# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# โครงการ การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ


โดย

อรทัย บุญทะวงศ์



พฤษภาคม 2557

สัญญาเลขที่ RDG5550109

# รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

# โครงการ การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ

**คณะผู้วิจัย**
**อรทัย บุญทะวงศ์**

**สังกัด**
**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง**

**ชุดโครงการวิจัยสร้างสรรค์อุตสาหกรรมไทย**
**สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)**
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

# สารบัญ

**เรื่อง** **หน้า**


สารบัญ ก
สารบัญตาราง ข
สารบัญภาพ ช
กิตติกรรมประกาศ ฎ
บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร 1
บทคัดย่อ 4
แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5) 6
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10
ขั้นตอนการวิจัย 25
ผลการวิจัย 35
สรุปผลการวิจัย 113
เอกสารอ้างอิง 115
ภาคผนวก
ก. วิธีการหาค่าดัชนีการพองตัว 120
ข. ผลการศึกษาคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบพร้อมรับประทาน ระหว่างการเก็บรักษา 122
ค. ตารางเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และผลการดำเนินการตลอดโครงการ 137
ง. บทความวิจัยฉบับสำหรับการเผยแพร่ 139

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แสดงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเตาอบไฟฟ้าที่มีการจำหน่ายทั่วไป | 35 |
| 2 | แสดงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหม้ออบลมร้อนที่มีการจำหน่ายทั่วไป | 42 |
| 3 | แสดงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหม้อทอดไร้น้ำมันที่มีการจำหน่ายทั่วไป | 44 |
| 4 | เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีหนังหมู แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ผลิตได้จากตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป | 49 |
| 5 | เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ผลิตได้จากตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป | 49 |
| 6 | เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผลิตได้จากตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป | 50 |
| 7 | เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากวิธีการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน | 51 |
| 8 | เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากวิธีการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน | 51 |
| 9 | เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผลิตได้จากวิธีการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน | 52 |
| 10 | เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากวิธีการต้มหนังหมูที่แตกต่างกัน | 53 |
| 11 | เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากวิธีการต้มหนังหมูที่แตกต่างกัน | 54 |
| 12 | เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ได้จากวิธีการต้มหนังหมูที่ต่างกัน | 54 |
| 13 | แสดงคุณสมบัติ และราคาของสารกันหืนชนิดต่างๆ | 55 |
| 14 | เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนที่แตกต่างกัน | 58 |
| 15 | เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนที่แตกต่างกัน | 59 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 16 | เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนที่ต่างกัน | 59 |
| 17 | เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืน และสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่แตกต่างกัน | 61 |
| 18 | เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนและสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่แตกต่างกัน | 61 |
| 19 | เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืน และสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่แตกต่างกัน | 61 |
| 20 | เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน | 63 |
| 21 | เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน | 64 |
| 22 | เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ได้จากการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน | 64 |
| 23 | อิทธิพลหลักที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู | 67 |
| 24 | อิทธิพลร่วมระหว่างความยาวของหนังหมู (A) และเวลาอบลดความชื้น (B) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู | 68 |
| 25 | อิทธิพลร่วมระหว่างความยาวของหนังหมู (A) และเวลาต้มในน้ำมัน (C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู | 69 |
| 26 | อิทธิพลร่วมระหว่างเวลาอบลดความชื้น (B) และเวลาต้มในน้ำมัน (C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู | 70 |
| 27 | อิทธิพลร่วมระหว่างความยาวของหนังหมู (A) เวลาอบลดความชื้น (B) และเวลาต้มในน้ำมัน (C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู | 71 |
| 28 | ข้อมูลพื้นฐานของเตาอบที่ใช้ในการทดสอบความเสถียรของการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | 78 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 29 | คุณภาพของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบต่างชนิดกัน | 79 |
| 30 | การพองตัวของแคบหมูในเตาอบและปริมาณการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่แตกต่างกัน | 80 |
| 31 | องค์ประกอบทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกับแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัว | 84 |
| 32 | เปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผ่านการอบกับแคบหมูที่ผ่านการทอดที่มีจำหน่ายทั่วไป | 85 |
| 33 | สูตรส่วนผสมแคบหมูที่ทำการพัฒนาแบบ Ratio Profile Test | 87 |
| 34 | ผลทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผ่านการพัฒนาแบบ Ratio Profile Test | 87 |
| 35 | ต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 88 |
| 36 | ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค | 109 |
| 37 | ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ | 111 |

| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 123 |
| 2 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 124 |
| 3 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 125 |
| 4 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 126 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 5 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 127 |
| 6 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง | 128 |
| 7 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส | 129 |
| 8 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส | 130 |
| 9 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง | 131 |
| 10 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส | 132 |
| 11 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส | 133 |
| 12 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 134 |
| 13 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 135 |
| 14 | การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 136 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 15 | เปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และผลการดำเนินการตลอดโครงการ | 138 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | เตาอบแบบใช้แก๊สที่มีจำหน่ายทั่วไป | 35 |
| 2 | เตาอบไฟฟ้าที่มีจำหน่ายทั่วไป | 41 |
| 3 | หม้ออบลมร้อนที่มีจำหน่ายทั่วไป | 43 |
| 4 | หม้อทอดไร้น้ำมันที่มีจำหน่ายทั่วไป | 44 |
| 5 | แคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 46 |
| 6 | ผลการทดสอบตัวอย่างหนังหมู 5 แหล่ง ด้วยชุดทดสอบฟอร์มาลีนในอาหาร | 47 |
| 7 | ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำมันหลังการต้มหนังหมูด้วยชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ | 65 |
| 8 | ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (ก) และเตาอบแบบใช้แก๊ส (ข) | 81 |
| 9 | ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังอบด้วยหม้ออบลมร้อน | 81 |
| 10 | ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 9 ลิตร | 82 |
| 11 | ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 23 ลิตร | 82 |
| 12 | ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟ | 83 |
| 13 | กราฟใยแมงมุมแสดงผลทางประสารทสัมผัสของแคบหมูที่ผ่านการพัฒนาในแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับค่าอุดมคติ (Ideal) | 86 |
| 14 | ลักษณะปรากฏของแคบหมูที่ผ่านการพัฒนาแบบ Ratio Profile Test | 86 |
| 15 | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา (ก) และแบบสุญญากาศ (ข) | 89 |
| 16 | แคบหมูพร้อมรับประทานบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา (ก) และแบบสุญญากาศ (ข) | 90 |
| 17 | ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 91 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 18 | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 92 |
| 19 | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 92 |
| 20 | ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 92 |
| 21 | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 93 |
| 22 | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุ แบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 93 |
| 23 | ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 93 |
| 24 | ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 94 |
| 25 | ค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 94 |
| 26 | ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุ แบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัว ด้วยเตาอบ | 94 |
| 27 | ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 95 |
| 28 | ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 95 |
| 29 | ค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 95 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 30 | ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 96 |
| 31 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 97 |
| 32 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 97 |
| 33 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 98 |
| 34 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 98 |
| 35 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 98 |
| 36 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ | 99 |
| 37 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง | 102 |
| 38 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง | 102 |
| 39 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส | 103 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 40 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส | 103 |
| 41 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส | 103 |
| 42 | คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส | 104 |
| 43 | ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 106 |
| 44 | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 106 |
| 45 | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 106 |
| 46 | ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 107 |
| 47 | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 107 |
| 48 | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 107 |
| 49 | ปริมาณความชื้นของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 108 |
| 50 | ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 108 |
| 51 | ปริมาณความชื้นของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 108 |
| 52 | ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน | 109 |

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และได้รับความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการศึกษาวิจัย จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลผู้ประกอบการผลิตแคบหมู คณะผู้วิจัยยังได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคณาจารย์ ผู้ช่วยนักวิจัย นักศึกษา และเจ้าหน้าที่สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง และได้รับความอนุเคราะห์ในการประสานงาน และข้อแนะนำเป็นอย่างดี จากชุดโครงการวิจัยสร้างสรรค์อุตสาหกรรมไทย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวนามมา คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยเล่มนี้จักเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ ทั้งนักวิจัย นักวิชาการ นักศึกษา และผู้ประกอบการ หากผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อบกพร่อง คณะผู้วิจัยยินดีน้อมรับคำวิจารณ์ และคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป หากผลการวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์แก่หน่วยงานหรือบุคคลใด คณะผู้วิจัยขอมอบความดีนี้แก่สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาต่อไป

# บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร

**1. ชื่อโครงการ** การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ
Development of Formula and Production Process of Baked Crispy Pork Rinds (Kab Moo)

**คำสำคัญ** แคบหมู, สูตร, อบ

**keywords** Crispy Pork Rinds, Formula, Baked

**2. หัวหน้าโครงการ**

**ชื่อ-สกุล** อาจารย์อรทัย บุญทะวงศ์

**หน่วยงาน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

**ที่อยู่** เลขที่ 200 หมู่ที่17 ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง 52000

**โทรศัพท์** 0 – 5434 – 2547 – 8 **โทรสาร** 0 – 5434 – 2549

**E-mail** orathai_bun@hotmail.com

**4. ระยะเวลาดำเนินการ** 21 เดือน

**5. ปัญหาที่ทำวิจัยและความสำคัญของปัญหา**

แคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบจากโครงการวิจัยการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ เป็นแคบหมูที่เปลี่ยนกระบวนการผลิตจากการทอดในน้ำมันเป็นการอบด้วยตู้อบลมร้อนให้พองตัว ผลการวิจัยพบว่าการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมูที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสและการอบให้แคบหมูพองตัวที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ทำให้ได้แคบหมูที่มีคุณภาพการพองตัวดีที่สุด โดยแคบหมูที่ผ่านการผลิตด้วยวิธีการอบ มีอายุการเก็บในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์หรือถุงพลาสติกไนลอนได้นานกว่า 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบกับแคบหมูทั่วไป พบว่า แคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบมีปริมาณไขมันร้อยละ 14.59 ซึ่งน้อยกว่าแคบหมูทั่วไปที่มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 33.24–45.66 (อรทัย และคณะ, 2548) แคบหมูที่ได้จากงานวิจัยจึงมีข้อดี คือ ปริมาณไขมันน้อยกว่า และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งจากน้ำมันทอดซ้ำ ส่งผลให้แคบหมูมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบให้แก่ผู้ประกอบการเพื่อทำเป็นธุรกิจการค้า และได้ทดสอบตลาดโดยใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ พบว่า มีผู้บริโภคบางส่วนที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ และไม่แน่ใจในการที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหนังหมูแรงและมีกลิ่นหืน) และรสชาติยังไม่เป็นที่พอใจ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว พบว่า สาเหตุมาจากแหล่งที่มาของหนังหมูที่แตกต่างจากงานวิจัย การใช้หนังหมูในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจักใช้ในปริมาณที่มาก

ในแต่ละวัน ส่งผลให้แหล่งที่มาของหนังหมูที่ใช้ค่อนข้างหลากหลาย หนังหมูแต่ละแหล่งที่มามีกลิ่นของหนังหมูและปริมาณไขมันแตกต่างกันไป จากการนำแคบหมูทดสอบตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า ผู้บริโภคมีความต้องการให้ผู้ประกอบการจำหน่ายแคบหมูในลักษณะกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถนำเข้าเตาอบแก๊ส เตาอบไฟฟ้า หรือเตาไมโครเวฟที่มีใช้ตามครัวเรือนมากกว่าแคบหมูพร้อมรับประทาน เนื่องจากประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง สะดวกต่อการบริโภค และสามารถได้รับประทานแคบหมูที่มีความสดใหม่ ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาแคบหมูมีกลิ่นหืน และรสชาติยังไม่เป็นที่ยอมรับ และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคด้านลักษณะแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถอบให้พองตัวด้วยเตาอบที่มีใช้ตามครัวเรือน ซึ่งเป็นเตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาอบแก๊ส หรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าทำให้อาหารสุก จึงควรวิจัยพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของแคบหมู และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาด โดยใช้ฐานองค์ความรู้จากงานวิจัยเดิม คือ การผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (อรทัย และคณะ, 2548) ซึ่งใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนระหว่างลมร้อนกับอาหาร และงานวิจัยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาไมโครเวฟ (อรทัย และคณะ, 2549) ซึ่งเป็นการทำให้แคบหมูพองตัวด้วยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือน และชนโมเลกุลอื่น จนเกิดเป็นพลังงานจลน์ กลายสภาพเป็นพลังงานความร้อนภายในอาหาร ซึ่งแคบหมูกึ่ง-สำเร็จรูปของงานวิจัยทั้ง 2 โครงการ ไม่ได้ศึกษามาเพื่อการพองตัวด้วยเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้า ซึ่งอาศัยความร้อนจากแหล่งความร้อน เช่น ขดลวดหรือเปลวไฟเพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปทดสอบการพองตัวด้วยเตาอบดังกล่าว จึงมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จักช่วยให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถพองตัวด้วยวิธีการอบแทนการทอดในน้ำมันมีความสมบูรณ์มากขึ้น แคบหมูมีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับ สามารถอบให้พองตัวด้วยเตาอบได้หลากหลาย และครอบคลุมมากขึ้น เพิ่มความสะดวกในการอบแคบหมูเพื่อรับประทานสำหรับผู้บริโภคได้มากขึ้น อีกทั้งผู้ประกอบการต้องการทราบถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจักทำให้ผู้ประกอบการทราบถึงระยะเวลาการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้ การพัฒนาคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้าในรูปแบบใหม่นี้ จักสามารถตอบโจทย์ของผู้ประกอบการได้มากขึ้น รวมทั้งการสร้างความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้มากขึ้น เพื่อเป็นการกระตุ้นตลาดและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาสินค้าเพื่อสุขภาพ ส่งผลให้สามารถขยายกลุ่มผู้บริโภคแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้ครอบคลุมมากขึ้น ปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปเข้ามามีบทบาทในชีวิตของคนเรามากขึ้น เนื่องจากใช้เวลาไม่นานก็นำมารับประทานได้ และสามารถซื้อไว้ติดครัวได้ ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้มากขึ้นจากเดิม หรือสามารถส่งออกจำหน่ายไปแข่งขันกับตลาดการค้าต่างประเทศได้ และเป็นแนวทางหนึ่งของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small

Medium Enterprise, SMEs) ทำให้มีความเข้มแข็งด้วยตนเองอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันกับสินค้าต่างประเทศได้ตามนโยบายของรัฐบาล และเป็นแนวทางใหม่สำหรับการพัฒนารูปแบบแคบหมูให้แก่ผู้ประกอบการแคบหมู งานวิจัยนี้จักได้เผยแพร่ผลการวิจัยสำหรับประชาชนที่สนใจ และผู้ประกอบการผลิตแคบหมู เพื่อทำเป็นธุรกิจการค้าต่อไป

# บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ เพื่อให้แคบหมูมีคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น และสามารถอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบที่มีจำหน่าย และใช้ในครัวเรือนได้หลากหลายมากขึ้น จากการศึกษาได้กระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือ การนำหนังหมูล้างทำความสะอาด จากนั้นต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชู จากนั้นหมักหนังหมูด้วยเครื่องปรุงรส และเติมสารกันหืน BHT (Butylated Hydroxy Toluene) ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 ของน้ำหนักหนังหมู นำหนังหมูไปอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และนำหนังหมูต้มในน้ำมันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2.5 ชั่วโมง ได้เป็นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบ โดยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานมากกว่า 4 เดือน

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบ จำนวน 500 คน พบว่า ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 95.00 และมีความต้องการซื้อร้อยละ 89.47 และหากมีการจำหน่ายแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบผู้บริโภคมีความต้องการซื้อร้อยละ 82.74 โดยมีเหตุผลในการซื้อ คือ ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ ผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน สำหรับเป็นของฝาก สะดวกในการรับประทาน และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ตามลำดับ

## Abstract

This study aims to develop a formula and production process of baked crispy pork rinds (Kab Moo), to make its odor and taste quality more acceptable to consumers and to improve its swilling capacity for baking ovens which are available in the market and widely used in households. The optimal production process derived from the study is to clean the pork skins and boil in salt solution mixed with vinegar. Some antioxidant, BHT (Butylated Hydroxy Toluene), with concentration of 0.01 percent by the weight of pork skin is filled during the process of fermentation. Then dry the skins at 90 °c for 4 hours to reduce their moisture and boil them in oil at 100 °c for 2.5 hours. As a result, the instant crispy pork rinds which are ready for further swilling by a baking oven are completed. With the package of nylon plastic bags can keep the instant crispy pork rinds fresh at room temperature for more than 4 months.

