาตรทั้งหมดของตัวอย่างที่ถูกเจือจางในขวดปรับปริมาตรหลังการย่อย

$V_2$  = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใส่ใน Distillating flask ของเครื่องกลั่น

$N$  = Normality หรือความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท

$CF$  = Conversion factor สำหรับเปลี่ยนค่าไนโตรเจนให้เป็นโปรตีน

## 6. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ดัดแปลงจาก AOAC (1990)

### อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxhlet apparatus)
3. โถดูดความชื้น (Descicator)
4. ฟลาสก์ก้นกลม (Flate round bottom flask)
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

### สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) จุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

### วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ใน thimble ปิดด้วยสำลีที่สกัดเอาไขมันออกแล้ว (defatted cotton wool)
2. ใส่ thimble ลงในชุดแยกสกัด (extraction unit) ของเครื่องวิเคราะห์ เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ประมาณ 300 มิลลิลิตร ลงในฟลาสก์ก้นกลม และต่อเข้ากับชุดสกัด ใช้เวลาในการสกัดไขมันนาน 6-8 ชั่วโมง เมื่อครบเวลากลับปิโตรเลียมอีเทอร์เพื่อเก็บไว้ใช้ในงานอื่นๆ ต่อไป นำฟลาสก์ก้นกลมซึ่งมีไขมันหรือน้ำมันที่สกัดได้ไประเหยเอาตัวทำละลายออกเกือบหมด
3. นำฟลาสก์ก้นกลมที่มีไขมันที่สกัดได้ ไปอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
4. ชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้จากการสกัด คำนวณหาปริมาณไขมัน



$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)}}$$

## 7. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย ดัดแปลงจาก AOAC (1990)

### อุปกรณ์

1. เครื่องย่อย
2. เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิได้
3. ครุชีเบิ้ลแก้ว (Glass crucible)
4. โถดูดความชื้น (Descicator)
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

### สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 (1.25 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 (1.25 %  $\text{NaOH}$ )

### วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างโดยบดให้ละเอียด โดยตัวอย่างนั้นต้องผ่านการสกัดไขมันออกก่อน
2. นำครุชีเบิ้ลแก้วอบที่อุณหภูมิ 100 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเข้าโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนัก 1 กรัม ใส่ลงในครุชีเบิ้ลแก้ว ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
4. จากนั้นนำไปเข้าเครื่องสกัดเส้นใย โดยเติมกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 300 มิลลิลิตร เมื่อเดือดจับเวลา 30 นาที เพื่อต้มตัวอย่างย่อยสลายพวกโปรตีน
5. ทำการกรองตัวอย่าง จากนั้นเติมน้ำกลั่นที่ต้มเดือดลงไปเพื่อทำการล้างกรด  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ที่ตกค้างอยู่ กรองตัวอย่างอีกครั้ง
6. เติมสารละลาย  $\text{NaOH}$  ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 จำนวน 300 มิลลิลิตร เมื่อเดือดจับเวลา 30 นาที เพื่อต้มตัวอย่างย่อยสลายพวกคาร์โบไฮเดรต ทำการกรองและล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน
7. นำตัวอย่างใน ครุชีเบิ้ลแก้ว ไปอบที่อุณหภูมิ 100 – 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแห้งที่เหลืออยู่

8. นำกากตัวอย่างพร้อมกระดาศกรองใส่ลงใน porcelain crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำตัวอย่างไปเผาจนหมดควันบน hot plate จากนั้นนำไปเผาต่อในเตาเผาเถ้าที่อุณหภูมิ 500 – 550 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้ นำไปคำนวณหาปริมาณเยื่อใย

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของกากหลังการอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักเถ้า (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

## 8. การหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รา คัดแปลงจาก เรณู (2546)

### อุปกรณ์

1. เพลต
2. ปิเปต
3. ตะเกียงแอลกอฮอล์
4. หลอดทดลองบรรจุ peptone water
5. ขวดบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar และ potato dextrose agar

### วิธีการ

1. ทำเชื้อจากอาหารโดยชั่งตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ใส่ในสารละลาย peptone 90 มิลลิลิตร จำนวน 1 ขวด จากนั้นทำการดูดสารละลายที่ได้ทำการเจือจางที่  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  และ  $10^{-4}$
2. ปิเปตตัวอย่างอาหารเจือจางระดับ  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  และ  $10^{-4}$  จำนวนละ 1 มิลลิลิตร ลงในเพลต โดยทำ dilution ละ 4 จาน โดย 2 จานหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar และที่เหลืออีก 2 จาน หาปริมาณยีสต์และรา ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar
3. ทำการ shake plate บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โดยการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จะวางจานแบบคว่ำ และการหาปริมาณยีสต์และรา จะวางจานแบบไม่คว่ำ

## 9. การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต (James, 1992)

$$\text{คาร์โบไฮเดรต (\%)} = 100 - (\% \text{ความชื้น} + \% \text{เถ้า} + \% \text{ไขมัน} + \% \text{โปรตีน} + \% \text{เยื่อใย})$$

**ภาคผนวก ก**  
**คำนวณต้นทุนการผลิต**

**ตารางผนวกที่ 1** การคำนวณต้นทุนการผลิตจากการวิจัย

| วัตถุดิบ                                                           | จำนวนที่ใช้<br>(กรัม) | ราคา / หน่วย<br>(บาท/กก.) | จำนวนเงิน<br>(บาท) |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| 1. หนั้หมู                                                         | 1,000.00              | 60.00                     | 60.00              |
| 2. พริกไทย                                                         | 1.40                  | 160.00                    | 0.22               |
| 3. เกลือป่น                                                        | 14.00                 | 10.00                     | 0.14               |
| 4. ผงชูรส                                                          | 0.86                  | 200.00                    | 0.17               |
| 5. ซีอิ๊วขาว (สูตร 1)                                              | 42.86                 | 54.00                     | 2.30               |
| 6. กระเทียม                                                        | 3.00                  | 30.00                     | 0.09               |
| 7. น้ำตาล                                                          | 5.71                  | 20.00                     | 0.11               |
| 8. น้ำมันปาล์ม                                                     | 120                   | 35.00                     | 4.20               |
| ต้นทุนวัตถุดิบ (ได้ผลิตภัณฑ์ 0.48 กก.)                             |                       |                           | 67.23              |
| ค่าไฟฟ้า 0.5 บาท/ ชั่วโมง / หนั้หมู 1 กก. ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง |                       |                           | 1.50               |
| ต้นทุนวัตถุดิบ+ค่าไฟฟ้า                                            |                       |                           | 68.73              |
| ผลิตภัณฑ์แคบหมู 0.48 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต                      |                       |                           | 68.73              |
| ผลิตภัณฑ์แคบหมู 1 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน                             |                       |                           | 143.19             |
| ถุงลามิเนต 1 ใบ เป็นเงิน                                           |                       |                           | 1.09               |
| ผลิตภัณฑ์แคบหมู 1 กิโลกรัม ใช้ถุงลามิเนต 40 ใบ เป็นเงิน            |                       |                           | 43.60              |
| ดังนั้นผลิตภัณฑ์แคบหมู 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต                  |                       |                           | 143.19             |
| ผลิตภัณฑ์แคบหมู 1 กิโลกรัม รวมบรรจุภัณฑ์มีต้นทุนการผลิต            |                       |                           | 186.79             |
| ผลิตภัณฑ์แคบหมู 1 ถุง บรรจุ 25 กรัม เป็นเงิน                       |                       |                           | 4.67               |

**ตารางผนวกที่ 2** การคำนวณต้นทุนการผลิตคิดจากราคาต้นทุนของผู้ประกอบการจริง

| วัตถุดิบ                                                           | จำนวนที่ใช้<br>(กรัม) | ราคา / หน่วย<br>(บาท/กก.) | จำนวนเงิน<br>(บาท) |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|
| 1. หนั้หมู                                                         | 1,000.00              | 30.00                     | 30.00              |
| 2. พริกไทย                                                         | 1.40                  | 160.00                    | 0.22               |
| 3. เกลือป่น                                                        | 14.00                 | 10.00                     | 0.14               |
| 4. ผงชูรส                                                          | 0.86                  | 200.00                    | 0.17               |
| 5. ซีอิ๊วขาว (สูตร 1)                                              | 42.86                 | 54.00                     | 2.30               |
| 6. กระเทียม                                                        | 3.00                  | 30.00                     | 0.09               |
| 7. น้ำตาล                                                          | 5.71                  | 20.00                     | 0.11               |
| 8. น้ำมันปาล์ม                                                     | 120                   | 35.00                     | 4.20               |
| ต้นทุนวัตถุดิบ (ได้ผลิตภัณฑ์ 0.48 กก.)                             |                       |                           | 37.23              |
| ค่าไฟฟ้า 0.5 บาท/ ชั่วโมง / หนั้หมู 1 กก. ใช้เวลาในการอบ 3 ชั่วโมง |                       |                           | 1.50               |
| ต้นทุนวัตถุดิบ+ค่าไฟฟ้า                                            |                       |                           | 38.73              |
| ผลิตภัณฑ์แคะหมู 0.48 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต                      |                       |                           | 38.73              |
| ผลิตภัณฑ์แคะหมู 1 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน                             |                       |                           | 80.69              |
| ถุงลามิเนต 1 ใบ เป็นเงิน                                           |                       |                           | 1.09               |
| ผลิตภัณฑ์แคะหมู 1 กิโลกรัม ใช้ถุงลามิเนต 40 ใบ เป็นเงิน            |                       |                           | 43.60              |
| ดังนั้นผลิตภัณฑ์แคะหมู 1 กิโลกรัม มีต้นทุนการผลิต                  |                       |                           | 80.69              |
| ผลิตภัณฑ์แคะหมู 1 กิโลกรัม รวมบรรจุภัณฑ์มีต้นทุนการผลิต            |                       |                           | 124.29             |
| ผลิตภัณฑ์แคะหมู 1 ถุง บรรจุ 25 กรัม เป็นเงิน                       |                       |                           | 3.11               |

### ภาคผนวก ง

ภาพผลิตภัณฑ์แคปซูลสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ



ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะแคบหมูจากหนังหมูที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ



ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะแคบหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 30 นาที ที่ผ่านการตม้น้ำมัน ณ เวลาต่างๆ





ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะแคบหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง ที่ผ่านการต้มน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ



ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะแคบหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 1.30 ชั่วโมง ที่ผ่านการต้มน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ





ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะแคบหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ที่ผ่านการดม้น้ำมัน ณ เวลาต่างๆ



ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะแคบหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 2.30 ชั่วโมง ที่ผ่านการดม้น้ำมัน ณ เวลาต่างๆ



ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะแคบหมูที่ผ่านการอบแห้ง 90 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง ที่ผ่านการคัมน้ำมัน ณ เวลาต่างๆ



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะปรากฏแคบหมูที่ติดกันหลังจากอบในเตาไมโครเวฟ





ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะปรากฏของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปหลังอบไมโครเวฟด้วยความร้อนที่แตกต่างกัน



ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบที่เวลาต่างกัน (นาที)





ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะของแคบหมูมีการฟองตัวไม่สมบูรณ์ภายหลังจากการอบด้วยไมโครเวฟ



ภาพผนวกที่ 12 ลักษณะของแคบหมูมีการฟองตัวสมบูรณ์ภายหลังจากการอบด้วยไมโครเวฟ

### ภาคผนวก จ

การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์แคปซูลกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ

**ตารางผนวกที่ 3** คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์เคบหมูกิ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ  
บรรจุอะลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระหว่างการ  
เก็บรักษา

| สัปดาห์ | คุณภาพทางกายภาพ      |                          | คุณภาพทางเคมี            |                          |                          |
|---------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|         | ความแข็ง<br>(นิวตัน) | Water<br>Activity        | ความชื้น<br>(ร้อยละ)     | TBA <sup>1</sup>         | PV <sup>2</sup>          |
|         | ns                   |                          |                          |                          |                          |
| 0       | 1.41±0.65            | 0.620±0.01 <sup>f</sup>  | 8.59±0.20 <sup>f</sup>   | 0.30±0.10 <sup>c</sup>   | 0.40±0.00 <sup>c</sup>   |
| 1       | 1.26±0.25            | 0.633±0.00 <sup>c</sup>  | 8.86±0.31 <sup>f</sup>   | 0.37±0.18 <sup>de</sup>  | 0.56±0.26 <sup>de</sup>  |
| 2       | 1.43±0.09            | 0.637±0.00 <sup>de</sup> | 9.90±0.11 <sup>c</sup>   | 0.44±0.00 <sup>cde</sup> | 0.58±0.28 <sup>de</sup>  |
| 3       | 1.53±1.29            | 0.651±0.00 <sup>bc</sup> | 10.46±0.05 <sup>cd</sup> | 0.54±0.00 <sup>cd</sup>  | 0.79±0.01 <sup>de</sup>  |
| 4       | 1.31±0.91            | 0.647±0.00 <sup>cd</sup> | 10.30±0.04 <sup>d</sup>  | 0.63±0.04 <sup>bc</sup>  | 0.84±0.07 <sup>cd</sup>  |
| 5       | 1.57±0.66            | 0.650±0.00 <sup>bc</sup> | 10.48±0.18 <sup>cd</sup> | 0.79±0.07 <sup>ab</sup>  | 0.97±0.10 <sup>bcd</sup> |
| 6       | 1.64±0.45            | 0.655±0.00 <sup>bc</sup> | 10.84±0.14 <sup>bc</sup> | 0.85±0.17 <sup>ab</sup>  | 1.16±0.28 <sup>bc</sup>  |
| 7       | 1.56±0.02            | 0.660±0.00 <sup>b</sup>  | 11.20±0.10 <sup>ab</sup> | 0.90±0.02 <sup>a</sup>   | 1.37±0.13 <sup>ab</sup>  |
| 8       | 1.19±0.35            | 0.674±0.00 <sup>a</sup>  | 11.29±0.15 <sup>a</sup>  | 0.97±0.10 <sup>a</sup>   | 1.59±0.13 <sup>a</sup>   |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>1</sup> หน่วยวัดค่า TBA = มิลลิกรัมของมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

<sup>2</sup> หน่วยวัดค่า PV = มิลลิสมมูล (mEq) ของเปอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**ตารางผนวกที่ 4** คุณภาพทางกายภาพแลเคมีของผลิตภัณฑ์เคบหมูกิ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ  
บรรจุอะลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระหว่างการ  
เก็บรักษา

| สัปดาห์ | คุณภาพทางกายภาพ      |                          | คุณภาพทางเคมี            |                          |                          |
|---------|----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|         | ความแข็ง<br>(นิวตัน) | Water<br>Activity        | ความชื้น<br>(ร้อยละ)     | TBA <sup>1</sup>         | PV <sup>2</sup>          |
|         | ns                   |                          |                          |                          |                          |
| 0       | 1.41±0.65            | 0.620±0.01 <sup>e</sup>  | 8.59±0.20 <sup>e</sup>   | 0.30±0.10 <sup>g</sup>   | 0.40±0.00 <sup>e</sup>   |
| 1       | 1.46±0.52            | 0.626±0.00 <sup>e</sup>  | 8.90±0.08 <sup>e</sup>   | 0.45±0.04 <sup>fg</sup>  | 0.79±0.28 <sup>de</sup>  |
| 2       | 1.66±0.05            | 0.630±0.00 <sup>de</sup> | 8.77±0.10 <sup>e</sup>   | 0.54±0.02 <sup>efg</sup> | 0.94±0.64 <sup>de</sup>  |
| 3       | 1.27±0.42            | 0.646±0.00 <sup>cd</sup> | 10.03±0.81 <sup>d</sup>  | 0.69±0.13 <sup>def</sup> | 1.18±0.28 <sup>cde</sup> |
| 4       | 1.54±0.25            | 0.657±0.00 <sup>c</sup>  | 11.30±0.16 <sup>bc</sup> | 0.83±0.06 <sup>cde</sup> | 1.48±0.16 <sup>bcd</sup> |
| 5       | 1.14±0.30            | 0.653±0.00 <sup>c</sup>  | 11.06±0.42 <sup>c</sup>  | 0.95±0.06 <sup>bcd</sup> | 1.96±0.26 <sup>bc</sup>  |
| 6       | 1.51±.25             | 0.660±0.00 <sup>bc</sup> | 11.97±0.10 <sup>ab</sup> | 1.10±0.00 <sup>abc</sup> | 2.37±0.01 <sup>ab</sup>  |
| 7       | 1.33±0.30            | 0.676±0.00 <sup>ab</sup> | 11.66±0.15 <sup>bc</sup> | 1.25±0.10 <sup>ab</sup>  | 3.16±0.11 <sup>a</sup>   |
| 8       | 1.11±0.37            | 0.682±0.02 <sup>a</sup>  | 12.52±0.40 <sup>a</sup>  | 1.44±0.37 <sup>a</sup>   | 3.10±0.39 <sup>a</sup>   |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>1</sup> หน่วยวัดค่า TBA = มิลลิกรัมของมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