The percentages of 500 favoured consumers were evaluated and were expected to buy were 95.00 and 89.47, respectively. And intention to purchase the instant crispy pork rinds for further swilling by a baking oven were 82.74 %. The main reason was safe from repeated use of oil. In addition, it is new, reduce fat content, gift, easily to eat, and healthy, respectively.

**แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)**

**สัญญาเลขที่** RDG5550109

**ชื่อโครงการ** การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ

**หัวหน้าโครงการ** นางอรทัย บุญทะวงศ์

**สถาบัน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

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

**E-mail address** : orathai_bun@hotmail.com

**ความสำคัญ / ความเป็นมา**

แคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบจากโครงการวิจัยการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ เป็นแคบหมูที่เปลี่ยนกระบวนการผลิตจากการทอดในน้ำมันเป็นการอบด้วยตู้อบลมร้อนให้พองตัว ผลการวิจัยพบว่าการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมูที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสและการอบให้แคบหมูพองตัวที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ทำให้ได้แคบหมูที่มีคุณภาพการพองตัวดีที่สุด โดยแคบหมูที่ผ่านการผลิตด้วยวิธีการอบ มีอายุการเก็บในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์หรือถุงพลาสติกไนลอนได้นานกว่า 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบกับแคบหมูทั่วไป พบว่า แคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบมีปริมาณไขมันร้อยละ 14.59 ซึ่งน้อยกว่าแคบหมูทั่วไปที่มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 33.24–45.66 (อรทัย และคณะ, 2548) แคบหมูที่ได้จากงานวิจัยจึงมีข้อดี คือ ปริมาณไขมันน้อยกว่า และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งจากน้ำมันทอดซ้ำ ส่งผลให้แคบหมูมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบให้แก่ผู้ประกอบการเพื่อทำเป็นธุรกิจการค้า และได้ทดสอบตลาดโดยใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ พบว่า มีผู้บริโภคบางส่วนที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ และไม่แน่ใจในการที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหนังหมูแรงและมีกลิ่นหืน) และรสชาติยังไม่เป็นที่พอใจ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว พบว่า สาเหตุมาจากแหล่งที่มาของหนังหมูที่แตกต่างจากงานวิจัย การใช้หนังหมูในการผลิตระดับอุตสาหกรรมจักใช้ในปริมาณที่มากในแต่ละวัน ส่งผลให้แหล่งที่มาของหนังหมูที่ใช้ค่อนข้างหลากหลาย หนังหมูแต่ละแหล่งที่มามีกลิ่นของหนังหมูและปริมาณไขมันแตกต่างกันไป จากการนำแคบหมูทดสอบตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า ผู้บริโภคมีความต้องการให้ผู้ประกอบการจำหน่ายแคบหมูในลักษณะกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถนำเข้าเตาอบแก๊ส เตาอบไฟฟ้า หรือเตาไมโครเวฟที่มีใช้ตามครัวเรือนมากกว่าแคบหมูพร้อมรับประทาน เนื่องจากประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง สะดวกต่อการบริโภค และสามารถได้รับประทานแคบหมูที่มีความสดใหม่ ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาแคบหมูมีกลิ่นหืน และรสชาติยังไม่เป็นที่ยอมรับ และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคด้านลักษณะแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถอบให้

พองตัวด้วยเตาอบที่มีใช้ตามครัวเรือน ซึ่งเป็นเตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาอบแก๊ส หรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าทำให้อาหารสุก จึงควรวิจัยพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของแคบหมู และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาด โดยใช้ฐานองค์ความรู้จากงานวิจัยเดิม คือ การผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (อรทัย และคณะ, 2548) ซึ่งใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนระหว่างลมร้อนกับอาหาร และงานวิจัยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาไมโครเวฟ (อรทัย และคณะ, 2549) ซึ่งเป็นการทำให้แคบหมูพองตัวด้วยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือน และชนโมเลกุลอื่น จนเกิดเป็นพลังงานจลน์ กลายสภาพเป็นพลังงานความร้อนภายในอาหาร ซึ่งแคบหมูกึ่ง-สำเร็จรูปของงานวิจัยทั้ง 2 โครงการ ไม่ได้ศึกษามาเพื่อการพองตัวด้วยเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้า ซึ่งอาศัยความร้อนจากแหล่งความร้อน เช่น ขดลวดหรือเปลวไฟเพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปทดสอบการพองตัวด้วยเตาอบดังกล่าว จึงมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จักช่วยให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถพองตัวด้วยวิธีการอบแทนการทอดในน้ำมันมีความสมบูรณ์มากขึ้น แคบหมูมีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับ สามารถอบให้พองตัวด้วยเตาอบได้หลากหลาย และครอบคลุมมากขึ้น เพิ่มความสะดวกในการอบแคบหมูเพื่อรับประทานสำหรับผู้บริโภคได้มากขึ้น อีกทั้งผู้ประกอบการต้องการทราบถึงอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจักทำให้ผู้ประกอบการทราบถึงระยะเวลาการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้ การพัฒนาคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้าในรูปแบบใหม่นี้ จักสามารถตอบโจทย์ของผู้ประกอบการได้มากขึ้น รวมทั้งการสร้างความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้มากขึ้น เพื่อเป็นการกระตุ้นตลาดและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาสินค้าเพื่อสุขภาพ ส่งผลให้สามารถขยายกลุ่มผู้บริโภคแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้ครอบคลุมมากขึ้น ปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปเข้ามามีบทบาทในชีวิตของคนเรามากขึ้น เนื่องจากใช้เวลาไม่นานก็นำมารับประทานได้ และสามารถซื้อไว้ติดครัวได้ ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้มากขึ้นจากเดิม หรือสามารถส่งออกจำหน่ายไปแข่งขันกับตลาดการค้าต่างประเทศได้ และเป็นแนวทางหนึ่งของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small Medium Enterprise, SMEs) ทำให้มีความเข้มแข็งด้วยตนเองอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันกับสินค้าต่างประเทศได้ตามนโยบายของรัฐบาล และเป็นแนวทางใหม่สำหรับการพัฒนารูปแบบแคบหมูให้แก่ผู้ประกอบการแคบหมู งานวิจัยนี้จักได้เผยแพร่ผลการวิจัยสำหรับประชาชนที่สนใจ และผู้ประกอบการผลิตแคบหมู เพื่อทำเป็นธุรกิจการค้าต่อไป

**วัตถุประสงค์โครงการ**

1. เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อพัฒนาคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ และการพองตัวของผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ ให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
2. เพื่อศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูหลังอบพร้อมรับประทานแบบใหม่สำหรับเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้า

| ผลที่ได้รับ | บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่ | โดยทำให้ |
|---|---|---|
| ทราบข้อมูลพื้นฐานเตาอบแบบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้าที่มีใช้ทั่วไปตามครัวเรือน | 1 | ได้ข้อมูลพื้นฐานเตาอบแบบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้าที่มีใช้ทั่วไปตามครัวเรือน |
| กระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของหนังหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมู | 1 | ได้กระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของหนังหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมู |
| กระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 1 | ได้กระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ |
| สูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 1 | ได้สูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ |
| บรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูหลังอบพร้อมรับประทาน และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 2 | ได้บรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูหลังอบพร้อมรับประทาน และแคบหมูกึ่ง-สำเร็จรูปสำหรับเตาอบ |
| การยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูสำหรับเตาอบ | 1 | ผู้บริโภคมีทางเลือกใหม่สำหรับผู้ที่ชอบรับประทานแคบหมู และเลือกบริโภคอาหารอย่างปลอดภัยต่อสุขภาพ และถูกสุขลักษณะ |

**การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์**

การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ ถือว่าเป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับการผลิตแคบหมูในประเทศไทย คือ มีขั้นตอนทำให้แคบหมูพองตัว โดยไม่ต้องใช้วิธีการทอด ทำให้สามารถลดปริมาณไขมันในแคบหมูได้ เมื่อเทียบกับแคบหมูที่ใช้วิธีการทอดในน้ำมัน ซึ่งนับว่าเป็นผลดีต่อผู้ที่ชอบรับประทานแคบหมู ทำให้มีทางเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ โดยวิธีการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการอบนี้ จักได้ทำการเผยแพร่ให้ความรู้โดยอาจารย์อรทัย บุญทะวงศ์ (หัวหน้าโครงการวิจัย) สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง เพื่อนำไปผลิตเป็นธุรกิจการค้าต่อไป เป็นการส่งเสริมผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small Medium Enterprise, SMEs) ทำให้มีความเข้มแข็งด้วยตนเองอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันกับสินค้าต่างประเทศได้ตามนโยบายของรัฐบาล

**การประชาสัมพันธ์**

- จัดทำเอกสารเผยแพร่ และแนะนำกระบวนการที่ดีที่สุด
- การลงตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ
- บทความทางวิชาการ ในส่วนของสาระน่ารู้ในเว็บไซต์ของมหาวิทยาลัย

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

## แคบหมู

แคบหมู เป็นอาหารพื้นบ้านของชาวล้านนาไทย การทำแคบหมูเป็นวิธีการแปรรูป และถนอมอาหารที่เกิดจากภูมิปัญญาชาวบ้านสืบทอดกันมา โดยนำหนังหมูมาผ่านกรรมวิธีการทอดจนได้ลักษณะการพอง กรอบ แคบหมูนิยมใช้เป็นของฝากเมืองเหนือ นำมารับประทานเป็นอาหารประเภทเครื่องเคียงกับน้ำพริกเมืองเหนือ และแกงคั่วต่างๆ (ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ, 2548)

**ประเภทของแคบหมู**

1. แคบหมูไร้มัน ทำจากหนังหมูล้วนๆ เป็นแผ่นขนาด 2x4 นิ้ว ส่วนมากนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น ทำกระเพาะปลา ต้มยำ และยำแคบหมู เป็นต้น

2. แคบหมูติดมันบ้างไม่มากนัก ขนาด 1-2x3-4 นิ้ว ลักษณะจะเป็นก้อนกลมๆ นิยมรับประทานเป็นเครื่องเคียงอาหารอื่น

3. แคบหมูติดมันและมีเนื้อปน ส่วนมากนิยมทำเป็นแผ่นใหญ่ขนาด 7x10 นิ้ว ทำจากหนังหมูด้านข้างซี่โครง (ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ, 2548)

วิธีการผลิตของแคบหมูทั้ง 3 ชนิด จะแตกต่างกัน แคบหมูติดมันมีกรรมวิธีการผลิตที่ค่อนข้างยุ่งยากกว่าแคบหมูไร้มัน เวลาที่ใช้ในการผลิตจะนาน มีปัญหาในการติดกันของหนังหมูมาก สีของแคบหมูที่ได้ควบคุมได้ยาก ความสม่ำเสมอของสีมีน้อย ทำให้คุณภาพของแคบหมูแตกต่างกันโดยเฉพาะความกรอบ การพองตัว และสี เมื่อเก็บไว้นานจะสูญเสียความกรอบ เนื่องจากดูดความชื้นจากอากาศเข้าไป

**ขั้นตอนการผลิตแคบหมู**

**การเลือกหนังหมู**

หนังหมูเป็นวัตถุดิบหลักและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำแคบหมู แคบหมูจะอร่อยมีลักษณะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับหนังหมู ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกหนังหมูที่เหมาะสมในการทำแคบหมูมากที่สุด การเลือกหนังหมูควรเป็นหนังหมูที่ได้จากข้างลำตัว และหนังสะโพกเป็นหนังหมูใหม่ ไม่มีกลิ่นเหม็น สะอาด มีสีขาวอมชมพูจางๆ ไม่มีสีซีดคล้ำ ไม่มีขนติด และต้องไม่เป็นหนังที่ได้จากหมูที่มีอายุน้อยเกินไป ควรจะมีอายุระหว่าง 3-6 เดือน (ยิ่งศักดิ์, มปป.)

**การหั่นหนังหมู**

การหั่นหนังหมูมีผลต่อขนาดของแคบหมูให้มีลักษณะพองมากหรือน้อย และเป็นเส้นตรงหรือขดงอเป็นก้อนกลม จะต้องคำนึงถึงลักษณะของหนังหมู และขนาดที่ตัดไปพร้อมกัน จึงจะได้แคบหมูที่มีลักษณะพอง และขดงอเป็นก้อนกลมน่ารับประทาน แบ่งการหั่นได้ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หั่นหนังหมูตามความยาวของลำตัวหมู โดยกำหนดชิ้นส่วนของหนังหมูที่ต้องการหั่นให้ได้ขนาด 1-1.5x3 นิ้ว โดยหั่นหนังหมูตามยาว 3 นิ้ว

ขั้นตอนที่ 2 จากการหั่นหนังหมูได้ความยาวตามลำตัวหมูกว้าง 3 นิ้ว จึงนำหนังหมูที่หั่นเป็นชิ้นเล็กให้มีขนาด 1-1.5 นิ้ว จะได้ชิ้นส่วนของหนังหมูที่หั่นเสร็จขนาด 1-1.5x3 นิ้ว หากหั่นขนาดใหญ่กว่านี้ให้ใช้หลักในการหั่นลักษณะเดียวกัน จากนั้นนำหนังหมูที่หั่นได้ไปล้างน้ำสะอาด พักไว้ให้สะเด็ดน้ำ (ยิ่งศักดิ์, มปป.)

**การต้มหนังหมู**

การต้มหนังหมูในน้ำเดือดนาน 15 นาที คอลลาเจนที่เป็นโปรตีนส่วนใหญ่ในหนังหมูชั้นในจะกลายเป็นเจลาติน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สามารถกักความชื้นไว้ภายใน ซึ่งคอลลาเจนมีลักษณะยาวเป็น stiff โปรตีน ซึ่งทั้งหมดเป็น prevalent protein ผิวหนังจะเป็นคอลลาเจนเกือบทั้งหมด ซึ่งมีเอ็นเชื่อมติดกับกล้ามเนื้อและกระดูก การตัดเนื้อที่มีคอลลาเจนสูง จะใช้กระบวนการในการหุงต้มช้าด้วยความร้อนชื้น เช่น การต้มเนื้อจนเปื่อย คอลลาเจนสามารถละลายได้ในน้ำ และเมื่อถูกต้มอย่างช้าๆ ด้วยความร้อนชื้น มันจะกลายเป็นเจลาติน (Science of meat, 1990)

ในสภาวะธรรมชาติคอลลาเจนจะอยู่ในลักษณะเป็นเส้นใยที่มีสามโพลีเปปไทด์พันโดยรอบโครงสร้างมีลักษณะเป็นเกลียว คอลลาเจนจะเปลี่ยนกลับไปเป็นเจลาตินโดยความร้อนที่มีน้ำเป็นตัวพา จากนั้นความสัมพันธ์ของพันธะ (พันธะนอนโควาเลนต์) ที่ยึดสายของสามโพลีเปปไทด์จะเสียสภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของพันธะโควาเลนต์ และก่อให้เกิดสารละลายที่มีโพลีเปปไทด์มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน เมื่อสารละลายเจลาตินเย็นลงต่ำกว่าอุณหภูมิแน่นอน โมเลกุลจะเข้ามาสมทบกับอีกโมเลกุลหนึ่งในลำดับเดียวกัน กลับขึ้นมาเป็นโครงสร้างแบบเกลียวดังเดิม ในตอนนี้ในจุดที่เข้าเชื่อมต่อกันเป็น junction zone จะก่อเป็นรูปร่างในจุดเชื่อมต่อ junction zone นี้ จะเป็นตัวกำหนดในการกลับไปเป็นรูปแบบเดิม สามโพลีเปปไทด์ในรูปแบบเกลียว ถ้ามีปริมาณเจลาตินอยู่จะเกิดการฟอร์มตัวเป็นเจล เจลประกอบด้วยโครงสร้างแบบสามมิติ เครือข่ายของโมเลกุลเจลาตินที่เชื่อมต่อกันโดย junction zone เจลจะมีลักษณะคล้ายของแข็งแม้ว่ามันจะมีลักษณะเป็น viscoelastic (Ask the experts : Chemistry, 1999)

**การอุ่นหนังหมูในน้ำมัน**

การอุ่นหนังหมูในน้ำมัน 120 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดยการอุ่นหรือการเคี่ยวหนังหมู ทำให้ผิวหน้าของหนังหมูเกิดความแข็ง ช่วยให้ทนต่อแรงดันที่เกิดขึ้นขณะพองตัว ทำให้โครงสร้างของแคบหมูไม่ยุบตัวลงมากในระหว่างการทอดให้พองตัว และมีความกรอบหลังการทอด

**การทอดหนังหมู**

การทอดหนังหมูในน้ำมันที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส จะทำให้ไอน้ำที่ถูกกักไว้ในเจลาตินของหนังหมูเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเกิดแรงดันขึ้นภายในหนังหมู ทำให้หนังหมูพองตัว (สถาบันอาหาร, มปป.)

จากการศึกษาของพันธิพา และคณะ (2532) พบว่า ขั้นตอนแรกของการผลิตแคบหมูเริ่มด้วยนำหนังหมูมาต้มในน้ำมันที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วตามด้วยการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 130 องศาเซลเซียส อีก 15 นาที การใช้อุณหภูมิต่ำในระยะแรกเป็นการลดความชื้นของหนังหมูให้น้อยลงส่วนการใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในระยะสุดท้ายเป็นการสร้างเกราะขึ้นรอบๆ ชิ้นหนังหมูป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกไปได้ง่ายในขณะทอดให้พองตัว ช่วยให้หนังหมูพองตัวดีขึ้น ต่อจากนั้นจึงปล่อยให้เย็นตัวพร้อมกับน้ำมันขั้นตอนนี้ เป็นการกระจายความชื้น ช่วยให้การพองตัวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และผลของอุณหภูมิการทอดที่มีผลต่อการพองตัวของแคบหมู พบว่า เมื่อนำหนังหมูที่ลดความชื้นแล้วมาทอด หนังหมูจะพองตัวออก การพองตัวนี้จะเกิดขึ้นมากถ้าใช้อุณหภูมิสูงมากพอ เพื่อให้เกิดไอน้ำขึ้นเกิดการหลอมเหลวของเจลาตินเล็กน้อย สำหรับการทดลองทอดที่อุณหภูมิ 200 220 และ 240 องศาเซลเซียส พบว่า การพองตัวของแคบหมูจะสูงที่ 220 องศาเซลเซียส และรองลงมาที่อุณหภูมิ 200 และ 240 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีดัชนีการพองตัวเท่ากับ 9.1 8.9 และ 8.1 ตามลำดับ เห็นได้ว่าการทอดที่อุณหภูมิ 200–220 องศาเซลเซียส จะให้ผลดีที่สุด ส่วนการทอดที่อุณหภูมิ 240 องศา-เซลเซียส จะสูงเกินไปทำให้เจลาตินหลอมเหลวพร้อมหรือก่อนการเกิดไอน้ำเล็กน้อย แรงดันของไอน้ำจึงมีน้อยการพองตัวจึงน้อยลง (Matz, 1970)

ผลของการลดความชื้นที่มีต่อคุณภาพของแคบหมู พบว่า เมื่อนำหนังหมูไปทอดลดความชื้นการใช้อุณหภูมิ 2 ระดับมีผลต่อคุณภาพของแคบหมูมาก โดยเฉพาะสี ลักษณะภายนอก และลักษณะเนื้อสัมผัส การใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้แคบหมูที่ได้มีสีเหลืองเข้มหรือสีน้ำตาล มีฟองอากาศขนาดเล็ก และมีเนื้อแข็งกรอบสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลที่มีอยู่ในหนังหมูร้อยละ 1 (Idson and Braswall, 1957) ทั้งนี้เนื่องจากหนังหมูที่ผ่านการทอดที่อุณหภูมิสูงจะมีความชื้นเหลืออยู่น้อย เมื่อนำไปทอดให้พองตัวจะสูญเสียความชื้นไปอีกส่วนหนึ่งในสภาพเช่นนี้ แคบหมูจะมีความชื้นเหลืออยู่น้อยมาก ทำให้ปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สำหรับลักษณะความกรอบนั้นเกิดจากการพองตัวและความชื้นที่เหลืออยู่ ถ้าแคบหมูมีการพองตัวมาก ฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดใหญ่ และเนื้อสัมผัสจะกรอบมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าแคบหมูมีการพองตัวน้อยฟองอากาศ

ภายในแคบหมูจะมีขนาดเล็กและเนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง สำหรับความชื้นนั้นจะเป็นกำหนดการจับตัวกันของโมเลกุลโปรตีน ถ้าแคบหมูมีความชื้นเหลืออยู่น้อยการจับตัวกันของโปรตีนจะแน่นมาก ทำให้แคบหมูมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง ด้วยเหตุนี้เมื่อนำหนังหมูที่มีความชื้นต่ำมาทอด พบว่า มีลักษณะกรอบแข็ง มีสีน้ำตาลเข้ม ทั้งนี้เกิดจากหนังหมูมีการพองตัวน้อย และมีความชื้นเหลืออยู่น้อย แต่ถ้านำหนังหมูที่มีความชื้นสูงมาทอด พบว่า แคบหมูที่ได้มีลักษณะกรอบนุ่มและมีสีเหลืองมากขึ้น เกิดจากหนังหมูมีการพองตัวมากขึ้นในขณะเดียวกันแคบหมูที่ได้ก็มีความชื้นเหลือมากขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าหนังหมูมีความชื้นมากเกินไป เมื่อนำไปทอดจะไม่พองตัวมากนัก และแคบหมูที่ได้จะมีความชื้นเหลืออยู่มาก เนื้อจึงมีลักษณะเหนียว จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายของการทอดมีผลต่อความชื้น และความชื้นที่เหลือมีผลต่อคุณภาพของแคบหมู (Matz, 1970)

**มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู**

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมแคบหมูที่มีลักษณะเป็นเส้น เป็นชิ้นใหญ่ มีชั้นไขมันแข็งติดอยู่หรือไม่ก็ได้ บรรจุในภาชนะลักษณะทั่วไป ต้องมีขนาดชิ้นและการพองตัวสม่ำเสมอ อาจแตกหักได้เล็กน้อย ไม่มีส่วนที่เป็นขนหมูติดอยู่ ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีรอยไหม้ และมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องกรอบ ไม่เหนียว ไม่แข็งกระด้าง ความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)

## การเกิดกลิ่นของหนังหมู

การที่เนื้อหรือไขมันหมูมีกลิ่นเหม็นเขียว เนื่องมาจากในเนื้อเหล่านี้จะมีสารประกอบ 5-α-androst-16-en-3-one ซึ่งเป็นสารพวกสเตียรอยด์ชนิดที่ละลายได้ในไขมัน ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของฮอร์โมนเพศผู้ (Androgen) แทรกอยู่ตามกล้ามเนื้อ กลิ่นเหม็นนี้คล้ายปัสสาวะ (Urine-like smell) กลิ่นนี้ไม่ระเหยออกมาจากเนื้อ ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ปรุงอาหารต่ำกว่าจุดเดือด แต่มีรายงานพบว่าแม่หมูนาง หมูสาว และหมูเพศผู้ที่ตอนแล้ว อาจพบว่ามีกลิ่นในเนื้อได้บ้างแต่น้อยมากร้อยละ 1, 5 และ 5 ตามลำดับ โดยกลิ่นในเนื้อของหมูเพศเมียนั้น มาจากความผิดปกติของต่อมหมวกไต ส่วนหมูเพศผู้ที่ตอนแล้วนั้น อาจเนื่องมาจากท่อน้ำเชื้อที่หลงเหลืออยู่ ภายหลังจากถูกตอนยังสามารถผลิตฮอร์โมนเพศผู้ขึ้นมาได้บ้างเล็กน้อย (นิรนาม, มปป.ก)

**วิธีการกำจัดกลิ่นของหนังหมูและกลิ่นหืนในน้ำมันหมู**

1. นำหนังหมูที่ขูดขนและล้างทำความสะอาดแล้ว ไปล้างน้ำผสมสารส้มอย่างเจือจาง แล้วนำไปล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้งหนึ่ง (นิรนาม, 2555ก) ; นิรนาม, 2555ข) โดยสารส้ม (Aluminium Sulfate) มีสูตรทางเคมีคือ $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ เป็นกรดอ่อน ค่า pH ประมาณ 3.5 (1% dilution) (นิรนาม, 2555ค)

2. นำหนังหมูไปล้างน้ำ แล้วหั่นเป็นชิ้นตามปกติที่จะปรุงอาหาร จากนั้นนำไปแช่ในน้ำส้มสายชู 5 นาที แล้วนำไปล้างน้ำอีกครั้ง (นิรนาม, 2555ง)

3. นำหนังหมูแช่ในน้ำเกลือผสมกับน้ำส้มสายชูสักครู่จะทำให้กลิ่นหายไป (นิรนาม, 2555ค ; นิรนาม, 2555จ)

4. น้ำมันหมูมีกลิ่นหืน นำใบพลูมาตำหรือขยี้ไม่ต้องละเอียดมาก จากนั้นใส่ลงไปในน้ำมันก่อนการปรุงอาหาร กลิ่นหอมของใบพลูจะช่วยดับกลิ่นหืนของน้ำมันหมูได้ (นิรนาม, 2555ฉ) หรือนำใบพลูสดสัก 3-4 ใบ มาขยี้ลงในน้ำมันที่ร้อนทิ้งไว้สักครู่กลิ่นหืนจะหายไปหมด แล้วตักใบพลูนั้นทิ้ง (นิรนาม, 2555ช ; นิรนาม, 2555ซ) โดยใบพลูเป็น Antioxidant เมื่อนำมาใส่น้ำมันและอุ่นให้ร้อนจะป้องกันมิให้น้ำมันหืนช้าลง คุณสมบัติที่เป็น Antioxidant ของใบพลูก็เนื่องจากมีสารจำพวก Phenol โดยเฉพาะ Hydroxy-chavicol (4-allyl pyrocatechol) Hydroxy-chavicol เป็นสารที่ละลายได้ดีในปริมาณร้อยละ 0.03 ไม่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำมัน Ascorbic acid ที่มีในใบช่วยเสริมฤทธิ์ของสาร Phenol (ระวิวรรณ และคณะ, 2555)

5. น้ำมันหมูมีกลิ่นหืน ใช้ใบเตยสดหั่นสัก 10 ท่อน ใส่ลงไปในน้ำมัน แล้วตั้งไฟให้ร้อน แล้วค่อยตักใบเตยขึ้น จะช่วยดับกลิ่นอาหารเก่าที่อยู่ในน้ำมัน ทำให้น้ำมันไม่มีกลิ่นหืน ทำให้น้ำมันที่ใช้ทอดมีกลิ่นเหมือนน้ำมันใหม่ โดยไม่ต้องกลัวกลิ่นเหม็นหืนอีก (นิรนาม, 2556ก)

## น้ำมันสัตว์และน้ำมันพืช

น้ำมันสัตว์ เช่น น้ำมันหมู จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไขได้ง่าย เมื่ออยู่ที่อุณหภูมิต่ำ และไขมันสัตว์มีกลิ่นหืนได้ง่าย เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

น้ำมันพืช (ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันจากเมล็ดปาล์ม) มีคุณสมบัติตรงข้ามกับน้ำมันสัตว์ น้ำมันพืชส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย กรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้จะไม่ค่อยเป็นไข แม้จะอยู่ในที่เย็น เช่น แช่ตู้เย็น แต่จะทำปฏิกิริยากับความร้อนและออกซิเจนได้ง่าย จึงเกิดกลิ่นหืน แต่น้ำมันพืชมักเกิดกลิ่นหืนน้อยกว่าน้ำมันจากสัตว์ เนื่องจากในน้ำมันพืชมักมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืน

อยู่ด้วย ส่วนน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันจากเมล็ดปาล์ม มีคุณสมบัติคล้ายน้ำมันสัตว์ เพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง (นิธิยา, 2533)

**กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว**

กรดไขมันอิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่มีสูตรโครงสร้างของการจับกันของธาตุคาร์บอนในลักษณะแขนเดี่ยว (Single bond) ทำให้กรดไขมันนั้นอิ่มตัวด้วยไฮโดรเจน กรดไขมันอิ่มตัวจะพบมากในไขมันที่มาจากสัตว์ และน้ำมันพืชบางชนิด (น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันจากเมล็ดปาล์ม) ซึ่งหากจะเทียบปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวที่มีในน้ำมัน คือ น้ำมันหมูร้อยละ 41 น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 92 และน้ำมันปาล์มร้อยละ 52 (นิธิยา และไพโรจน์, 2547)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว ประกอบด้วย กรดไขมันที่มีสูตรโครงสร้างของการจับกันของธาตุคาร์บอนในลักษณะแขนคู่ (Double bond) จึงสามารถจับไฮโดรเจนเพิ่มได้อีก 2 อะตอม ต่อ 1 แขนคู่ และในจำนวนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในน้ำมันพืช มีกรดไขมันอยู่ 3 ชนิดที่จำเป็นต่อร่างกายอย่างมาก ซึ่งเรียกว่า กรดไขมันจำเป็น เพราะร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ คือ กรดไลโนเลอิก (Linoleic) กรดไลโนเลนิก (Linolenic) และกรดอะราคิโดนิก (Arachidonic) (นิธิยา, 2533)

## การหืน

การหืนของอาหาร เป็นการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดในอาหารพวกไขมันและน้ำมัน รวมทั้งอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส อัตราการออกซิเดชันของไขมันมีผลจากปัจจัยหลายอย่าง โดยเฉพาะอุณหภูมิภายนอกเป็นตัวแปรที่สำคัญ การมีออกซิเจนในบริเวณที่ใกล้อาหารทำให้อัตราการออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกัน น้ำมีบทบาทสำคัญเนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันในอาหาร มักเกิดด้วยอัตราสูงที่วอเตอร์แอคทิวิตี้ต่ำมาก ในการกำหนดอายุการเก็บของอาหารที่มีไขมันสูง อาจต้องพิจารณาปฏิกิริยาเคมีอื่นๆ ที่สามารถกระตุ้นจากแสงได้ เช่น การสูญเสียวิตามิน และการเกิดสีน้ำตาล

1. การหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative rancidity)

เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เกิดเป็นสารเปอร์-ออกไซด์ ซึ่งจะสลายตัวไปเป็นสารที่ระเหยง่าย มีกลิ่นหืน และมักทำให้วิตามินที่ละลายในไขมันถูกทำลายด้วย ในขณะที่มีการพัฒนากลิ่นรสแปลกปลอม (Off-flavors) ในอาหารหืน การเกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) ในระหว่างกระบวนการ Autocatalytic ทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นๆ ที่ไม่ต้องการด้วย เช่น การสูญเสียวิตามิน การเปลี่ยนสี การหืนแบบนี้อาจป้องกันได้โดยไม่ให้อาหารสัมผัสกับอากาศ ซึ่งทำได้โดยเก็บที่อุณหภูมิต่ำ หรือเก็บในภาชนะที่ปิดสนิทหรือมีการเติมสารกันหืน (Antioxidant) ลงไป

2. การหืนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic rancidity)

เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ไลเพส (Lipase) หรือไลพอกซิเดส (Lipoxidase) ที่มีอยู่ในอาหาร เอนไซม์ไลพอกซิเดสจะทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวแตกตัวเป็นสารที่ให้กลิ่นหืนขึ้น ส่วนเอนไซม์ไลเพสจะทำให้ไขมันแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ การหืนแบบนี้อาจป้องกันได้ โดยการทำลายเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการหืนด้วยความร้อน (รุ่งนภา, 2540)