<sup>2</sup> หน่วยวัดค่า PV = มิลลิสมมูล (mEq) ของเปอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**ตารางผนวกที่ 5** คุณภาพทางกายภาพแลเคมีของผลิตภัณฑ์เคบหมูกิ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ  
บรรจุอะลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระหว่างการ  
เก็บรักษา

| สัปดาห์ | คุณภาพทางกายภาพ      |                          | คุณภาพทางเคมี            |                         |                         |
|---------|----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|         | ความแข็ง<br>(นิวตัน) | Water<br>Activity        | ความชื้น<br>(ร้อยละ)     | TBA <sup>1</sup>        | PV <sup>2</sup>         |
|         | ns                   |                          |                          |                         |                         |
| 0       | 1.41±0.65            | 0.620±0.01 <sup>c</sup>  | 8.59±0.20 <sup>d</sup>   | 0.30±0.10 <sup>g</sup>  | 0.40±0.00 <sup>f</sup>  |
| 1       | 1.42±0.38            | 0.638±0.00 <sup>d</sup>  | 9.16±0.84 <sup>d</sup>   | 0.49±0.08 <sup>ef</sup> | 0.88±0.13 <sup>ef</sup> |
| 2       | 1.23±0.61            | 0.649±0.00 <sup>cd</sup> | 10.42±0.28 <sup>c</sup>  | 0.68±0.03 <sup>de</sup> | 1.27±0.15 <sup>de</sup> |
| 3       | 1.57±0.15            | 0.652±0.01 <sup>bc</sup> | 10.56±0.31 <sup>c</sup>  | 0.94±0.06 <sup>cd</sup> | 1.77±0.25 <sup>cd</sup> |
| 4       | 1.65±0.35            | 0.664±0.00 <sup>ab</sup> | 11.03±0.27 <sup>bc</sup> | 1.14±0.05 <sup>bc</sup> | 2.13±0.27 <sup>bc</sup> |
| 5       | 1.35±0.42            | 0.666±0.00 <sup>ab</sup> | 11.80±0.61 <sup>b</sup>  | 1.35±0.23 <sup>ab</sup> | 2.64±0.44 <sup>b</sup>  |
| 6       | 1.27±0.09            | 0.672±0.01 <sup>a</sup>  | 12.69±0.28 <sup>a</sup>  | 1.51±0.14 <sup>a</sup>  | 3.42±0.42 <sup>a</sup>  |
| 7       | -                    | -                        | -                        | -                       | -                       |
| 8       | -                    | -                        | -                        | -                       | -                       |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

<sup>1</sup> หน่วยวัดค่า TBA = มิลลิกรัมของมาโลอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัม

<sup>2</sup> หน่วยวัดค่า PV = มิลลิสมมูล (mEq) ของเปอร์ออกไซด์ต่อกิโลกรัม

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



**ตารางผนวกที่ 6** ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและระดับการยอมรับคุณภาพ  
ของผลิตภัณฑ์เคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่บรรจุในอลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บ  
รักษา ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา

| สัปดาห์ | กลิ่นหืน                | ความกรอบ   | กลิ่นรสหืน              | การยอมรับรวม             |
|---------|-------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|
| ns      |                         |            |                         |                          |
| 0       | 2.43±1.10 <sup>c</sup>  | 10.73±2.28 | 2.32±1.39 <sup>d</sup>  | 7.58±0.88 <sup>a</sup>   |
| 1       | 3.72±1.85 <sup>b</sup>  | 11.29±1.21 | 3.24±1.52 <sup>c</sup>  | 6.92±0.97 <sup>b</sup>   |
| 2       | 4.12±1.54 <sup>ab</sup> | 11.29±1.29 | 3.90±1.38 <sup>bc</sup> | 6.08±0.78 <sup>cd</sup>  |
| 3       | 4.80±2.62 <sup>a</sup>  | 10.95±2.30 | 4.73±2.71 <sup>a</sup>  | 5.88±0.90 <sup>cde</sup> |
| 4       | 4.51±1.33 <sup>ab</sup> | 11.45±0.92 | 3.88±1.47 <sup>bc</sup> | 6.29±0.81 <sup>c</sup>   |
| 5       | 4.62±1.23 <sup>a</sup>  | 10.86±0.83 | 4.23±1.35 <sup>ab</sup> | 5.67±0.56 <sup>de</sup>  |
| 5       | 4.47±1.31 <sup>ab</sup> | 11.00±2.12 | 4.02±1.19 <sup>ab</sup> | 5.54±0.88 <sup>c</sup>   |
| 7       | 4.52±1.19 <sup>ab</sup> | 10.51±1.19 | 4.04±0.97 <sup>ab</sup> | 5.75±0.53 <sup>de</sup>  |
| 8       | 4.63±1.56 <sup>a</sup>  | 10.94±2.10 | 4.06±1.27 <sup>ab</sup> | 4.46±0.93 <sup>f</sup>   |

หมายเหตุ : ระดับการยอมรับ 1 – 2 = ไม่ยอมรับมากที่สุด, 3 – 5 = ไม่ยอมรับ,

6 – 8 = ยอมรับได้, 9 – 10 = ยอมรับมากที่สุด

เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและระดับการยอมรับคุณภาพ  
ของผลิตภัณฑ์เคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่บรรจุในอลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บ  
รักษา ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา

| สัปดาห์ | กลิ่นหืน                | ความกรอบ   | กลิ่นรสหืน              | การยอมรับรวม            |
|---------|-------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| ns      |                         |            |                         |                         |
| 0       | 2.43±1.10 <sup>e</sup>  | 10.73±2.28 | 2.32±1.39 <sup>c</sup>  | 7.58±0.88 <sup>a</sup>  |
| 1       | 3.35±1.47 <sup>d</sup>  | 10.92±1.38 | 3.31±1.57 <sup>bc</sup> | 6.67±0.70 <sup>b</sup>  |
| 2       | 3.57±1.80 <sup>cd</sup> | 11.51±1.03 | 3.28±1.51 <sup>bc</sup> | 6.5±0.99 <sup>bc</sup>  |
| 3       | 4.76±1.78 <sup>ab</sup> | 10.66±1.80 | 5.98±8.06 <sup>a</sup>  | 6.08±1.18 <sup>cd</sup> |
| 4       | 4.33±1.62 <sup>b</sup>  | 11.17±2.33 | 3.97±1.37 <sup>bc</sup> | 5.83±0.70 <sup>de</sup> |
| 5       | 5.46±2.82 <sup>a</sup>  | 11.23±1.51 | 4.91±2.81 <sup>ab</sup> | 5.45±1.02 <sup>c</sup>  |
| 6       | 4.20±1.26 <sup>bc</sup> | 11.20±1.05 | 4.01±1.19 <sup>bc</sup> | 4.58±0.83 <sup>f</sup>  |
| 7       | 4.68±1.75 <sup>b</sup>  | 11.00±0.96 | 4.52±1.46 <sup>ab</sup> | 4.21±0.78 <sup>f</sup>  |
| 8       | 4.56±1.29 <sup>b</sup>  | 10.88±2.02 | 4.00±1.24 <sup>bc</sup> | 2.92±0.78 <sup>g</sup>  |

หมายเหตุ : ระดับการยอมรับ 1 – 2 = ไม่ยอมรับมากที่สุด, 3 – 5 = ไม่ยอมรับ,

6 – 8 = ยอมรับได้, 9 – 10 = ยอมรับมากที่สุด

เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**ตารางผนวกที่ 8** ค่าเฉลี่ยระดับความเข้มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและระดับการยอมรับคุณภาพ  
ของผลิตภัณฑ์แคปซูลกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟที่บรรจุในอลูมิเนียมลามิเนตที่เก็บ  
รักษา ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระหว่างการเก็บรักษา

| สัปดาห์ | กลิ่นหืน                | ความกรอบ                  | กลิ่นรสหืน              | การยอมรับรวม           |
|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0       | 2.43±1.10 <sup>d</sup>  | 10.73±2.28 <sup>bc</sup>  | 2.32±1.39 <sup>c</sup>  | 7.58±0.88 <sup>a</sup> |
| 1       | 3.35±1.69 <sup>c</sup>  | 11.26±1.52 <sup>ab</sup>  | 3.12±1.37 <sup>d</sup>  | 6.08±0.78 <sup>b</sup> |
| 2       | 3.63±1.60 <sup>bc</sup> | 11.50±0.93 <sup>a</sup>   | 3.35±1.40 <sup>cd</sup> | 5.62±1.06 <sup>c</sup> |
| 3       | 4.13±1.42 <sup>ab</sup> | 11.62±1.00 <sup>a</sup>   | 3.79±1.31 <sup>bc</sup> | 5.04±0.75 <sup>d</sup> |
| 4       | 4.70±2.20 <sup>a</sup>  | 11.20±1.14 <sup>abc</sup> | 4.60±2.48 <sup>a</sup>  | 4.58±1.06 <sup>e</sup> |
| 5       | 4.22±1.54 <sup>ab</sup> | 11.39±0.92 <sup>ab</sup>  | 4.19±1.61 <sup>ab</sup> | 3.42±0.88 <sup>f</sup> |
| 5       | 4.58±1.82 <sup>a</sup>  | 10.66±1.84 <sup>c</sup>   | 4.66±1.32 <sup>a</sup>  | 2.92±0.65 <sup>g</sup> |
| 7       | -                       | -                         | -                       | -                      |
| 8       | -                       | -                         | -                       | -                      |

หมายเหตุ : ระดับการยอมรับ 1 – 2 = ไม่ยอมรับมากที่สุด, 3 – 5 = ไม่ยอมรับ,

6 – 8 = ยอมรับได้, 9 – 10 = ยอมรับมากที่สุด

เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

**ตารางผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ) ความชื้นและไขมัน ในระหว่างกระบวนการผลิต  
แคบหมูกิ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ**

| คุณลักษณะ                    | คุณภาพทางกายภาพและเคมี (ร้อยละ) |       |
|------------------------------|---------------------------------|-------|
|                              | ความชื้น                        | ไขมัน |
| หนังหมูสด                    | 38.81                           | 23.05 |
| หนังหมูต้ม                   | 54.22                           | 9.56  |
| หมูหมอบ 90 องศาเซลเซียส      | 11.18                           | 9.22  |
| หนังหมูอุ่นน้ำมัน            | 9.54                            | 8.62  |
| ผลิตภัณฑ์แคบหมูกิ่งสำเร็จรูป | 3.06                            | 11.30 |

#### ภาคผนวก จ

ผลการสุ่มทดสอบการอบแคบหมูถึงสำเร็จรูปในเตาไมโครเวฟทั่วไป

### 1. ไมโครเวฟยี่ห้อ Electrolux

รุ่น EMM 2450

ความจุ 24 ลิตร

ขนาด (ล x ก x ส) 407 x 520 x 299 มิลลิเมตร

กำลังคลื่นไมโครเวฟ 900 วัตต์

แรงดันไฟฟ้า/ความถี่ 200 – 230 V/50 Hz

วิธีใช้ ใช้ระดับไฟ (Power) 900 วัตต์ เป็นเวลา 2 – 3 นาที

หมายเหตุ เครื่องนี้เป็นเครื่องที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยนี้

### 2. ไมโครเวฟยี่ห้อ LG (อิมาร์เฟล็กซ์)

รุ่น MS – 1824 U

ความจุ 20 ลิตร

ขนาด 31 x 46 x 26.5 เซนติเมตร

กำลังไฟ 800 วัตต์

วิธีใช้ เลือกหมวดปรุงอาหารอัตโนมัติ เลือกใช้การปรุงแบบชา – กาแฟ หรือ อบ – มันฝรั่ง

### 3. ไมโครเวฟยี่ห้อ SHARP

รุ่น Model R – 243

ความจุ 22 ลิตร

กำลังไฟฟ้าที่เข้า 1.2 กิโลวัตต์

กำลังไฟฟ้าที่ออก 800 วัตต์

วิธีใช้ ใช้ระดับไฟ ไฟแรง (High) เป็นระยะเวลา 2 – 3 นาที

### 4. ไมโครเวฟยี่ห้อ SHARP

รุ่น Model R-237

ความจุ 22 ลิตร

กำลังไฟ 800 วัตต์

วิธีใช้ ใช้ระดับไฟ ไฟแรง (High) เป็นระยะเวลา 2 – 3 นาที

ภาคผนวก ข  
บทความสำหรับการเผยแพร่

## แคะหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ

### Microwavable Crispy Pork Rind (Kab Moo)

อรทัย บุญทะวงษ์ กมลรัตน์ คุรุชาโรจน์ และนภสร จุ้ยเจริญ

#### Abstract

This research was based on the microwavable crispy pork rind product by avoid fried process to reduce fat content and improve consumption. Step of reduce moisture content in pork rind were studied by the times for baking and the times for reheat in oil. The optimum time of process was found at 3 hours and 2.30 hours, respectively. The microwavable crispy pork rind product was 10 centimeters long, 25 grams in weight and was baked in microwave at 900 watts 3 minutes that had moisture content, protein, fat, carbohydrate, fiber and ash 3.06, 73.8, 11.30, 5.8, 0.78, and 9.26 %, respectively. When compare quality of the microwavable crispy pork rind product of this study with the other 3 samples of the commercial fried pork rind that obtained from market. It was found that there were significant difference in fat content between the microwavable crispy pork rind and the other 3 samples. The fat content of the microwavable crispy pork rind was 11.30 % while the other 3 commercial pork rind products were 22.58 – 34.96 %

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตแคะหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ เพื่อลดขั้นตอนการทอดของแคะหมู ส่งผลให้แคะหมูมีปริมาณไขมันลดลง และสะดวกในการรับประทานมากขึ้น โดยศึกษาขั้นตอนการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมู ระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน พบว่าระยะเวลาการอบที่ 3 ชั่วโมง และการอุ่นน้ำมันที่ 1 ชั่วโมง 30 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแคะหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟโดยแคะหมูมีความยาวเส้น 10 เซนติเมตร น้ำหนักในการอบ 25 กรัม และอบในเตาไมโครเวฟที่ความร้อน 900 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์แคะหมูที่มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า ร้อยละ 3.06, 73.8, 11.30, 5.8, 0.78 และ 5.26 ตามลำดับ จากนั้นเปรียบเทียบคุณภาพแคะหมูจากการอบด้วยเตาไมโครเวฟกับแคะหมูที่จำหน่ายทั่วไปจำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าแคะหมูที่ผลิตได้จากการอบมีปริมาณไขมันเฉลี่ยร้อยละ 9.87 ซึ่งมีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคะหมูที่จำหน่ายทั่วไป โดยมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 22.58 - 34.96