**กลไกการเกิดออกซิเดชัน (Mechanism of oxidation)**

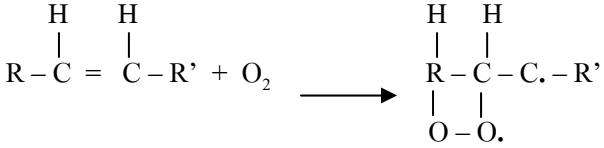
การเกิดออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอิสระหรือที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ที่อยู่ในลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ (Deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ (Free-radical chain reaction) ซึ่งมีกลไกการเกิดได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. Initiation เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (Free radical)
2. Proagation เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ
3. Termination เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้เกิดโปรดักต์ที่ไม่ได้เป็นอนุมูลอิสระ (Non radical -products)

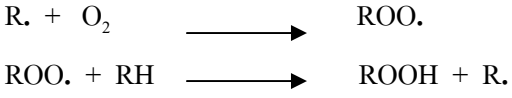
ปฏิกิริยาเริ่มต้นของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (Hydroperoxide, ROOH) โดยไฮโดรคาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ

$$\underset{\text{กรดไขมัน}}{RH} \longrightarrow \underset{\text{อนุมูลอิสระ}}{R\cdot} + H\cdot$$

และออกซิเจนจะเข้าทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical ดังนี้



หลังจากนั้นก็จะเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ



ได้เป็นอนุมูลเพอร์ออกซี (ROO.) ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (R.) อนุมูลที่เกิดขึ้นใหม่นี้ก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป และเมื่อใดที่อนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันเองจะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาก็จะหยุดลง (นิธิยา, 2543)

**วัตถุกันหืน**

วัตถุกันหืน หมายถึง สารที่ใช้เพื่อชะลอการเสียของอาหาร เนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ซึ่งลักษณะของการเสีย เนื่องจากปฏิกิริยารวมถึงการเสื่อมคุณภาพของอาหาร การหืน อาหารมีสีผิดปกติ กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป คุณค่าทางอาหารลดลง และบางครั้งอาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้นด้วย เป็นต้น

**กลไกในการทำงานของวัตถุกันหืน**

เมื่อเติมวัตถุกันหืนลงไปในอาหารที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย วัตถุกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไปด้วย เมื่ออนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำปฏิกิริยากับวัตถุกันหืนที่เติมลงไป จะเหลืออนุมูลของวัตถุกันหืน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าอนุมูลอิสระมาก และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัวจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้วัตถุกันหืนสามารถช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมัน หรือผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบได้ (นิธิยา, 2543)

**ชนิดของวัตถุกันหืน**

วัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอาหาร ได้แก่ บีเอชเอ (Butylated Hydroxy Anisol, BHA) บีเอชที (Butylated Hydroxy Toluene, BHT) ทีบีเอชคิว (Tertiary Butyl Hydro Quinone, TBHQ) โพรพิลแกลเลต (Propyl Gallate, PG) แอลคอร์บิล พาร์มิเทค (Ascorbyl parmitate) ไอโซแอสคอร์บิค และโซเดียมไฮโซแอสคอร์เบต (Isoascorbie และ Isoascorbate) และโทโคฟีรอล (Tocopherol) เป็นต้น

วัตถุกันหืนจะมีประสิทธิภาพดีเมื่อมีค่าออกซิเดชั่น รีดักชั่น โพเทนเชียส (Oxidation-reduction potential) ต่ำกว่า 0.7 และในสูตรโครงสร้างมีหมู่แอลคิล (Alkyl) แลเอมีน (Amine) อยู่ด้วย ตำแหน่ง และขนาดของหมู่ดังกล่าวจะมีส่วนกำหนดประสิทธิภาพของวัตถุกันหืนด้วย นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงความสามารถในการละลาย และการกระจายตัวได้ดีในอาหาร ควรจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่ทำให้เกิดกลิ่น รส และสี ที่ไม่ดีขึ้นในอาหาร มีราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นด้วยวิธีอื่น

**บีเอชเอ** เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้มากในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ บีเอชเอที่มีการใช้กันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารผสม 2-and3-tert-butyl-4-hydroxyanisole หรืออาจใช้ร่วมกับแกลเลตหรือบีเอชที เพื่อให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น มีการใช้บีเอชเอในอาหารประเภทที่มีไขมัน และน้ำมันเป็นส่วนผสมได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ อาหารทอดชนิดต่างๆ

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้บีเอชเอในปริมาณไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร อาจใช้เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่นที่กำหนดไว้ แต่ปริมาณแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร โดยประสิทธิภาพของบีเอชเอจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นที่ใช้เพิ่มขึ้น แต่จะสูงที่ประมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.02 เท่านั้น ถึงแม้จะใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพก็มิได้เพิ่มขึ้นเลย

**บีเอชที** เป็นวัตถุกันหืนอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เช่นเดียวกับบีเอชเอ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย และให้กลิ่นฟีนอล (Phenol) เช่นเดียวกัน มักนิยมให้ผสมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่น เพื่อเสริมให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น นิยมใช้ในอาหารประเภท ไขมันสัตว์ น้ำมันพืช ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์ปลา และน้ำมันหอมระเหย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ได้เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยอาจใช้เพียงอย่างเดียว หรือใช้รวมกับวัตถุกันหืนชนิดอื่นที่กำหนดไว้ แต่ปริมาณแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของอาหาร โดยประสิทธิภาพของบีเอชทีเพิ่มขึ้น ตามปริมาณบีเอชทีเพิ่มขึ้น

**สารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืน (Antioxidant synergist)**

สารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืน หมายถึง สารที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับวัตถุกันหืน โดยที่ตัวมันเองไม่มีคุณสมบัติเป็นวัตถุกันหืนเลย แต่อาจช่วยเสริมฤทธิ์ของวัตถุกันหืนได้ โดยการไม่เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะที่ปนเปื้อนมาในอาหาร หรือช่วยชะลอปฏิกิริยาของโพรออกซิแดนซ์ หรือทำหน้าที่เป็นตัวรับอนุมูล หรือทำหน้าที่ให้อิเล็คตรอน หรือโปรตรอน เพื่อช่วยให้วัตถุกันหืนสามารถทำหน้าที่ป้องกันการเกิดออกซิเจนได้ สารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนที่นิยมใช้ ได้แก่ กรดซิตริก (Citric acid) อีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid, EDTA) ไอโซโพรทิลซิเตรต (Isopropyl citrate) สเตียริลซิเตรต (Stearyl citrate) ไพโรฟอสเฟต (Pyrophosphate) และกรดทาร์ทาริค (Tartaric acid) เป็นต้น

**กรดซิตริก** นิยมใช้กับวัตถุกันหืนเกือบทุกชนิด ใช้มากในอุตสาหกรรมน้ำมัน โดยมักจะเติมลงไปในขั้นที่ขจัดกลิ่น ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ โดยกรดซิตริกจะเปลี่ยนไปเป็นซิตราโคนิค (Citraconic) และกรดไอทาโคนิค (Itaconic acid) มีประสิทธิภาพเป็นวัตถุกันหืนได้ นอกจากนี้กรดซิตริก จะช่วยป้องกันสีที่ผิดปกติที่เกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาของแกลเลตและเหล็กด้วย นิยมใช้กรดซิตริคร่วมกับวัตถุกันหืนชนิดต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันหรือไขมันของพืชหรือสัตว์ หรืออาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันของพืชหรือสัตว์เป็นส่วนประกอบ นมผง และอาหารทะเล เป็นต้น

**อีดีทีเอ** เป็นสารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมาก มีความสามารถในการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหล็ก และทองแดง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อาหารมี

คุณภาพไม่ดี นิยมเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารโดยตรง เพื่อช่วยให้อาหารมีคุณภาพคงที่ในอุตสาหกรรม นิยมเติมลงไปในขั้นตอนของการขจัดกลิ่น อาจใช้รูปของไดโซเดียม หรือ แคลเซียม ไดโซเดียม-อีดีทีเอ (Disodium หรือ Calcium disodium EDTA) ก็ได้ นิยมใช้ร่วมกับวัตถุกันหืนชนิดต่างๆ ในอาหารประเภทไขมันหรือน้ำมัน ไม่ว่าจะเป็นไขมันหรือน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ผลิตภัณฑ์มันฝรั่ง ผลิตภัณฑ์ปลา ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์นม และน้ำสลัด เป็นต้น (นิรนาม, 2555ซ)

## พลังงาน และความร้อน

พลังงาน (Energy) หมายถึง ความสามารถในการทำงาน พลังงานมีหลายรูปแบบ พลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่ง แบ่งพลังงานออกเป็น 2 ประเภท คือ

พลังงานศักย์ (Potential energy) หมายถึง ศักยภาพที่จะทำให้เกิดงาน ซึ่งมีอยู่ในวัตถุที่หยุดนิ่ง เช่น เชื้อเพลิง และอาหาร เป็นต้น

พลังงานจลน์ (Kinetic energy) หมายถึง พลังงานซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ เช่น เมื่อเราใช้ค้อนตอกตะปู ค้อนทำให้เกิดพลังงานจลน์ดันตะปูให้เคลื่อนที่ ยิ่งค้อนมีมวลมาก และมีความเร็วสูง พลังงานจลน์ก็ยิ่งมาก

สสารทั้งหลายประกอบด้วย อะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน” (Heat) เราพิจารณาพลังงานความร้อน (Heat energy) จากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอม หรือโมเลกุลทั้งหมดของสสาร

### กลไกการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนออกเป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสี ในความเป็นจริง การถ่ายเทความร้อนทั้งสามชนิดอาจเกิดขึ้นพร้อมๆ กันอย่างแยกไม่ออก

การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อยๆ จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ

การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยการเคลื่อนที่ของอะตอมและโมเลกุลของสสารซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและแก๊ส ส่วนของแข็งนั้นจะมีการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน และการแผ่รังสีเท่านั้น การพาความร้อนจึงมักเกิดขึ้นในบรรยากาศ และมหาสมุทร รวมทั้งภายในโลก และดวงอาทิตย์

การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่นการนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ (นิรนาม, มปป.ข)

**การทำแห้งอาหาร (Food Dehydration)**

การทำแห้งอาหารหมายถึง การกำจัดความชื้นออกจากอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ระหว่างการยืดอายุการเก็บ โดยการลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์จนถึงระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือป้องกันปฏิกิริยาอื่นๆ

2. เพื่อลดปริมาตรของผลิตภัณฑ์ ซึ่งช่วยให้การขนส่ง และการเก็บรักษาองค์ประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งสะดวกต่อการใช้ของผู้บริโภค

การกำจัดความชื้นเพื่อให้ได้อาหารแห้ง ส่วนใหญ่จะทำให้แห้งด้วยความร้อน ซึ่งกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ระหว่างการทำแห้ง เพื่อให้ได้วิธีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพ และสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสม กระบวนการอบแห้งมักเกิดร่วมกับหน่วยปฏิบัติการ (Unit operations) อื่นๆ การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของความร้อนจากตัวให้ความร้อนไปยังจุดที่การระเหยของไอเกิดขึ้น หลังจากเกิดไอแล้ว ต้องส่งไอนี้ไปยังตัวกลางที่ล้อมรอบผ่านโครงสร้างอาหาร

สิ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการอบแห้งผลิตภัณฑ์อาหาร คือ น้ำที่มีอยู่ในอาหาร เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และเทอร์โมไดนามิคของน้ำที่ยึดเกาะในอาหาร พบว่า มีน้ำอยู่ 3 ประเภท คือ (1) โมเลกุลน้ำที่ยึดกับกลุ่มอิออนิค ได้แก่ กลุ่มคาร์บอกซิลและอะมิโน (2) โมเลกุลน้ำยึดกับกลุ่มไฮดรอกซิล และอะไมด์ (Amide) ด้วยพันธะไฮโดรเจน และ (3) น้ำอิสระพบในช่องว่างอินเตอร์สะทิเชียล (Interstitial pores) ระดับความยากง่ายของการกำจัดน้ำออกไปจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของน้ำนั้น โดยน้ำอิสระจะระเหยและกำจัดออกไปในตอนแรก จากนั้นจะเป็นโมเลกุลที่ยึดด้วยพันธะไฮโดรเจน และสุดท้ายจะเป็นน้ำที่ยึดด้วยพันธะอิออนิค ดังนั้นพลังงานที่ต้องใช้ในการกำจัดความชื้นจากน้ำแต่ละชนิดอาจจะใช้ปริมาณพลังงานที่แตกต่างกัน ขึ้นกับผลิตภัณฑ์ และชนิดของน้ำ

ปริมาณความชื้นสมดุลของสารนิยามว่า เป็นปริมาณความชื้นที่มีอยู่เมื่อสารมีความดันไอสมดุลกับสิ่งแวดล้อม ในกระบวนการอบแห้งจะเป็นปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ อัตราส่วนของความดันไอสมดุลต่อความดันไออิ่มตัวจะเรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์-สมดุลหรือวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity : $a_w$) และค่านี้จะสอดคล้องกับค่าปริมาณความชื้นสมดุลของผลิตภัณฑ์นั้น

การกำจัดความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์อาหาร จะมีการถ่ายเทความร้อน และมวลเกิดขึ้นพร้อมกัน การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ และเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างผิวของผลิตภัณฑ์ และผิวน้ำบางจุดภายในผลิตภัณฑ์ ขณะที่ให้ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่ง ซึ่งเพียงพอต่อการทำให้น้ำระเหย ไอที่เกิดขึ้นจะส่งออกจากภายในผลิตภัณฑ์ไปยังผิวหน้าของผลิตภัณฑ์อาหาร ความแตกต่างที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของไอความชื้น คือ ความดัน-ไอที่ผิวน้ำเปรียบเทียบกับความดันไอของอากาศที่ผิวผลิตภัณฑ์ การถ่ายเทความร้อนและมวลภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์จะเกิดในระดับโมเลกุล โดยที่การถ่ายเทความร้อนจะขึ้นกับสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของโครงสร้างผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทมวล เป็นสัดส่วนกับการแพร่โมเลกุลของไอน้ำในอากาศที่ผิวของผลิตภัณฑ์การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นพร้อมกันและควบคุมด้วยกระบวนการพา การขนถ่ายไอจากผิวผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ และการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผิวผลิตภัณฑ์ จะขึ้นกับความดันไอที่มีอยู่และความแตกต่างของอุณหภูมิตามลำดับ

จากการวิเคราะห์การถ่ายเทมวลและพลังงาน ระบบการทำแห้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจะต้องรักษาความแตกต่างความดันไอได้สูงสุด และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอากาศและส่วนในของผลิตภัณฑ์ได้สูงสุด (รุ่งนภา, 2540)

## การประเมินอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

การหาอายุการเก็บจำเป็นต้องอาศัยจลนศาสตร์ แล้วทำการสร้าง shelf life plot หรือคำนวณหาอายุการเก็บ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพิจารณาในเรื่องของปัจจัยที่ควบคุมอายุการเก็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องภาชนะบรรจุ และวอเตอร์แอคทิวิตี้ ซึ่งล้วนมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในช่วงเวลาอายุการเก็บที่ระบุไว้

การระบุวันหมดอายุในผลิตภัณฑ์มีข้อดี คือ เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคหรือผู้ซื้อ ทำให้ง่ายต่อการควบคุมการหมุนเวียนสินค้า (stock rotation) และทำให้ง่ายต่อการควบคุมการวางผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไว้ก่อนให้วางบนชั้นแสดงสินค้าก่อน แต่มีข้อเสีย คือ ผู้ซื้อมักหยิบผลิตภัณฑ์ที่มีความสดมากที่สุด ทำให้เกิดการสูญเสียมากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บเหลือน้อยกว่าจะเหลืออยู่บนชั้นมากขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บค่อนข้างสั้น ในความเป็นจริงแล้วการระบุอายุการเก็บที่ระบุบนผลิตภัณฑ์แล้ว คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เนื่องจากการระบุอายุการเก็บเป็นเพียงการรับประกันผู้ซื้อหรือผู้บริโภคว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพตามที่ระบุไว้ในช่วงอายุการเก็บที่กำหนดเท่านั้น ดังนั้นการประเมินอายุการเก็บที่สั้นเกินไป ก็มีผลทำให้การเก็บสินค้าเร็วเกินไป ทำให้มีการสูญเสียมากขึ้น และการระบุอายุการเก็บที่ยาวนานเกินความจำเป็นจริงก็อาจทำให้ผิดกฎหมายได้ (รุ่งนภา, 2540)

**วิธีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์**

1. การทดลองเก็บจริง โดยการทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ในสถานที่วางขายในท้องตลาด ตั้งแต่ทำการผลิตออกมาและมีการทดสอบตลอดเวลา ซึ่งอาจเป็นเดือนละครั้ง จนกระทั่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ แสดงว่าหมดอายุการเก็บ วิธีนี้จะได้รายละเอียดมากแต่เสียเวลา (Marsh, 1986)

2. การคำนวณโดยประมาณโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ การหาอายุการเก็บรักษาโดยวิธีนี้ส่วนมากเป็นการหาอายุการเก็บ เนื่องจากการเสื่อมเสียเพียงอย่างเดียว

3. วิธีเร่งการเก็บ (Accelerated storage test) วิธีนี้คล้ายกับการเก็บรักษาจริงแต่เร่งเวลาของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์

4. วิธีการสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulating shelf life) เป็นการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยการเลียนแบบสถานการณ์จริงๆ โดยการสร้างสถานการณ์และปัจจัยต่างๆ เหล่านั้นมาพิจารณาแล้วคำนวณหาอายุการเก็บรักษา (Quast and Karel, 1973)

**ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์**

**1. แก๊สออกซิเจน** แก๊สออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ที่มีในอาหาร เช่น ไขมัน โปรตีน และวิตามิน เป็นต้น ทำให้เกิดการเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดกลิ่นหืน (Rancidity) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง และหรือทำให้สีซีดจางลง การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเหล่านี้ จะต้องกำจัดแก๊สออกซิเจนภายในภาชนะบรรจุออกไป และเลือกวัสดุบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของแก๊สออกซิเจนได้ดี

**2. ความชื้น** ความชื้นเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งที่เป็นผลิตภัณฑ์สดและผลิตภัณฑ์แปรรูป ความชื้นมีผลต่อเนื้อสัมผัส เช่น ความนุ่ม ความเหนียว ความกรอบ เป็นต้น ความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้อาหารเน่าเสียได้ ความชื้นมีผลต่อปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดกลิ่นหืน ความชื้นมีผลต่อปฏิกิริยาที่เกิดจากการกระทำของเอนไซม์ เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความชื้นสูง เช่น ผักและผลไม้สด เนื้อสัตว์ และปลา จะสูญเสียความชื้นได้ง่ายระหว่างเก็บรักษา ทำให้คุณภาพต่ำลง เช่น สีคล้ำ เนื้อแห้งเหนียวหรือเหี่ยวเฉา การบรรจุผลิตภัณฑ์เหล่านี้ จำเป็นต้องเลือกวัสดุบรรจุที่ยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้อย่างช้าๆ แต่ไม่ควรป้องกันไอน้ำได้เต็มที่ เพราะอาจทำให้เกิดหยดน้ำภายในภาชนะบรรจุได้ ซึ่งจะทำให้การเสื่อมเสียคุณภาพเกิดได้เร็วยิ่งขึ้น

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ เช่น นมผง ข้าวเกรียบทอด กุ้งแห้ง ขนมปังกรอบ จะสามารถดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่าย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น นมผง

จับเป็นก้อนละลายน้ำได้ยากขึ้น และอาจมีกลิ่นหืนด้วย ข้าวเกรียบทอดและขนมปังกรอบเนื้อเหนียว และอาจมีกลิ่นหืนด้วย กุ้งแห้งมีราขึ้นหรือมีกลิ่นแอมโมเนีย เป็นต้น การบรรจุผลิตภัณฑ์เหล่านี้ จะต้องเลือกวัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี

**3. แสง** แสงสามารถกระตุ้นให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีในอาหารสูงขึ้น ที่สำคัญ คือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการกระทำของเอนไซม์ ทำให้คุณภาพของอาหาร ด้อยลง ซึ่งบางครั้งสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น การเกิด กลิ่นรสผิดปกติของเบียร์ สีของซอสมะเขือเทศเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เป็นต้น บางกรณีผลกระทบ ของแสงไม่สามารถสังเกตได้ เช่น การสูญเสียวิตามินบี 2 ของนมพร่องมันเนย การบรรจุผลิตภัณฑ์ เหล่านี้จำเป็นต้องใช้วัสดุบรรจุที่สามารถกรองหรือป้องกันแสงได้ดี เบียร์นิยมบรรจุขวดสีชาหรือ สีเขียว หรือกระป๋องโลหะ ซอสมะเขือเทศเริ่มใช้ขวดพลาสติกทึบแสงแทนขวดแก้ว นมพร่องมันเนย ควรใช้ถุงพลาสติกทึบแสงแทนพลาสติกใส

**4. ความร้อน** ผลิตภัณฑ์อาหารจะเสื่อมเสียคุณภาพเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอาหารสูงขึ้น เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมีในอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะ เจริญเติบโตได้ดีขึ้น ทำให้เกิดการเน่าเสียเร็วยิ่งขึ้น แม้ว่าการบรรจุมิได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการ ควบคุมอุณหภูมิของอาหาร การใช้ภาชนะบรรจุที่มีความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีจะสามารถช่วย ชะลอการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกมาสู่อาหารได้ ซึ่งมีความสำคัญมากในระหว่างการขนส่งและ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารสด อาหารแช่เย็น และอาหารแช่เยือกแข็ง

**5. จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ** แบคทีเรีย ยีสต์และรา เป็นสาเหตุสำคัญของการเน่าเสียและ หรือเป็นพิษของอาหาร ชนิดของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของอาหารและ สภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสง เป็นต้น) และความสะอาดในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์อาหารที่เน่าเสียได้ง่ายจากการกระทำของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะมีความชื้นสูงหรือมีค่า $a_w$ ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป ในกรณีอาหารแห้ง เช่น เมล็ดธัญชาติ ถั่วชนิดต่างๆ ผักและผลไม้ตากแห้ง มักจะ ประสบปัญหาการถูกทำลายจากแมลง หนู และสัตว์ การบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเหล่านี้จะต้องเลือกวัสดุ บรรจุที่สามารถป้องกันปัจจัยที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ป้องกันแมลง และสัตว์ได้

**6. แรงกระทำจากภายนอก**

6.1 แรงกระแทกในแนวดิ่ง ส่วนใหญ่เกิดจากสินค้าตกลงพื้น ขณะขนขึ้นหรือลงจาก ยานพาหนะ สินค้าตกจากกองขณะเคลื่อนย้าย สินค้ากระแทกกันขณะยานพาหนะวิ่งบนทางขรุขระ หรือขณะเครื่องบินลงจอดหรือจากการโยนของคนงาน

6.2 แรงกระแทกในแนวราบ เกิดขึ้นขณะตัดต่อตู้รถไฟ การหยุดยานพาหนะอย่างกะทันหัน การหยุดสายพานลำเลียงสินค้าอย่างกะทันหัน หรือเกิดจากการโยน

6.3 แรงกด เกิดจากน้ำหนักของสินค้าที่เรียงซ้อนกัน คนงานขึ้นไปเหยียบบนภาชนะบรรจุหรือกองสินค้า การรัดเชือกแน่นเกินไป หรือเกิดจากถุงตาข่ายรัดแน่นเกินไป

6.4 แรงสั่นสะเทือน เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ในยานพาหนะ หรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต แรงสั่นสะเทือนนี้จะส่งต่อไปให้ผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการแตกหักหรือเสียหาย ทำให้สินค้าชั้นบนลื่นตกจากกอง หรือทำให้สินค้าเสียดสีกันจนเกิดความเสียหาย

# ขั้นตอนการวิจัย

**1. สำรวจเตาอบที่มีจำหน่าย และใช้ทั่วไปตามครัวเรือน**

ทำการสำรวจข้อมูลเตาอบแบบแก๊สและเตาอบไฟฟ้าที่มีจำหน่าย และใช้ทั่วไปตามครัวเรือนในทุกรูปแบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเตาอบ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับสภาวะในการอบ เช่น ช่วงอุณหภูมิ แหล่งพลังงานความร้อน และระบบการทำงานของเครื่อง จากนั้นคัดเลือกเตาอบแบบแก๊สและเตาอบไฟฟ้าที่สามารถเป็นตัวแทนของเตาอบที่มีจำหน่ายทั่วไป โดยมีช่วงอุณหภูมิ แหล่งพลังงานความร้อน และระบบการทำงานของเครื่องที่เหมาะสมมากที่สุด เพื่อใช้ในการวิจัยพัฒนาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมสำหรับเตาอบที่มีใช้ทั่วไปตามครัวเรือนต่อไป

**2. พัฒนากระบวนการผลิตเพื่อลดกลิ่นหืนของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูพร้อมรับประทาน**

**2.1 ศึกษาคุณภาพหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป**

สุ่มเก็บตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไปทั้งหนังหมูภายในประเทศ และหนังหมูนำเข้าจากต่างประเทศ และนำหนังหมูที่สุ่มเก็บตัวอย่างไปผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีของอรทัยและคณะ (2548) คือ เตรียมหนังหมูด้วยการกำจัดขนหนังหมู และล้างน้ำทำความสะอาด นำมาต้มในน้ำเดือดจนหนังหมูสุก แล้วซอยเป็นเส้นให้มีความยาว 3 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร นำมาผสมเครื่องปรุงรสและหมักไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเข้าอบลดความชื้นในตู้อบลมร้อนจนได้เป็นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป พักไว้ให้เย็น แล้วนำเข้าอบในตู้อบลมร้อนให้เกิดการพองตัวที่อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส นาน 3-4 นาที ตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

2.1.1 หนังหมู

2.1.1.1 ทดสอบการปนเปื้อนสารฟอร์มาลีน ด้วยชุดทดสอบฟอร์มาลีนในอาหารของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

2.1.1.2 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.1.1.3 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไขมันอัตโนมัติ (SOXTEC รุ่น 2050, Sweden)

2.1.2 แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

2.1.2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.1.2.2 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไขมันอัตโนมัติ (SOXTEC รุ่น 2050, Sweden)

2.1.3 แคบหมูหลังการอบให้พองตัว

2.1.3.1 ค่าสีระบบ Hunter Color System : ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-สีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b*) ด้วยเครื่อง Colorimeter (ระบบ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE, U.S.A)

2.1.3.2 ดัชนีการพองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (seed displacement)

2.1.3.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ วัดค่าแรงต้านการเจาะทะลุโดยใช้หัววัด Cylinder ขนาด 6 มิลลิเมตร ใช้แรง 50 นิวตัน) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro System รุ่น TA.XT.Plus, U.S.A)

2.1.3.4 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

2.1.3.5 ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไขมันอัตโนมัติ (SOXTEC รุ่น 2050, Sweden)

ข้อ 2.1.1-2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

2.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูหลังการอบให้พองตัว ทำการประเมินด้วยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยก่อนทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส นำแคบหมูหลังการอบให้พองตัวบรรจุถุงพอลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP) และเก็บที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 องศา-เซลเซียส นาน 1 เดือน เพื่อเร่งให้เกิดกลิ่นหืนในแคบหมู แล้วจึงนำมาทดสอบคุณภาพด้านกลิ่นหืน ลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบรวม โดยให้คะแนนตามความชอบ 1-9 คะแนน โดยเรียงคะแนนจากชอบน้อยที่สุดไปหาชอบมากที่สุด (ไพโรจน์, 2545) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) ทำการคัดเลือกหนังหมูที่นำมาผลิตเป็นแคบหมูด้วยวิธีการอบที่มีคุณภาพด้านต่างๆ น้อยที่สุด เพื่อนำไปพัฒนาคุณภาพในขั้นตอนต่อไป

## 2.2 ศึกษาวิธีการลดกลิ่นหืนของหนังหมูสำหรับการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ

### 2.2.1 ศึกษาวิธีการเตรียมหนังหมูที่เหมาะสม

นำหนังหมูที่คัดเลือกจากข้อ 2.1 มาศึกษาวิธีการลดกลิ่นหืนโดยการล้างหรือแช่หนังหมูในขั้นตอนหลังจากการกำจัดขนออกตามวิธีการผลิตแคบหมูในข้อ 2.1 ด้วยการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน 4 วิธี คือ

2.2.1.1 การล้างหนังหมูด้วยน้ำ (Control) จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ

2.2.1.2 การแช่หนังหมูในสารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2555ข ; นิรนาม, 2555ค ; นิรนาม, 2555ญ)

2.2.1.3 การแช่หนังหมูในสารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2555ง)

2.2.1.4 การแช่หนังหมูในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชู อัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2555จ ; นิรนาม, 2555ฎ)

จากนั้นทำการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1 และตรวจสอบปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูหลังการอบให้พองตัวตรวจสอบคุณภาพด้านค่าสี ดัชนีการพองตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ และปริมาณความชื้น ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT และตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.4 จากนั้นคัดเลือกวิธีการที่สามารถลดกลิ่นหืนได้ดีที่สุด เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**2.2.2 ศึกษาวิธีการต้มหนังหมูให้สุกที่เหมาะสม**

นำวิธีการที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.1 มาศึกษาวิธีการต้มหนังหมูขั้นตอนการต้มหนังหมูให้สุกตามวิธีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบในข้อ 2.1 เพื่อลดกลิ่นหืนที่แตกต่างกัน 4 วิธี คือ

2.2.2.1 การต้มหนังหมูในน้ำเดือด (Control) นาน 10 นาที

2.2.2.2 การต้มหนังหมูในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที (ดัดแปลงจากอรทัย และคณะ, 2549)

2.2.2.3 การต้มหนังหมูในสารละลายจากน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2555ง)

2.2.2.4 การต้มหนังหมูในสารละลายน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 95±5 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2555จ ; นิรนาม, 2555ฎ)

จากนั้นทำการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1 และตรวจสอบคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้านปริมาณความชื้น และไขมัน ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.2 และแคบหมูหลังการอบให้พองตัวตรวจสอบคุณภาพด้านค่าสี ดัชนีการพองตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT และ

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.4 จากนั้นคัดเลือกวิธีการที่สามารถลดกลิ่นหืนได้ดีที่สุด เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**2.2.3 ศึกษาการเติมสารกันหืนที่เหมาะสม**

นำวิธีการที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.2 มาศึกษาการเติมสารกันหืน โดยเติมสารกันหืนลงในหนังหมูหลังซอยเป็นเส้นเรียบร้อยแล้ว เติมสารกันหืนในขั้นตอนผสมเครื่องปรุงรสตามวิธีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบในข้อ 2.1 โดยใช้สารกันหืนที่แตกต่างกัน 3 ชนิด และแบ่งการเติมเป็น 4 วิธี คือ

2.2.3.1 ไม่เติมสารกันหืน (Control)

2.2.3.2 เติมสารกันหืนบีเอชเอ (Butylated Hydroxy Anisol, BHA) ร้อยละ 0.02 ของน้ำหนักหนังหมู (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281), 2547)

2.2.3.3 เติมสารกันหืนบีเอชที (Butylated Hydroxy Toluene, BHT) ร้อยละ 0.01 ของน้ำหนักหนังหมู (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281), 2547)

2.2.3.4 เติมสารกันหืนโซเดียมอิริโทรเบต (Sodium erytrobate) ร้อยละ 0.06 ของน้ำหนักหนังหมู (นิรนาม, 2556ข)