## บทนำ

แคบหมู เป็นอาหารพื้นบ้านของชาวล้านนาไทย การทำแคบหมูเป็นวิธีการแปรรูป และถนอมอาหาร ที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านสืบทอดกันมา แคบหมูนิยมใช้เป็นของฝากเมืองเหนือ นำมารับประทานเป็นอาหารประเภทเครื่องเคียงกับน้ำพริกเมืองเหนือ และแกงคั่วต่างๆ ต่อมา แคบหมูเป็นที่นิยมรับประทานกันอย่างแพร่หลายไปทั่วทุกภาคของประเทศไทย แคบหมูนอกจากจะเป็นที่นิยมบริโภคในหมู่ชาวไทยแล้วยังเป็นที่นิยมบริโภคในหมู่ชาวต่างประเทศด้วย การผลิตแคบหมูแบบดั้งเดิมจะนำหนังหมูผ่านกรรมวิธีการทอด จนได้ลักษณะการพอง กรอบ หากน้ำมันที่ใช้ผ่านการทอดซ้ำหลายๆ ครั้งนั้นจะมีคุณภาพที่เสื่อมลง ที่สำคัญจะเกิดสารประกอบที่สามารถสะสมในร่างกาย และส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์และก่อให้เกิดมะเร็ง อีกทั้งแคบหมูที่ผลิต มีลักษณะกรอบ ฉะนั้นในการเก็บรักษา ให้ง่ายความกรอบ ไม่ให้มีกลิ่นเหม็นหืนจะสามารถเก็บไว้ได้เพียงไม่เกิน 5 วัน เพื่อให้แคบหมูซึ่งเป็นอาหารและของฝากที่ได้รับความนิยมในการบริโภคนั้นเป็นอาหารที่มีคุณภาพถูกสุขลักษณะต่อสุขภาพมากขึ้น โดยได้ทำการผลิตแคบหมูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ ซึ่งทำให้แคบหมูไม่ถูกผลกระทบจากน้ำมันที่ใช้ทอดอย่างที่ผ่านมา และสามารถเก็บไว้ได้นาน สะดวกในการบริโภค

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. ศึกษาสถานะต่างๆของหนังหมู และวิธีการที่เหมาะสมต่อการอบแคบหมูถึงสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ

1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบหนังหมู เพื่อลดความชื้นให้ได้แคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยเตาไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องอบแห้งเป็นตู้อบลมร้อนแบบถาด อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กำหนดระยะเวลาในการอบคือ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 2.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ จากนั้นนำหนังหมูที่ได้มาวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 1990) ระหว่างการอบ เปรียบเทียบปริมาณไขมัน (AOAC, 1990) ก่อน - หลังการอบและคัดเลือกคุณภาพของแคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสม จากค่าดัชนีการพองตัว (ธนวัฒน์, 2542)

1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันของหนังหมูที่ผ่านการอบ (ข้อ 1.1) เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมของแคบหมูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ โดยนำหนังหมูที่ได้อุ่นในน้ำมันในระยะเวลาที่แตกต่างกัน คือ 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 15 นาที, 1 ชั่วโมง 30 นาที, 1 ชั่วโมง 45 นาที ตามลำดับ นำหนังหมูที่ได้มาวิเคราะห์หาความชื้น ดัชนีการพองตัว ความกรอบของแคบหมู ด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ hounsfield รุ่น 5ks (วัดโดยใช้หัวกดหน้าตัดขนาด 4.8 มิลลิเมตร) วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DMRT

1.3 ศึกษาระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ ในการอบแคบหมูถึงสำเร็จรูป 3 ระดับ คือ 550, 700 และ 900 วัตต์ คัดเลือกคุณภาพของแคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าดัชนีการพองตัว

1.4 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแคบหมูถึงสำเร็จรูปด้วยเตาไมโครเวฟในเวลาต่างๆ กัน คือ 1 นาที 30 วินาที, 2 นาที, 2 นาที 30 วินาที, 3 นาที, 3 นาที 30 วินาที, 4 นาที, 4 นาที 30 วินาที และ 5 นาที คัดเลือกคุณภาพของแคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมจากค่าดัชนีการพองตัว และการให้คะแนนการพองตัว

1.5 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของแคบหมูถึงสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ โดยวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 1990) ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990) ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1990) ปริมาณเส้นใย (AOAC, 1990) ปริมาณเถ้า (AOAC, 1990) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 1990)

## 2. การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในตลาด

เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง โดยศึกษาด้านคุณภาพทางกายภาพและเคมี โดยตรวจสอบความแข็งเนื้อสัมผัสด้วยแรงกด โดยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ hounsfield รุ่น 5ks (วัดโดยใช้หัวกดหน้าตัดขนาด 4.8 มิลลิเมตร), ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990), Peroxide Value (P.V.) (AOAC, 1990), และค่าความหืน (Thiobarbituric acid number : TBA) (กิตติศักดิ์, 2546)

## ผลและวิจารณ์

### 1. ศึกษาสถานะต่างๆของหนังหมู และวิธีการที่เหมาะสมต่อการอบแคบหมูถึงสำเร็จรูปด้วยไมโครเวฟ

#### 1.1 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบหนังหมู

ผลการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบหนังหมู เพื่อลดความชื้นของแคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการอบด้วยเตาไมโครเวฟ โดยใช้เครื่องอบแห้งเป็นตู้อบลมร้อนแบบถาดอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส กำหนดระยะเวลาในการอบคือ 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 2.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าหนังหมูมีปริมาณความชื้นลดลง (ตาราง 1) การลดความชื้นในขั้นตอนนี้เพื่อเป็นการสร้างเกราะขึ้นรอบๆ ชิ้นหนังหมู ป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกไปได้ง่าย ในขณะที่ทำให้แคบหมูเกิดการพองตัว จะช่วยให้หนังหมูพองตัวดีขึ้น โดยกระบวนการ

ที่ใช้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์จะทำให้ไขมันที่อยู่ในอาหารโดยเฉพาะน้ำอิสระจะระเหยกกลายเป็นไอและถูกกำจัดออกไปในตอนแรก ส่งผลให้มีความชื้นและน้ำหนักลดลง (รุ่งนภา, 2540) โดยความชื้นลดลงเรื่อยๆตามระยะเวลาของการอบ (ตาราง 1) เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำในหนังหมูมีการระเหยกกลายเป็นไอมากขึ้น ส่งผลให้หนังหมูมีการหดตัวมากขึ้น จึงทำให้ไขมันในหนังหมูหลอมละลายแยกออกมาจากหนังหมู เป็นผลให้ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันลดต่ำลง จากนั้นนำหนังหมูที่ผ่านการอบเป็นเวลา 30 นาที, 1 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 2.30 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง อบในเตาไมโครเวฟ เพื่อคัดเลือกคุณภาพของแคบหมูถึงสำเร็จรูปที่เหมาะสม จากคำดัชนีการพองตัว พบว่าหนังหมูไม่สามารถเกิดการพองตัวได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณความชื้นและสภาวะในการผลิตยังไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงนำหนังหมูที่ผ่านการอบเพื่อลดความชื้น นำไปอุ่นน้ำมันเพื่อทำให้ผิวหน้าของหนังหมูเกิดความแข็งช่วยให้ทนต่อแรงดันที่เกิดขึ้นขณะพองตัว ทำให้โครงสร้างของแคบหมูไม่ยุบตัวลงมากในระหว่างการทอดให้พองตัว และมีความกรอบหลังการทอดแล้ว(สถาบันอาหาร, มปป.) และศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันต่อไป

ตาราง 1 แสดงความชื้นและไขมันของหนังหมูต้มที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ณ เวลาต่างๆ

| สิ่งทดลอง          | ความชื้น<br>(ร้อยละ) | ไขมัน<br>(ร้อยละ) |
|--------------------|----------------------|-------------------|
| 1. อบ 30 นาที      | $27.12 \pm 7.20$     | $11.92 \pm 1.06$  |
| 2. อบ 1 ชั่วโมง    | $24.02 \pm 0.39$     | -                 |
| 3. อบ 1.30 ชั่วโมง | $17.99 \pm 0.05$     | -                 |
| 4. อบ 2 ชั่วโมง    | $12.38 \pm 0.36$     | -                 |
| 5. อบ 2.30 ชั่วโมง | $12.14 \pm 0.15$     | -                 |
| 6. อบ 3 ชั่วโมง    | $11.18 \pm 0.12$     | $9.21 \pm 0.26$   |

## 1.2 ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการอุ่นน้ำมันของหนังหมูที่ผ่านการอบจากข้อ 1.1 อุ่นในน้ำมันในเวลาที่แตกต่างกัน คือ 1 ชั่วโมง, 1 ชั่วโมง 15 นาที, 1 ชั่วโมง 30 นาที, 1 ชั่วโมง 45 นาที ตามลำดับ พบว่าความชื้นในหนังหมูมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้เวลาในการอุ่นน้ำมันมากขึ้นโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตาราง 2) ทั้งนี้เพราะ

ความร้อนจากน้ำมันมีผลทำให้ความชื้นในหนังหมูระเหยออกมา ค่าดัชนีการฟองตัวมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้มีผลมาจากปริมาณความชื้นของหนังหมูที่ลดลง ส่งผลให้แคบหมูมีการฟองตัวที่ดีขึ้น สังเกตได้จากคะแนนการฟองตัว (ตาราง 2) หนังหมูหากมีความชื้นมากเกินไปเมื่อนำไปอบจะไม่ฟองตัวมากนักและแคบหมูที่ได้จะมีความชื้นเหลืออยู่มาก เนื้อจึงมีลักษณะเหนียว (พันธิพาและคณะ, 2532) อย่างไรก็ตามถ้าระดับความชื้นในหนังหมูเหลือน้อยเกินไป จะทำให้การฟองตัวน้อยลง เนื่องจากหนังหมูที่มีความชื้นน้อยเมื่อได้รับความร้อนก็จะทำให้เกิดแรงดันไอน้ำน้อย ทำให้การฟองตัวน้อยลง (Matz, 1970) ซึ่งแนวโน้มการฟองตัวที่มากขึ้นจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับความกรอบของแคบหมูที่มีค่าแนวโน้มลดลง (ตาราง 2) เพราะแคบหมูเมื่อมีการฟองตัวมาก ฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดใหญ่ เนื้อจะกรอบจะใช้แรงกดน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าแคบหมูมีการฟองตัวน้อยฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดเล็ก เนื้อจะค่อนข้างแข็งจะใช้แรงกดมาก

**ตาราง 2** แสดงความชื้น ดัชนีการฟองตัว และความกรอบของแคบหมูที่กระบวนการต่างๆ

| สิ่งทดลอง                           | ความชื้น<br>(ร้อยละ) | ดัชนีการฟองตัว<br>(เท่า)  | คะแนน<br>การฟองตัว* | ความกรอบ<br>(นิวตัน)    |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1 ซม.      | $28.29 \pm 0.29^b$   | $1.12 \pm 0.00^m$         | 1                   | $2.38 \pm 0.38^a$       |
| 2. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1.15 ซม.   | $29.13 \pm 0.47^a$   | $1.71 \pm 0.00^{klm}$     | 1                   | $2.05 \pm 0.26^{ab}$    |
| 3. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1.30 ซม.   | $24.21 \pm 0.13^c$   | $1.30 \pm 0.00^{lm}$      | 1                   | $1.86 \pm 0.15^{abcde}$ |
| 4. อบ 30 นาที x อุณหภูมิ 1.45 ซม.   | $17.65 \pm 0.34^d$   | $2.03 \pm 0.00^{jklm}$    | 2                   | $1.66 \pm 0.42^{bcdef}$ |
| 5. อบ 1 ซม. x อุณหภูมิ 1 ซม.        | $17.88 \pm 0.29^d$   | $2.31 \pm 0.20^{ijklm}$   | 2                   | $1.79 \pm 0.55^{bcde}$  |
| 6. อบ 1 ซม. x อุณหภูมิ 1.15 ซม.     | $16.96 \pm 0.35^c$   | $2.06 \pm 0.05^{jklm}$    | 2                   | $1.44 \pm 0.29^{cdef}$  |
| 7. อบ 1 ซม. x อุณหภูมิ 1.30 ซม.     | $15.24 \pm 0.20^f$   | $2.68 \pm 0.11^{hijklm}$  | 2                   | $1.53 \pm 0.06^{bcdef}$ |
| 8. อบ 1 ซม. x อุณหภูมิ 1.45 ซม.     | $12.49 \pm 0.18^i$   | $6.55 \pm 0.23^{cd}$      | 4                   | $1.56 \pm 0.33^{bcdef}$ |
| 9. อบ 1.30 ซม. x อุณหภูมิ 1 ซม.     | $15.18 \pm 0.15^f$   | $2.41 \pm 0.12^{ijklm}$   | 2                   | $1.77 \pm 0.28^{bcdef}$ |
| 10. อบ 1.30 ซม. x อุณหภูมิ 1.15 ซม. | $15.29 \pm 0.53^f$   | $3.61 \pm 0.25^{ghijk}$   | 3                   | $2.01 \pm 0.29^{abc}$   |
| 11. อบ 1.30 ซม. x อุณหภูมิ 1.30 ซม. | $14.35 \pm 0.23^g$   | $3.54 \pm 0.15^{ghijkl}$  | 3                   | $1.92 \pm 0.18^{abcd}$  |
| 12. อบ 1.30 ซม. x อุณหภูมิ 1.45 ซม. | $13.43 \pm 0.08^h$   | $4.99 \pm 1.01^{defg}$    | 4                   | $1.69 \pm 0.28^{bcdef}$ |
| 13. อบ 2 ซม. x อุณหภูมิ 1 ซม.       | $11.65 \pm 0.17^j$   | $3.17 \pm 1.35^{ghijklm}$ | 3                   | $1.65 \pm 0.08^{bcdef}$ |
| 14. อบ 2 ซม. x อุณหภูมิ 1.15 ซม.    | $12.38 \pm 0.47^i$   | $4.86 \pm 0.39^{defgh}$   | 3                   | $1.40 \pm 0.26^{def}$   |
| 15. อบ 2 ซม. x อุณหภูมิ 1.30 ซม.    | $11.74 \pm 0.04^j$   | $4.25 \pm 0.05^{efghij}$  | 3                   | $1.41 \pm 0.23^{def}$   |
| 16. อบ 2 ซม. x อุณหภูมิ 1.45 ซม.    | $10.86 \pm 0.22^k$   | $4.97 \pm 0.66^{defg}$    | 4                   | $1.29 \pm 0.70^{ef}$    |

ตาราง 2 (ต่อ)

| สิ่งทดลอง                           | ความชื้น<br>(ร้อยละ) | ดัชนีการฟองตัว<br>(เท่า)  | คะแนน<br>การฟองตัว* | ความกรอบ<br>(นิวตัน)    |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|
| 17. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.    | $10.05 \pm 0.21^l$   | $5.90 \pm 0.44^{def}$     | 4                   | $1.39 \pm 0.30^{def}$   |
| 18. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม. | $9.09 \pm 0.23^m$    | $3.83 \pm 0.88^{fghijk}$  | 3                   | $1.55 \pm 0.21^{bcdef}$ |
| 19. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม. | $8.52 \pm 0.21^{mn}$ | $4.44 \pm 1.17^{defghi}$  | 4                   | $1.34 \pm 0.21^{def}$   |
| 20. อบ 2.30 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม. | $8.94 \pm 0.48^{mn}$ | $3.91 \pm 0.34^{efghijk}$ | 3                   | $1.18 \pm 0.22^f$       |
| 21. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1 ชม.       | $9.80 \pm 0.10^l$    | $8.28 \pm 3.84^{bc}$      | 5                   | $1.18 \pm 0.07^f$       |
| 22. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1.15 ชม.    | $8.80 \pm 0.10^{mn}$ | $9.95 \pm 0.56^b$         | 5                   | $1.30 \pm 0.04^{ef}$    |
| 23. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1.30 ชม.    | $8.38 \pm 0.13^n$    | $13.20 \pm 0.11^a$        | 5                   | $1.29 \pm 0.15^{ef}$    |
| 24. อบ 3 ชม. x อุณหภูมิ 1.45 ชม.    | $7.81 \pm 0.03^o$    | $6.10 \pm 0.28^{de}$      | 4                   | $1.31 \pm 0.39^{def}$   |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

\* ความหมายของคะแนนที่ให้ 5 = ฟองตัวมากที่สุด 4 = ฟองตัวมาก 3 = ฟองตัวปานกลาง  
2 = ฟองตัวเล็กน้อย 1 = ไม่ฟองตัว

อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองตั้งแต่ 1 – 16 (ตาราง 2) เมื่อนำเข้าอบในไมโครเวฟ แคบหมู่ที่ได้จะมีลักษณะติดกัน ทั้งนี้เนื่องจากหนังหมูยังมีความชื้นสูง ทำให้คอลลาเจนเปลี่ยนไปเป็นเจลาตินซึ่งเหนียวและติดกัน (พันธิพาและคณะ, 2532)

ดังนั้นจึงทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแคบหมูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและเวลาในการอุ่นน้ำมันที่เหมาะสมในสิ่งทดลองที่ 17 – 24 (ตาราง 2) วางแผนการทดลองแบบ Factorial 2 x 4 in CRD โดยให้ปัจจัยแรกเป็นระยะเวลาในการอบ คืออบที่ 2.30 และ 3 ชั่วโมง ปัจจัยที่สองเป็นระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน คือ อุณหภูมิที่ 1, 1.15, 1.30 และ 1.45 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าปัจจัยด้านระยะเวลาในการอบหนังหมู คือ อบเป็นเวลา 2.30 ชั่วโมง และอบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลของความชื้น และค่าดัชนีการฟองตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (ตาราง 3) โดยหนังหมูที่อบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ร้อยละของความชื้นน้อยกว่า แต่ให้ค่าดัชนีการฟองตัวที่สูง ทั้งนี้เพราะหนังหมูเมื่อมีความชื้นมากเกินไปเมื่อนำไปอบจะไม่ฟองตัวมากนัก ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการอบแคบหมู คือ อบเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ปัจจัยด้านระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน คือ อุณหภูมิเป็นเวลา 1 ชั่วโมง, 1.15 ชั่วโมง, 1.30 ชั่วโมง, 1.45 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าผลของความชื้น และดัชนีการฟองตัวมีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยความชื้นของหนังหมู เมื่อใช้เวลานานในการอุ่นน้ำมันจะทำให้หนังหมูมีความชื้นลดลง ส่วนค่าดัชนีการพองตัวพบว่าระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน 1 ชั่วโมงถึง 1.30 ชั่วโมงให้ค่าการพองตัวมากโดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนในด้านเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ด้านปฏิกิริยาสัมพันธระหว่างระยะเวลาในการอบและระยะเวลาในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู พบว่าความชื้นและค่าดัชนีการพองตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ค่าดัชนีการพองตัวสูงที่สุดเมื่อนำหนังหมูไปอบเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และอุ่นน้ำมันเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง ดังนั้นสถานะที่เหมาะสมต่อการผลิตเคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟคืออบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และอุ่นน้ำมันเป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง

ตาราง 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการอบและเวลาในการอุ่นน้ำมันของหนังหมู

| สิ่งทดลอง                                  | ความชื้น<br>(ร้อยละ)  | ดัชนีการพองตัว<br>(เท่า) | ความแข็งของ<br>เนื้อสัมผัส<br>(นิวตัน) <sup>ns</sup> |
|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. ระยะเวลาในการอบ                         |                       |                          |                                                      |
| อบ 2.30 ชั่วโมง                            | $9.15 \pm 0.64^a$     | $4.52 \pm 1.06^b$        | $1.37 \pm 0.24$                                      |
| อบ 3 ชั่วโมง                               | $8.69 \pm 0.78^b$     | $9.38 \pm 3.14^a$        | $1.28 \pm 0.19$                                      |
| 2. ระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน                 |                       |                          |                                                      |
| อุ่น 1 ชั่วโมง                             | $9.92 \pm 0.20^a$     | $7.09 \pm 2.62^{ab}$     | $1.29 \pm 0.23$                                      |
| อุ่น 1.15 ชั่วโมง                          | $8.94 \pm 0.22^b$     | $6.89 \pm 3.58^{ab}$     | $1.42 \pm 0.19$                                      |
| อุ่น 1.30 ชั่วโมง                          | $8.45 \pm 0.16^c$     | $8.82 \pm 5.10^a$        | $1.31 \pm 0.16$                                      |
| อุ่น 1.45 ชั่วโมง                          | $8.38 \pm 0.71^c$     | $5.00 \pm 1.29^c$        | $1.27 \pm 0.30$                                      |
| 3. ระยะเวลาการอบ x ระยะเวลาในการอุ่นน้ำมัน |                       |                          |                                                      |
| 1. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1 ชม.                | $10.05 \pm 0.21^a$    | $5.90 \pm 0.44^{cd}$     | $1.39 \pm 0.30$                                      |
| 2. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1.15 ชม.             | $9.09 \pm 0.23^b$     | $3.83 \pm 0.88^d$        | $1.55 \pm 0.21$                                      |
| 3. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1.30 ชม.             | $8.52 \pm 0.21^{cd}$  | $4.44 \pm 1.17^d$        | $1.34 \pm 0.21$                                      |
| 4. อบ 2.30 ชม. x อุ่น 1.45 ชม.             | $8.94 \pm 0.48^{bc}$  | $3.91 \pm 0.34^d$        | $1.18 \pm 0.22$                                      |
| 5. อบ 3 ชม. x อุ่น 1 ชม.                   | $9.80 \pm 0.10^a$     | $8.28 \pm 3.84^{bc}$     | $1.18 \pm 0.07$                                      |
| 6. อบ 3 ชม. x อุ่น 1.15 ชม.                | $8.80 \pm 0.10^{bcd}$ | $9.95 \pm 0.56^{ab}$     | $1.30 \pm 0.04$                                      |
| 7. อบ 3 ชม. x อุ่น 1.30 ชม.                | $8.38 \pm 0.13^d$     | $13.20 \pm 0.11^a$       | $1.29 \pm 0.15$                                      |
| 8. อบ 3 ชม. x อุ่น 1.45 ชม.                | $7.81 \pm 0.03^c$     | $6.10 \pm 0.28^{cd}$     | $1.31 \pm 0.39$                                      |

หมายเหตุ : เปรียบเทียบในแนวตั้งตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 1.3 การศึกษาระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ

จากการศึกษาระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ ในการอบแคบหมู กึ่งสำเร็จรูป 3 ระดับ คือ 550, 700 และ 900 วัตต์ พบว่าค่าดัชนีการพองตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น ตามระดับความร้อนของเตาไมโครเวฟที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งปริมาณความร้อนที่เหมาะสมที่สุด คือ ที่ระดับความร้อน 900 วัตต์ จากการวิจัยดังกล่าวพบว่า ที่ระดับความร้อนของเตาไมโครเวฟ 900 วัตต์ หนักรับความร้อนสูงมากพอ จึงทำให้เกิดไอน้ำก่อนการหลอมเหลวของเจลาคินเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลให้ไอน้ำดันโครงสร้างของหนักรับที่เป็นเจลาคินเกิดการขยายตัว และพองตัวออกพอดี ทำให้แคบหมูหลังอบเมื่อสุกจะมีพองอากาศขนาดใหญ่ เนื้อสัมผัสจึงกรอบและไม่แข็ง ส่วนอีกความร้อนอีก 2 ระดับนั้นอุณหภูมิที่ใช้อาจสูงไม่มากพอ จึงส่งผลทำให้เกิดไอน้ำน้อย จึงไม่สามารถดันเจลาคินที่หลอมเหลวให้ขยายตัวออกไปได้ดีเท่าที่ควร ดังนั้นระดับความร้อนที่เหมาะสมของเตาไมโครเวฟ ในการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป คือ 900 วัตต์