จากนั้นทำการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1 และตรวจสอบคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้านปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และแคบหมูหลังการอบให้พองตัว ตรวจสอบคุณภาพด้านค่าสี ดัชนีการพองตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ และปริมาณความชื้นตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT และตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.4 จากนั้นคัดเลือกวิธีการที่สามารถลดกลิ่นหืนได้ดีที่สุด เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**2.2.4 ศึกษาการเติมสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่เหมาะสม**

นำวิธีการที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.3 มาศึกษาการเติมสารเสริมฤทธิ์สารกันหืน โดยเติมลงในหนังหมูหลังซอยเป็นเส้นเรียบร้อยแล้ว เติมสารในขั้นตอนการผสมเครื่องปรุงรสตามวิธีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบในข้อ 2.1 สารเสริมฤทธิ์สารกันหืน คือ EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid) โดยแบ่งการเติมเป็น 3 วิธี คือ

2.2.4.1 ไม่เติมสารกันหืนและสารเสริมฤทธิ์สารกันหืน (Control)

2.2.4.2 เติมสารกันหืนที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.3

2.2.4.3 เติมสารกันหืนที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.3 ร่วมกับสารเสริมฤทธิ์สารกันหืน EDTA (นิรนาม, มปป.ค)

จากนั้นทำการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1 และตรวจสอบคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้านปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และแคบหมูหลังการอบให้พองตัว

ตรวจสอบคุณภาพด้านค่าสี ดัชนีการพองตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ และปริมาณความชื้น ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT และตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.4 จากนั้นคัดเลือกวิธีการที่สามารถลดกลิ่นหืนได้ดีที่สุด เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**2.2.5 ศึกษาวิธีการต้มหนังหมูหลังอบแห้งที่เหมาะสม**

นำวิธีการที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.4 มาศึกษาวิธีการต้มหนังหมูหลังขั้นตอนการอบลดความชื้นในหนังหมูตามวิธีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบในข้อ 2.1 มีวิธีการต้มแตกต่างกัน 4 วิธี คือ

2.2.5.1 หนังหมูอบแห้งไม่ผ่านการต้ม (Control)

2.2.5.2 การต้มด้วยน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที (ดัดแปลงจากอรทัย และคณะ, 2549)

2.2.5.3 การต้มด้วยน้ำมันปาล์ม และใส่ใบเตยร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 100±5 องศา-เซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2556ก)

2.2.5.4 การต้มด้วยน้ำมันพืช และใส่ใบพลูร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 100±5 องศา-เซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที (ดัดแปลงจากนิรนาม, 2555ฉ ; นิรนาม, 2555ช ; นิรนาม, 2555ซ)

จากนั้นทำการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1 และตรวจสอบคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้านตรวจสอบปริมาณความชื้น และไขมัน ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.2 และแคบหมูหลังการอบให้พองตัวตรวจสอบคุณภาพด้านค่าสี ดัชนีการพองตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ ปริมาณความชื้น และปริมาณไขมันตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT และตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.4 จากนั้นคัดเลือกวิธีการที่สามารถลดกลิ่นหืนได้ดีที่สุด เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ในขั้นตอนนี้มีการทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันที่ใช้ต้มหนังหมู โดยประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้น้ำมัน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 283 พ.ศ.2547 กำหนดให้น้ำมันที่ใช้ทอด หรือประกอบอาหารเพื่อจำหน่ายมีสารโพลาร์ได้ ไม่เกินร้อยละ 25 ของน้ำหนักหรือไม่เกินร้อยละ 25 โดยใช้ Food Test Kit ชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

**3. ศึกษากระบวนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบที่เหมาะสม**

**3.1 ศึกษาขั้นตอนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป จำนวน 3 ปัจจัย คือ**

ปัจจัยที่ 1 ด้านความยาวของเส้นหนังหมู 3 ระดับ คือ 2 3 และ 4 เซนติเมตร

ปัจจัยที่ 2 ด้านเวลาการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมูด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 90±5 องศาเซลเซียส นาน 4 ระดับ คือ 2.5 3.0 3.5 และ 4.0 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ 3 ด้านเวลาการต้มหนังหมูในน้ำมันที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส นาน 4 ระดับ คือ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 ชั่วโมง

นำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตได้ตามสภาวะที่กำหนดในแต่ละปัจจัย นำมาตรวจสอบคุณภาพด้านปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) และนำเข้าอบให้พองตัวด้วยหม้ออบลมร้อน (ยี่ห้อ HOUSE-WORTH รุ่น HW-1707Y) ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เวลา 2-5 นาที จนกระทั่งแคบหมูพองตัว ตรวจสอบคุณภาพ คือ ค่าดัชนีการพองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement) วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT จากนั้นคัดเลือกวิธีการที่แคบหมูมีค่าการพองตัวดีที่สุด เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**3.2 การทดสอบความเสถียรด้านการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการอบ**

นำแคบหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.1 ทดสอบความเสถียรด้านการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยเตาอบที่แตกต่างกันจำนวน 7 ชนิด คือ

3.2.1 ตู้อบลมร้อน บริษัท กล้วยน้ำไท ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 33.5x49.5x75 นิ้ว

3.2.2 ตู้อบลมร้อน บริษัท กล้วยน้ำไท ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 35x35.5x39.4 นิ้ว

3.2.3 เตาอบแก๊ส บริษัท กล้วยน้ำไท ขนาดความจุ 1 ชั้น มี 7-9 หัวเตา

3.2.4 หม้ออบลมร้อน ยี่ห้อ OTTO รุ่น TO-765/6 ขนาดความจุ 15 ลิตร

3.2.5 เตาอบไฟฟ้า ยี่ห้อ HOUSE- WORTH รุ่น B001/6230S ขนาดความจุ 9 ลิตร

3.2.6 เตาอบไฟฟ้า ยี่ห้อ OTTO รุ่น TO-765/6 ขนาดความจุ 23 ลิตร

3.2.7 เตาไมโครเวฟ ยี่ห้อ Sumsung รุ่น ME712N ขนาดความจุ 20 ลิตร

นำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเข้าอบให้พองตัวในเตาอบ โดยกำหนดสภาวะการอบ คือ การเลือกแหล่งความร้อน ระดับความร้อนเตาอบ และปริมาณแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการอบต่อครั้ง เริ่มจับเวลาจนกระทั่งแคบหมูพองตัวเต็มที่ และตรวจสอบคุณภาพแคบหมูหลังการอบให้พองตัว ด้านค่าสี ดัชนีการพองตัว ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ และปริมาณความชื้น ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.1.3 วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT

**3.3 ศึกษาองค์ประกอบเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูหลังการอบให้พองตัว**

นำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูหลังการอบให้พองตัววิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)
- ปริมาณไขมัน ด้วยเครื่องวิเคราะห์ไขมันอัตโนมัติ (AOAC, 2000)
- ปริมาณโปรตีน ด้วยเครื่องวิเคราะห์โปรตีนอัตโนมัติ (AOAC, 2000)
- ปริมาณเส้นใย ด้วยเครื่องวิเคราะห์เส้นใยอัตโนมัติ (AOAC, 2000)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 2000)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

**4. พัฒนาสูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติของแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบ**

พัฒนาคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านสีและรสชาติ โดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) โดยการให้คะแนนตัวอย่าง (Sample) ต่อคะแนนในอุดมคติ (Ideal) ของผู้ทดสอบ ผู้ทดสอบชิมจะต้องมีทัศนคติที่ดีต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบ และได้ผ่านการซักซ้อมความเข้าใจในการทดสอบมาก่อนจำนวน 20 คน โดยประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคบหมูทางด้านสีน้ำตาล รสเค็ม และรสหวาน พัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์แคบหมู จนกระทั่งมีคะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุดมคติ โดยมีความสัมพันธ์ของค่า S/I มีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 1±0.01 หรืออยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้

**5. ศึกษาต้นทุนในการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ**

ในการคำนวณต้นทุนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป ใช้ข้อมูลของกระทรวงอุตสาหกรรม รวบรวมโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย ซึ่งแบ่งสัดส่วนต้นทุนดังนี้ คือจากต้นทุนทั้งหมด 100 ส่วน คิดเป็นค่าวัตถุดิบร้อยละ 68.6 ค่าแรงงานร้อยละ 5.6 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานร้อยละ 12.1 ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรร้อยละ 4.5 และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 9.2 (ดัดแปลงจากอุบลรัตน์, 2549)

**6. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูอบพร้อมรับประทาน**

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงและทำนายอายุการเก็บรักษาโดยใช้วิธีการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf-life Testing ; ASLT) ทำโดยการเตรียมแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปจำนวน 50±0.5 กรัม และแคบหมูอบพร้อมรับประทานจำนวน 30±0.5 กรัม บรรจุลงในถุงพลาสติกไนลอน (Nylon 15 ไมครอน/LLDPE 80 ไมครอน) แบ่งสภาวะการบรรจุเป็น 2 วิธี คือ บรรจุแบบ

ธรรมดา (Control) และบรรจุแบบสุญญากาศ เก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (25±10 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 วัน ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ โดยสุ่มตัวอย่างทุก 10 วัน มาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

6.1 แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

6.1.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

6.1.2 ค่าสีระบบ Hunter Color System : ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-สีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b*) ด้วยเครื่อง Colorimeter (ระบบ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE, U.S.A)

6.1.3 ดัชนีการพองตัว โดยใช้การแทนที่เมล็ดงา (Seed displacement)

6.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ วัดค่าแรงต้านการเจาะทะลุโดยใช้หัววัด Cylinder ขนาด 6 มิลลิเมตร ใช้แรง 50 นิวตัน) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro System รุ่น TA.XT.Plus, U.S.A)

6.1.5 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000)

วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT

6.1.6 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูหลังการอบให้พองตัว ทดสอบคุณภาพด้านกลิ่นหืน ลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบรวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT

6.2 แคบหมูอบพร้อมรับประทาน

6.2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

6.2.2 ค่าสีระบบ Hunter Color System : ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง-สีเขียว (a*) ค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b*) ด้วยเครื่อง Colorimeter (ระบบ Hunter Lab รุ่น Color Quest XE, U.S.A)

6.2.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบ วัดค่าแรงต้านการเจาะทะลุโดยใช้หัววัด Cylinder ขนาด 6 มิลลิเมตร ใช้แรง 50 นิวตัน) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Stable Micro System รุ่น TA.XT.Plus, U.S.A)

6.2.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000)

วางแผนการทดลองแบบ CRD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT

6.2.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูหลังการอบให้พองตัว ทดสอบคุณภาพด้านกลิ่นหืน ลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบ-

รวม วางแผนการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี DNMRT

ทำการสุ่มทดสอบจนกระทั่งแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูอบพร้อมรับประทานมีปริมาณจุลินทรีย์เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์แคบหมูที่กฎหมายกำหนดไว้อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1 x $10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม หรือผู้ทดสอบชิมไม่สามารถยอมรับได้ โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบตั้งแต่ 1-9 โดยคะแนนมาก (9) แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นยังคงมีคุณภาพที่ดี และสามารถบริโภคได้ คะแนนมาก (1) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดี และไม่สามารถบริโภคได้ ตามลำดับ โดยเกณฑ์การยอมรับกำหนดไว้คะแนนต้องไม่ต่ำกว่า 5 ถือว่าผู้บริโภคยังคงยอมรับคุณภาพของแคบหมูได้ จากนั้นจึงทำนายอายุการเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูอบพร้อมรับประทาน โดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf-life Testing; ASLT) โดยใช้วิธีการของ Labuza (1982) และยุทธนา (2553) ทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น คือ 5 องศาเซลเซียส และ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยทั้งปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

**7. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ**

ทำการทดสอบและสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภค เพื่อวัดผลความเป็นไปได้ทางการตลาด โดยศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทานและแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเหมาะสมสำหรับเตาอบ จำนวน 500 คน โดยใช้หลักเกณฑ์การสุ่มตัวอย่างประชากรโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability) ในลักษณะการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience-Sampling) พิจารณาจากกลุ่มผู้บริโภคตัวอย่างในการสำรวจทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ (สุดาดวง, 2543: ศิริวรรณ และคณะ, 2540) ทำการทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) (นิธิยา และไพโรจน์, 2547) ณ พื้นที่จังหวัดเชียงราย พะเยา ลำปาง และเชียงใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลลักษณะพื้นฐานของผู้บริโภค ได้แก่ เพศ และอายุของผู้บริโภค เป็นต้น เป็นแบบสอบถามแบบเลือกตอบ (Checklist question)

ตอนที่ 2 แบบสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบชิม และการยอมรับของผู้บริโภคต่อแคบหมูอบพร้อมรับประทาน และข้อคิดเห็นเกี่ยวกับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป เป็นแบบสอบถามแบบเลือกตอบ (Checklist question)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยสำรวจและเชิงทดลอง เพื่อศึกษาลักษณะพื้นฐานของผู้บริโภคต่อกระบวนการในการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทุกขั้นตอนมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล ทำการวิเคราะห์ และประมวลผลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภคนำเสนอด้วย ค่าความถี่ และค่าร้อยละ

2. กระบวนการตัดสินใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แคบหมู นำเสนอด้วยค่าคะแนนเฉลี่ย ค่าความถี่ และค่าร้อยละ

# ผลการวิจัย

**1. สำรวจเตาอบที่มีจำหน่าย และใช้ทั่วไปตามครัวเรือน**

จากการสำรวจข้อมูลเตาอบแก๊ส เตาอบไฟฟ้า หม้ออบลมร้อน และหม้อทอดไม่ใช้น้ำมันที่มีจำหน่าย และมีใช้ทั่วไปตามครัวเรือน โดยลงพื้นที่สำรวจเดือนกันยายน 2557 มีข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเตาอบแก๊ส เตาอบไฟฟ้า (ตารางที่ 1) หม้ออบลมร้อน (ตารางที่ 2) และหม้อทอดไม่ใช้น้ำมัน (ตารางที่ 3) โดยข้อมูลเกี่ยวกับเตาอบมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ข้อมูลเตาอบแก๊ส มี 2 ขนาดความจุ คือ

1. ขนาดความจุ 2 ชั้น ราคา 13,500 – 25,000 บาท
   - เตาอบขนาด 7-9 หัวเตา บรรจุถาดอบ 4-8 ถาด
   - ตั้งอุณหภูมิสูงสุดถึง 300 องศาเซลเซียส
   - โครงสร้างเหล็กพ่นสีบรอนซ์ทนความร้อนและกันสนิมทั้งตัว
   - มีเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิในช่องอบ หน้าปัทม์แสดงอุณหภูมิเป็นทั้งองศาเซลเซียส และองศาฟาเรนไฮน์
2. ขนาดความจุ 1 ชั้น ราคา 11,500-16,000 บาท
   - เตาอบขนาด 7-9 หัวเตา บรรจุถาดอบ 1-4 ถาด
   - ตั้งอุณหภูมิสูงสุดถึง 300 องศาเซลเซียส
   - โครงสร้างเหล็กพ่นสีบรอนซ์ทนความร้อนและกันสนิมทั้งตัว
   - มีเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิในช่องอบ หน้าปัทม์แสดงอุณหภูมิเป็นทั้งองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮน์

http://marasinshop.com.12market.com

http://www.thaismeplus.com

**ภาพที่ 1** เตาอบแบบใช้แก๊สที่มีจำหน่ายทั่วไป

1.2 ข้อมูลเตาอบไฟฟ้า โดยแบ่งแยกตามขนาดความจุของเตาอบ

**ตารางที่ 1** แสดงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเตาอบไฟฟ้าที่มีการจำหน่ายทั่วไป

1.2.1 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 8 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,200 | HOUSE WORTH | E004 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ≤15 | - | - | 790 | - |

1.2.2 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 9 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 650 | OTTO | TO-733 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ≤15 | 220 | 37x21x21 | 749 | - ให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์หลอดแก้วไฮโดรเจน |
| 800 | HOUSE WORTH | B001/6230S | ✓ | ✓ | ✓ | - | ≤15 | - | 40x27x27 | 650 | - |
| | IMARFLEX | If-831 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ≤15 | - | - | 990 | - |
| 1,000 | TEFAL | OF1608 | - | - | - | ≤230 | - | - | - | 1,690 | - ระบบทำความร้อนด้วยควอตซ์ ทำความร้อนทันทีที่ใช้งาน รวดเร็วกว่าเตาอบทั่วไปถึงร้อยละ 30 |

1.2.3 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 10 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,000-1,200 | ELECTROLUK | EOT3000 | - | - | - | 100-250 | ≤30 | 220–240 | 40x21x24 | 1,490 | - |

1.2.4 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 18 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,200 | KASHIWA | 18L | ✓ | ✓ | ✓ | 100-250 | ≤60 | - | - | 1,190 | - |
| 1,380 | OTTO | TO-787 | ✓ | ✓ | ✓ | 100-250 | ≤60 | 220 | 43x31.5x30 | 1,790 | - มีพัดลมกระจายความร้อน |
| 1,500 | TEFAL | OF2458 | ✓ | ✓ | ✓ | 100-240 | - | - | - | 3,490 | - ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์<br>- กระจกทนความร้อน 2 ชั้น<br>- ระบบ Turbo Fan และระบบ Turbo Basket |

1.2.5 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 19 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,300 | ZANUSSI | ZOT -102KX | ✓ | - | ✓ | 90-230 | ≤60 | - | 43.2x34.3x26.3 | 1,990 | - สามารถเลือกการทำงานของฮีตเตอร์ได้ ไฟบนพร้อมพัดลมกระจายความร้อน หรือไฟทั้งบนและล่างพร้อมพัดลมกระจายความร้อน |
| | MINOYA | MOV19TM | ✓ | ✓ | - | 100-250 | ≤60 | 220 | 43x32x28 | 1,290 | - |

1.2.6 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 23 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,500 | OTTO | TO-765/6 | ✓ | ✓ | ✓ | 100-250 | ≤60 | 220 | 43.2x34.3x26.3 | 1,990 | - สามารถเลือกการทำงานของฮีตเตอร์ได้ ไฟล่างทำงานเพียงอย่างเดียว ไฟบนพร้อมพัดลมกระจายความร้อน หรือไฟทั้งบนและล่างพร้อมพัดลมกระจายความร้อน |

1.2.7 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 24 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 2,000 | TEFAL | OF2658 | ✓ | ✓ | ✓ | 100-240 | ≤60 | - | - | 5,690 | - กระจกทนความร้อน 2 ชั้น<br>- ระบบ Turbo Fan และระบบ Turbo Basket |

1.2.8 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 28 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,600 | HOUSE WORTH | HW-8085 | ✓ | ✓ | - | 100-250 | ≤60 | 220 | 37x53x43 | 2,900 | - ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ |

1.2.9 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 30 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,500 | ZANUSSI | ZOT -103KX | ✓ | - | ✓ | 100-250 | ≤60 | - | 43.2x34.3x26.3 | 2,990 | - สามารถเลือกการทำงานของฮีตเตอร์ได้ ไฟบนพร้อมพัดลมกระจายความร้อน หรือไฟทั้งบนและล่างพร้อมพัดลมกระจายความร้อน<br>- ช่องใส่อาหารทำจากเหล็กเคลือบ Galvanize ปลอดภัยต่อการทำอาหาร |

1.2.10 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 42 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 2,000 | HOUSE WORTH | HW-8089 | ✓ | ✓ | - | 100-250 | ≤60 | 220 | 45x67x41 | 3,990 | - ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ |

1.2.11 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 53 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 1,150 | TOSHIBA | HTR-1150C | ✓ | ✓ | - | 100-250 | ≤30 | | 39x32x22.5 | 1,090 | - |
| 2,000 | MINOYA | MOV53TM | ✓ | ✓ | ✓ | 100-250 | ≤60 | 220 | 66x56x39 | 2,990 | - มีพัดลมกระจายความร้อน |
| | HOUSE WORTH | HW- E003 | ✓ | ✓ | ✓ | 100-250 | ≤60 | 220 | 45x74x43 | 4,900 | - ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ |

1.2.12 เตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 70 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | แหล่งความร้อน | | | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ด้านบน | ด้านล่าง | ทั้งบน-ล่าง | | | | | | |
| 2,000 | HOUSE WORTH | HW- E002 | ✓ | ✓ | ✓ | 100-250 | ≤60 | 220 | 46.5x71x45.5 | 5,990 | - ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ |

http://www.priceza.com/

**ภาพที่ 2** เตาอบไฟฟ้าที่มีจำหน่ายทั่วไป

1.3 ข้อมูลหม้ออบลมร้อน โดยแบ่งแยกตามขนาดความจุของหม้ออบลมร้อน

**ตารางที่ 2** แสดงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหม้ออบลมร้อนที่มีการจำหน่ายทั่วไป

ขนาดความจุ 12 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ชนิดของโถ | ขนาด ø โถ/สูง (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,100 | HOUSE WORTH | HW COG12 | 60-250 | ≤60 | - | แก้ว | - | 1,390 | - โถอบผลิตจากแก้วคุณภาพดี |
| | OTTO | CO-706/708 | 100-250 | ≤60 | - | แก้ว | 32/15 | 999-1,090 | - |
| 1,200 | HOUSE WORTH | HW-707S/CO-03/05 | 125-250 | ≤60 | - | สเตนเลส | | 1,290 | - โถสเตนเลสทนความร้อนสูงได้<br>- มี 2 ตะแกรง 3 ระดับ เพื่อความเหมาะสม. กับอาหารที่จะปรุง |
| 1,300 | IMARFLEX | IB-702 GN | 125-250 | ≤60 | 220 | แก้ว | 33/17 | 1,290 | - |
| | ACCORD | AC-523 | 150-250 | ≤60 | - | แก้ว | | 1,650 | - |
| | OTTO | CO-712 | 125-250 | ≤60 | - | แก้ว | - | 1,290 | - |
| | OTTO | CO-709 | 125-250 | ≤60 | 220 | สเตนเลส | | 1,290 | - โถสเตนเลสอย่างหนาทนทาน<br>- ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์ |
| 1,350 | HOUSE WORTH | HW 1707S | 125-250 | ≤60 | 220-240 | สเตนเลส | - | 990-1,480 | - โถผลิตจากสเตนเลสผสมโครเมี่ยมและนิกเกิล |
| | HOUSE WORTH | HW 1707Y | 60-250 | ≤60 | 220-240 | แก้ว | - | 990-1,400 | - ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิรตซ์<br>- โถอบผลิตจากสเตนเลสคุณภาพดี |

ขนาดความจุ 15 ลิตร

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ชนิดของโถ | ขนาด ø โถ/สูง (ซม.) | ราคา | คุณสมบัติ และข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,100 | OTTO | CO-708 | 100-250 | ≤60 | 220 | แก้ว | 32/15 | 999 | - |
| 1,200 | KASHIWA | KW-120 | 125-250 | ≤60 | - | แก้ว | - | 950-1,150 | - |
| | OTTO | CO-719/709 | 100-250 | ≤60 | 220 | แก้ว | 32/15 | 999 | - |

http://www.kitchenwaremarket.com

**ภาพที่ 3** หม้ออบลมร้อนที่มีจำหน่ายทั่วไป

1.4 ข้อมูลหม้อทอดไร้น้ำมัน

**ตารางที่ 3** แสดงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหม้อทอดไร้น้ำมันที่มีการจำหน่ายทั่วไป

| กำลังไฟ (วัตต์) | ยี่ห้อ | รุ่น | ขนาดความจุ (ลิตร) | ช่วงอุณหภูมิ (°C) | การตั้งเวลา (นาที) | แรงดันไฟฟ้า (โวลล์) | ขนาด (กxยxส) (ซม.) | ราคา | ข้อมูลทางเทคนิคอื่นๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 750 | PHILIPS | HD9220/20 | 2.2 | ≤200 | **≤30** | - | - | 7,990 | - เทคโนโลยีการทอด Rapid Air ทำให้ทอดอาหารปราศจากน้ำมัน สามารถช่วยลดไขมันได้น้อยลงถึง 80% เมื่อเทียบกับการทอดอาหารด้วยน้ำมัน<br>- ระบบกรองอากาศแบบพิเศษช่วยป้องกันกลิ่น<br>- ทอดอาหารด้วยลมร้อนควบคู่กับการย่าง |
| 1,425 | PHILIPS | HD9220/40 | 0.8 | ≤200 | ≤30 | 230 | 28.7x38.4x31.5 | 7,990 | ข้อมูลเหมือนกันกับรุ่น HD9220/20 |

http://www.siamworachak.com

**ภาพที่ 4** หม้อทอดไร้น้ำมันที่มีจำหน่ายทั่วไป

จากข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเตาอบแก๊ส เตาอบไฟฟ้า หม้ออบลมร้อน และหม้อทอดไร้น้ำมันที่มีการจำหน่ายทั่วไป ดังตารางที่ 1 2 และ 3 ผู้วิจัยได้คัดเลือกเตาอบโดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกที่มีข้อจำกัดในการใช้งานต่ำสุดถึงปานกลาง คือ กำลังไฟต่ำสุดถึงปานกลาง ขนาดความจุน้อยถึงปานกลาง การกระจายความร้อนเลือกที่มีพัดลมกระจายความร้อน และไม่มีพัดลมกระจายความร้อน และการกระจายความร้อนที่น้อยสุดถึงปานกลาง สามารถตั้งเวลาได้ ตั้งอุณหภูมิได้ และตั้งระบบการใช้ความร้อนได้ เพื่อใช้กำหนดค่าสภาวะการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบที่มีใช้ตามครัวเรือนต่อไปได้ โดยหากแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสามารถพองตัวได้ดีในเตาอบที่เลือกได้ ดังนั้นเตาอบที่มีพลังงานไฟฟ้า แหล่งพลังงานความร้อน และการกระจายความร้อนที่สูงกว่า ย่อมสามารถอบให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสามารถพองตัวได้ดีเช่นกัน ส่งผลให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปจากการวิจัยสามารถอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบครบทุกประเภทที่มีจำหน่ายทั่วไป และสามารถอบให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปพองตัวได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังพิจารณาด้านราคาควบคู่ไปด้วย หากเตาอบมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน หรือต้องมีการเปรียบเทียบคุณสมบัติของเตาอบหากมีราคาเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน โดยมีรายละเอียดการคัดเลือกเตาอบ ดังนี้

1. เตาอบแก๊สที่มีจำหน่ายมีขนาด 2 ขนาดให้เลือก คือความจุ 1 ชั้น และ 2 ชั้น ดังนั้นจึงเลือกขนาดความจุ 1 ชั้น เนื่องจากเป็นขนาดความจุที่น้อยสุดในเตาอบแก๊สที่มีจำหน่าย ดังภาพที่ 1

2. เตาอบไฟฟ้าที่มีจำหน่ายมีขนาดความจุค่อนข้างมาก คือ 8, 9, 10, 18, 19, 23, 24, 28, 30, 42, 53 และ 70 ลิตร ดังนั้นจึงเลือกเตาอบไฟฟ้ายี่ห้อ HOUSE WORTH รุ่น B001 ขนาดความจุ 9 ลิตร ซึ่งเป็นความจุเกือบน้อยที่สุดในเตาอบไฟฟ้าที่มีจำหน่าย เนื่องจากมีราคาที่ไม่แพงเกินไปเมื่อเทียบกับเตาอบไฟฟ้าที่ขนาดเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีปุ่มเลือกใช้ความร้อนบน ความร้อนล่าง ความร้อนทั้งบนและล่างพร้อมกัน มีกำลังไฟฟ้าต่ำเท่ากับ 800 วัตต์ และไม่มีพัดลมกระจายความร้อน และเลือกเตาอบไฟฟ้ายี่ห้อ OTTO รุ่น TO-765/6 เนื่องจากมีขนาดความจุ 23 ลิตร ซึ่งเป็นความจุขนาดกลาง เหมาะสำหรับใช้ตามครัวเรือนทั่วไป ราคาที่ไม่แพงเกินไปเมื่อเทียบกับเตาอบไฟฟ้าที่ขนาด 24 ลิตร นอกจากนี้ยังสามารถปรับความร้อนได้โดยเลือกฮีตเตอร์บน ล่าง หรือทำงานพร้อมกัน และมีพัดลมกระจายความร้อน มีกำลังไฟฟ้าระดับปานกลาง คือ 1,500 วัตต์ ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2

3. หม้ออบลมร้อนที่มีจำหน่ายมีขนาดความจุ 2 ขนาด คือ 12 และ 15 ลิตร ดังนั้นจึงเลือก ยี่ห้อ OTTO ขนาดความจุ 15 ลิตร ซึ่งเป็นความจุใหญ่สุดในหม้ออบลมร้อนที่มีจำหน่าย และมีราคาน้อยกว่าหรือเทียบเท่ากับหม้ออบลมร้อนที่ขนาดความจุน้อยกว่า นอกจากนี้ยังสามารถปรับความร้อนได้ 100-250 องศาเซลเซียส มีกำลังไฟฟ้าต่ำที่สุด คือ 1,100 วัตต์ ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3

4. หม้อทอดไม่ใช้น้ำมันที่มีจำหน่ายมีกำลังไฟแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 750 และ 1,425 วัตต์ ดังนั้นจึงเลือกยี่ห้อ PHILIPS รุ่น HD 9220/20 ขนาดความจุ 2.2 ลิตร เนื่องจากเป็นความจุใหญ่ที่สุดในหม้อทอดไร้น้ำมันที่มีจำหน่าย และมีราคาเท่ากับหม้อทอดไร้น้ำมันที่ขนาดความจุน้อยกว่า

นอกจากนี้ยังสามารถปรับควบคุมอุณหภูมิได้ถึง 200 องศาเซลเซียส มีกำลังไฟฟ้าต่ำสุด คือ 750 วัตต์ ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 4

จากการทดลองนำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตตามขั้นตอนการผลิตของอรทัย และคณะ (2548) มาอบให้พองตัวด้วยเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้าที่คัดเลือกจากข้างต้น พบว่าแคบหมูมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอ และไหม้ ดังภาพที่ 5 ดังนั้นจึงต้องพัฒนาขั้นตอนการผลิตให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสามารถพองตัวได้ดีในเตาอบชนิดต่างๆ ในขั้นตอนต่อไป

**ภาพที่ 5** แคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบแบบใช้แก๊ส (ก) และเตาอบไฟฟ้า (ข)

**2. พัฒนากระบวนการผลิตเพื่อลดกลิ่นหืนของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูพร้อมรับประทาน**

**2.1 ศึกษาคุณภาพหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป**

จากการสำรวจการจำหน่ายหนังหมูสดตามท้องตลาด หนังหมูแช่แข็งในประเทศจากร้านค้าตัวแทนจำหน่าย และหนังหมูแช่แข็งนำเข้าจากต่างประเทศ สุ่มเก็บตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไปเพื่อพิจารณาคุณภาพและลักษณะการจำหน่าย จากการสำรวจจากผู้ประกอบการผลิตแคบหมูถึงแหล่งที่มาของหนังหมูที่นำมาผลิตแคบหมู จึงทำการคัดเลือกตัวแทนหนังหมูที่มีลักษณะคุณภาพใกล้เคียงกัน และเป็นแหล่งที่ผู้ประกอบการผลิตแคบหมูนิยมนำมาผลิตแคบหมู คัดเลือกได้จำนวน 5 แหล่ง คือ

แหล่งที่ 1 เป็นหนังหมูแช่แข็งในประเทศ จำหน่ายโดยร้านค้าตัวแทนจำหน่าย

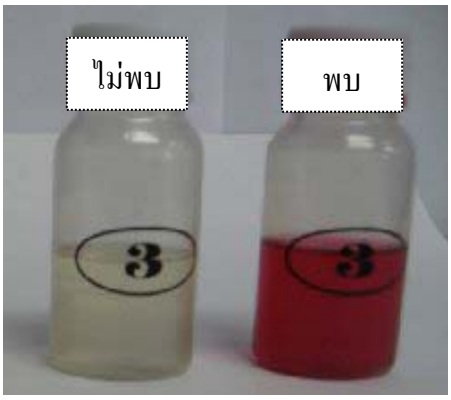
แหล่งที่ 2 เป็นหนังหมูสดในประเทศ จำหน่ายในตลาดสด