### 1.4 การศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

จากการนำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปนำมาอบในเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 900 วัตต์ ในเวลาต่างกัน คือ 1 นาที 30 วินาที, 2 นาที, 2 นาที 30 วินาที, 3 นาที, 3 นาที 30 วินาที, 4 นาที, 4 นาที 30 วินาที และ 5 นาที พบว่าแคบหมูเกิดการพองตัว การพองตัวของแคบหมูเกิดจาก หนักรับซึ่งประกอบด้วยโปรตีนคอลลาเจนเป็นส่วนมาก เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในการผลิตคอลลาเจน จะเกิดการเสียสภาพ (denature) กลายเป็นเจลาคิน (Ask the experts : Chemistry, 1999) ได้เป็นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปซึ่งยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ เมื่อนำเข้าเตาไมโครเวฟ คลื่นไมโครเวฟจะดูดซึมเข้าไปในอาหาร ทำให้โมเลกุลของน้ำ เกิดการสั่นสะเทือนและเสียดสีกันเป็นความร้อน (บริษัท การไฟฟ้า จำกัด, มปป.) ส่งผลให้เกิดไอน้ำ ซึ่งสามารถดันเจลาคินที่หลอมเหลวให้ขยายตัวออกไปทำให้แคบหมูเกิดการพองตัว (พันธิพาและคณะ, 2532) โดยได้ค่าดัชนีการพองตัวและอัตราการพองตัวในแต่ละเวลาต่างกัน คือ ที่เวลา 1 นาที 30 วินาทีไปจนถึงเวลา 5 นาที ค่าดัชนีการพองตัวก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการอบ จนถึงเวลาที่ 4 นาที 30 วินาทีเป็นต้นไปค่าดัชนีการพองตัวเริ่มจะลดลง เช่นเดียวกับอัตราการพองตัวซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการอบ จนถึงเวลาที่ 4 นาที อัตราการพองตัวเริ่มลดลง (ตาราง 4) ทั้งนี้เพราะที่เวลาน้อยทำให้เจลาคินยังไม่หลอมละลายพอที่จะทำให้

ไอน้ำดันให้เกิดการพองตัวส่งผลให้แคปซูลเกิดการพองตัวเล็กน้อย และที่เวลามากมีผลทำให้เจลาคินที่ห่อหุ้มละลายเกิดการไหม้และไม่สามารถคงรูปได้ แคปซูลที่ได้มีกลิ่นไหม้ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการอบแคปซูลถึงสำเร็จรูปคือเวลาที่ 3 นาที ซึ่งได้แคปซูลที่มีค่าการพองตัวสูงที่สุดคือ ร้อยละ  $71.23 \pm 5.89$  และค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในระดับกลางคือ  $3.69 \pm 0.36$

**ตาราง 4** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการอบกับการพองตัวของแคปซูลถึงสำเร็จรูป

| เวลาในการอบแคปซูล | ดัชนีการพองตัว<br>(เท่า) | อัตราการพองตัว<br>(ร้อยละ) |
|-------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 นาที 30 วินาที  | $2.19 \pm 0.13$          | $19.00 \pm 5.85$           |
| 2 นาที            | $3.96 \pm 0.59$          | $44.41 \pm 5.40$           |
| 2 นาที 30 วินาที  | $3.36 \pm 0.34$          | $64.41 \pm 7.31$           |
| 3 นาที            | $3.69 \pm 0.36$          | $71.23 \pm 5.89$           |
| 3 นาที 30 วินาที  | $3.75 \pm 0.25$          | $70.00 \pm 2.83$           |
| 4 นาที            | $3.89 \pm 0.21$          | $70.00 \pm 2.83$           |
| 4 นาที 30 วินาที  | $3.59 \pm 0.42$          | $46.00 \pm 4.14$           |
| 5 นาที            | $3.49 \pm 0.22$          | $53.00 \pm 4.24$           |

### 1.5 ศึกษาคุณภาพทางเคมีของแคปซูลถึงสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แคปซูลที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ

ผลการศึกษาคุณภาพทางเคมีของแคปซูลถึงสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์แคปซูลที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในปริมาณของ ไขมัน, โปรตีน, เส้นใย และเถ้า (ตาราง 5) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์แคปซูลถึงสำเร็จรูปเมื่อผ่านไมโครเวฟกลายเป็นผลิตภัณฑ์แคปซูล มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงเพราะความร้อนจากไมโครเวฟจะทำให้ความชื้นบางส่วนในหนังหุ้มระเหยไป ส่งผลให้มวลของผลิตภัณฑ์แคปซูลสูงขึ้นทำให้ค่าองค์ประกอบทางเคมีเพิ่มขึ้น



**ตาราง 5** แสดงองค์ประกอบทางเคมีของแคบหมูที่สำเร็จรูปกับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ

| องค์ประกอบทางเคมี           | แคบหมูที่สำเร็จรูป | ผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| ความชื้น (ร้อยละ)           | 9.54               | 3.06                                    |
| ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)       | 63.68              | 73.8                                    |
| ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)        | 8.62               | 11.30                                   |
| ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) | 13.14              | 5.8                                     |
| ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)       | 0.65               | 0.78                                    |
| ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)         | 4.37               | 5.26                                    |

## 2. การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในตลาด

ผลการศึกษาคูณภาพทางกายภาพและเคมีของแคบหมูที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ กับผลิตภัณฑ์แคบหมูที่มีการจำหน่ายในท้องตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง (ตาราง 6) พบว่าแคบหมูมีค่าคุณภาพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน แต่คุณภาพที่เป็นจุดเด่นของแคบหมูที่ได้จากการอบด้วยไมโครเวฟ คือมีปริมาณไขมันที่น้อยกว่าแคบหมูทั่วไปโดยเฉลี่ยร้อยละ 19

**ตาราง 6** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แคบหมู

| แคบหมู              | ความแข็งของเนื้อสัมผัส (นิวตัน) | ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) | P.V. (ค่าความหืน) | TBA (ค่าความหืน) |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| แคบหมูตัวอย่างที่ 1 | $0.89 \pm 0.07$                 | $28.75 \pm 1.85$     | $0.47 \pm 0.08$   | $2.17 \pm 0.17$  |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 2 | $2.54 \pm 0.13$                 | $34.96 \pm 2.62$     | $0.58 \pm 0.06$   | $2.48 \pm 0.08$  |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 3 | $1.87 \pm 0.08$                 | $22.58 \pm 3.44$     | $0.33 \pm 0.02$   | $2.25 \pm 0.04$  |
| แคบหมูจากการวิจัย   | $1.29 \pm 0.15$                 | $11.30 \pm 1.75$     | $0.14 \pm 0.03$   | $1.38 \pm 0.03$  |

### สรุป

สถานะที่เหมาะสมในการผลิตแคบหมูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ คือ นำหนังหมูไปอบเพื่อลดความชื้น โดยใช้เครื่องอบแห้งตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และนำไปอุ่นในน้ำมันเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แคบหมูถึงสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ ความยาว 10 เซนติเมตร น้ำหนัก 25 กรัม นำไปอบในเตาไมโครเวฟที่ความร้อน 900 วัตต์เป็นเวลา 3 นาที จะได้ผลิตภัณฑ์แคบหมูที่มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า ร้อยละ 3.06, 73.8, 11.30, 5.8, 0.78 และ 5.26 ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผลิตได้จากการอบด้วยเตาไมโครเวฟกับแคบหมูที่ขายตามตลาดจำนวน 3 ตัวอย่าง พบว่าแคบหมูที่ผลิตได้จากการอบด้วยเตาไมโครเวฟมีปริมาณ ไขมันที่ร้อยละ 11.30 ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าส่วนแคบหมูที่มีขายตามตลาดซึ่งมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 22.58 - 34.96

### เอกสารอ้างอิง

- ธนวัฒน์ ชาญชัยกร. 2542. การพัฒนากระบวนการผลิตแคบหมูและการทดสอบผู้บริโภค. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 29 น.
- พันธิพา จันทวัฒน์, ณรงค์ นิยมวิทย์ และ ชเนศ แก้วกำเนิด. 2532. ผลของความชื้น การกระจายความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้ทอดที่มีผลต่อคุณภาพของแคบหมู. อาหาร. 19(2) : 79-88
- รุ่งนภา วิสิษฐุการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 169 น.
- วัชรินทร์ ปิยะรัตน์. 2531. การให้ความร้อนในระบบไมโครเวฟในอุตสาหกรรมอาหาร. อาหาร. 18(1) : 41 – 47.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official Method of Analysis Association of Official Analytical Chemist Inc. Arlington Virginia, USA. 1141 p.
- Lawless, H.T. 1998. Sensory Evaluation of Food : Principles and Practices. Chapman&Hall, Inc., New York. 819 p.
- Marsh, T.S. 1986. Shelflife. The Wiley Encyclopedis of Packaging Technology. John Wiley and Sons, Inc., New York. 754 p.