แหล่งที่ 3 เป็นหนังหมูแช่แข็งในประเทศ จำหน่ายที่ห้างสรรพสินค้า

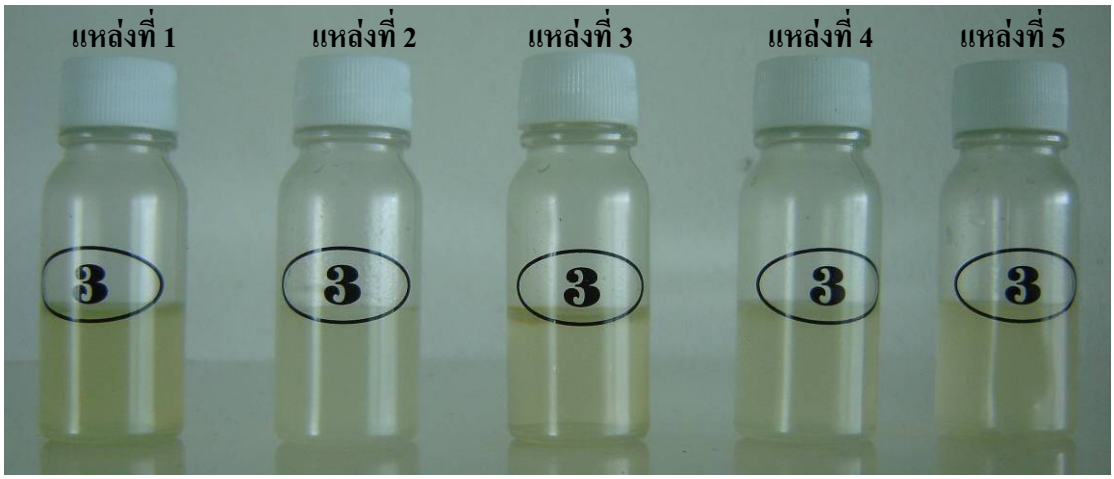
แหล่งที่ 4 เป็นหนังหมูแช่แข็งในประเทศ จำหน่ายโดยร้านค้าตัวแทนจำหน่าย

แหล่งที่ 5 เป็นหนังหมูแช่แข็งนำเข้าจากต่างประเทศ จำหน่ายโดยตัวแทนจำหน่าย

จากการนำหนังหมูทั้ง 5 แหล่ง มาทดสอบการปนเปื้อนสารฟอร์มาลีนด้วยชุดทดสอบของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า ไม่พบการปนเปื้อนของสารฟอร์มาลีนในหนังหมูทั้ง 5 แหล่ง ดังภาพที่ 6 คือ สารละลายทดสอบไม่เปลี่ยนจากเดิม หรือเปลี่ยนเป็นสีอื่น (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2551)




ตัวอย่างการอ่านผลการตรวจวิเคราะห์ฟอร์มาลีน




**ภาพที่ 6** ผลการทดสอบตัวอย่างหนังหมู 5 แหล่ง ด้วยชุดทดสอบฟอร์มาลีนในอาหาร

จากการนำหนังหมูทั้ง 5 แหล่ง ไปผลิตเป็นแคบหมูด้วยวิธีการอบตามวิธีของอรทัย และคณะ (2548) และตรวจสอบคุณภาพ ได้ผลดังนี้

ด้านผลการตรวจสอบคุณภาพของหนังหมู แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมู พบว่า หนังหมูทั้ง 5 แหล่ง มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 49.44-78.48 และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 8.13-43.32 แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 8.40-10.83 และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 4.75-9.33 และแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.32-2.01 ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5

และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 8.63-14.13 ดังตารางที่ 4 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแคบหมูจากอรทัย และคณะ (2548) ที่มีค่าปริมาณไขมันร้อยละ 14.59 แคบหมูมีปริมาณความชื้นลดลง และมีปริมาณไขมันเพิ่มมากขึ้นจากแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป ทั้งนี้เนื่องจากแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเมื่อผ่านการอบให้พองตัวเป็นแคบหมู ส่งผลให้มีปริมาณความชื้นลดลง เนื่องจากความร้อนจากเตาอบลมร้อนจะทำให้น้ำภายในแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกลายเป็นไอน้ำซึ่งถูกกักไว้ในเจลาตินของหนังหมูเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเกิดแรงดันขึ้นภายในหนังหมู ทำให้หนังหมูพองตัวขึ้น ส่งผลให้ความชื้นบางส่วนในหนังหมูระเหยไป อีกทั้งยังส่งผลให้มวลของแคบหมูสูงขึ้นทำให้ค่าองค์ประกอบทางเคมี เช่น ค่าปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นได้ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของอรทัย และคณะ (2549) ที่แคบหมูจักมีปริมาณความชื้นลดลงและปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเช่นกัน ด้านค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในช่วง 1.96-2.70 เท่าค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 55.89-59.02 และด้านความกรอบอยู่ในช่วง 22.07-23.66 นิวตัน นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าความเข้มของสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 4.97-7.01และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 24.55-28.70มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 5

ด้านผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผลิตจากหนังหมูทั้ง 5แหล่ง พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏและลักษณะการพองตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยพบว่าแคบหมูที่ผลิตจากหนังหมูแหล่งจำหน่ายที่ 2 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 6.33 และ 6.23 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6 อีกทั้งเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน พบว่าได้คะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำที่สุดเช่นกัน คือ 5.48

จากการตรวจสอบคุณภาพหนังหมู แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมู พบว่าหนังหมูจากแหล่งจำหน่ายที่ 2 มีปริมาณไขมันในหนังหมูสูงที่สุดดังตารางที่ 4 ทำให้สามารถเกิดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation rancidity) ของไขมันได้มากที่สุด (รุ่งนภา, 2540) และมีค่าดัชนีการพองตัวน้อยที่สุด ส่งผลให้มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งมากที่สุดดังตารางที่ 5 เนื่องจากแคบหมูมีการพองตัวน้อยฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดเล็ก เนื้อจะค่อนข้างแข็งจะใช้แรงกดมาก ในทางตรงกันข้ามถ้าแคบหมูเมื่อมีการพองตัวมาก ฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดใหญ่ เนื้อจะกรอบจะใช้แรงกดน้อย (Matz, 1970) และผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏลักษณะการพองตัว และกลิ่นหืนได้คะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำที่สุดดังตารางที่ 6 ดังนั้นหนังหมูจากแหล่งจำหน่ายที่ 2 จึงมีคุณภาพด้านต่างๆ ที่ควรนำไปพัฒนาต่อมากที่สุด ซึ่งจักทำให้การพัฒนาคุณภาพของแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบ สามารถแก้ปัญหาทั้งทางด้านกลิ่นหืน และการพัฒนากระบวนการผลิตแคบหมูได้ผลการศึกษาที่ครอบคลุมมากขึ้น

**ตารางที่ 4** เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีหนังหมู แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ผลิตได้จากตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป

| แหล่งจำหน่ายหนังหมู | ความชื้น (ร้อยละ) | | | ไขมัน (ร้อยละ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | หนังหมู | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมู | หนังหมู | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมู |
| แหล่งที่ 1 | 50.86±0.78$^{d}$ | 10.83±0.83$^{a}$ | 1.32±0.12$^{d}$ | 13.62±1.33$^{c}$ | 6.17±0.84$^{b}$ | 9.16±1.59$^{bc}$ |
| แหล่งที่ 2 | 78.48±1.00$^{a}$ | 9.68±0.75$^{b}$ | 1.51±0.09$^{c}$ | 43.32±2.15$^{a}$ | 9.33±1.30$^{a}$ | 14.13±0.27$^{a}$ |
| แหล่งที่ 3 | 61.95±0.61$^{c}$ | 8.40±0.14$^{c}$ | 1.63±0.11$^{bc}$ | 14.24±1.32$^{c}$ | 5.57±0.31$^{b}$ | 10.41±0.30$^{b}$ |
| แหล่งที่ 4 | 49.44±1.75$^{d}$ | 10.21±0.26$^{ab}$ | 1.68±0.04$^{b}$ | 8.13±1.50$^{d}$ | 4.75±0.28$^{b}$ | 8.63±0.17$^{c}$ |
| แหล่งที่ 5 | 65.80±0.65$^{b}$ | 9.69±0.19$^{b}$ | 2.01±0.05$^{a}$ | 17.64±1.67$^{b}$ | 5.97±0.82$^{b}$ | 9.89±0.90$^{bc}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 5** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ผลิตได้จากตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป

| แหล่งจำหน่ายหนังหมู | ดัชนีการพองตัว (เท่า) $^{ns}$ | ค่าสี | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) $^{ns}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L* $^{ns}$ | a* | b* | |
| แหล่งที่ 1 | 2.70±0.08 | 58.49±1.40 | 4.97±0.26$^{b}$ | 26.12±0.64$^{b}$ | 22.98±2.10 |
| แหล่งที่ 2 | 1.96±0.27 | 55.89±2.06 | 6.85±0.23$^{a}$ | 28.70±0.33$^{a}$ | 23.66±3.08 |
| แหล่งที่ 3 | 2.00±0.14 | 56.64±1.33 | 6.55±0.31$^{a}$ | 26.77±0.91$^{b}$ | 22.58±1.80 |
| แหล่งที่ 4 | 2.23±0.17 | 59.02±2.35 | 5.38±0.80$^{b}$ | 24.55±1.04$^{c}$ | 22.43±1.56 |
| แหล่งที่ 5 | 2.20±0.58 | 57.22±1.72 | 7.01±0.52$^{a}$ | 26.19±0.58$^{b}$ | 22.07±2.01 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 6** เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผลิตได้จากตัวอย่างหนังหมูที่มีจำหน่ายทั่วไป

| แหล่งจำหน่ายหนังหมู | กลิ่นหืน[ns] | ลักษณะปรากฏ | ลักษณะการพองตัว | สี[ns] | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)[ns] | รสชาติ[ns] | ความชอบรวม[ns] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| แหล่งที่ 1 | 5.58±1.28 | 6.85±1.35[a] | 6.95±1.43[a] | 6.98±1.10 | 6.75±1.39 | 6.90±1.13 | 6.75±1.37 |
| แหล่งที่ 2 | 5.48±1.18 | 6.33±1.37[b] | 6.23±1.44[b] | 6.78±1.21 | 6.80±1.16 | 6.93±1.37 | 6.68±1.19 |
| แหล่งที่ 3 | 5.85±1.33 | 6.98±1.21[a] | 7.10±1.03[a] | 7.30±1.22 | 7.15±1.35 | 6.85±1.08 | 7.00±1.11 |
| แหล่งที่ 4 | 5.55±1.26 | 7.00±1.11[a] | 7.05±1.30[a] | 6.93±1.19 | 6.93±1.31 | 6.60±1.32 | 6.83±1.06 |
| แหล่งที่ 5 | 5.75±1.24 | 7.03±1.07[a] | 7.20±1.11[a] | 7.03±1.37 | 6.50±1.22 | 7.05±1.13 | 7.09±1.10 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**2.2 ศึกษาวิธีการลดกลิ่นหืนของหนังหมูสำหรับการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ**

**2.2.1 ศึกษาวิธีการเตรียมหนังหมูที่เหมาะสม**

จากการนำหนังหมูที่คัดเลือกจากข้อ 2.1 มาทำการศึกษาวิธีการเตรียมหนังหมู 4 วิธี คือ ล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (Control) แช่สารละลายสารส้มความเข้มข้นร้อยละ 1 แช่สารละลายน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 และแช่สารละลายน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 จากนั้นนำหนังหมูมาผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ และตรวจสอบคุณภาพได้ผล ดังนี้

ด้านผลการตรวจสอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ผลิตจากวิธีการเตรียมหนังหมูทั้ง 4 วิธี พบว่า แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10.11-12.32 และแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.22-1.83 ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 ดังตารางที่ 7 ด้านค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในช่วง 1.74-2.00 เท่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 57.85-58.75 และด้านความกรอบอยู่ในช่วง 21.64-22.30 นิวตัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความเข้มของสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 5.02-6.79 และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 24.66-27.93 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 8

ด้านผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมู พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน ลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแคบหมูที่ล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง และหนังหมู

ที่ผ่านการแช่สารละลายจากน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงในทุกคุณลักษณะ ส่วนคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 9

จากผลการวิจัยจึงคัดเลือกวิธีการล้างหนังหมูด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง นำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากวิธีการลดกลิ่นโดยใช้สารละลายจากสารส้ม สารละลายน้ำส้มสายชู และสารละลายน้ำส้มสายชูผสมเกลือในขั้นตอนการเตรียมหนังหมู ไม่มีผลต่อการลดกลิ่นหืนในแคบหมูให้ดีขึ้นหรือแตกต่างกับการล้างหนังหมูด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง

**ตารางที่ 7** เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากวิธีการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน

| วิธีการเตรียมหนังหมู | ความชื้น (ร้อยละ) | |
|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมู |
| - ล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง (Control) | $10.44\pm0.09^{b}$ | $1.58\pm0.06^{b}$ |
| - แช่สารละลายสารส้มร้อยละ 1 | $10.11\pm0.22^{b}$ | $1.47\pm0.08^{b}$ |
| - แช่สารละลายน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | $12.32\pm0.30^{a}$ | $1.83\pm0.06^{a}$ |
| - แช่สารละลายน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | $12.12\pm0.23^{a}$ | $1.22\pm0.08^{c}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

**ตารางที่ 8** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากวิธีการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน

| วิธีการเตรียมหนังหมู | ดัชนีการพองตัว $^{ns}$ (เท่า) | ค่าสี | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส $^{ns}$ (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L* $^{ns}$ | a* | b* | |
| - ล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง (Control) | $1.92\pm0.28$ | $58.63\pm0.42$ | $6.79\pm0.24^{a}$ | $27.93\pm0.63^{a}$ | $21.64\pm2.26$ |
| - แช่สารละลายสารส้มร้อยละ 1 | $1.74\pm0.11$ | $58.14\pm1.08$ | $6.38\pm0.21^{ab}$ | $26.51\pm0.70^{ab}$ | $22.02\pm1.71$ |
| - แช่สารละลายน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | $2.00\pm0.13$ | $58.75\pm1.95$ | $5.02\pm0.79^{c}$ | $24.66\pm1.08^{c}$ | $22.26\pm1.94$ |
| - แช่สารละลายน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | $1.83\pm0.15$ | $57.85\pm1.21$ | $5.73\pm0.56^{bc}$ | $25.97\pm1.09^{bc}$ | $22.30\pm2.02$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**ตารางที่ 9** เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผลิตได้จากวิธีการเตรียมหนังหมูที่แตกต่างกัน

| วิธีการเตรียมหนังหมู | กลิ่นหืน | ลักษณะปรากฏ | ลักษณะการพองตัว | สี | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | รสชาติ$^{ns}$ | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - ล้างน้ำที่อุณหภูมิห้อง | 6.62±1.14$^{a}$ | 7.24±0.94$^{a}$ | 7.36±0.88$^{a}$ | 7.44±0.76$^{a}$ | 7.40±0.86$^{a}$ | 7.28±0.64 | 7.39±0.63$^{a}$ |
| - แช่สารละลายสารส้มร้อยละ 1 | 6.12±1.17$^{b}$ | 6.80±0.93$^{b}$ | 6.78±1.13$^{b}$ | 6.92±0.94$^{c}$ | 6.98±1.25$^{b}$ | 7.00±1.09 | 6.90±1.01$^{b}$ |
| - แช่สารละลายน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 6.38±1.03$^{ab}$ | 7.38±0.73$^{a}$ | 7.62±0.75$^{a}$ | 7.24±0.98$^{ab}$ | 7.26±0.90$^{ab}$ | 7.02±0.91 | 7.24±0.66$^{a}$ |
| - แช่สารละลายน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 6.52±1.03$^{a}$ | 7.12±0.77$^{a}$ | 7.54±0.71$^{a}$ | 7.14±0.93$^{bc}$ | 7.48±0.76$^{a}$ | 7.20±0.81 | 7.24±0.87$^{a}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**2.2.2 ศึกษาวิธีการต้มหนังหมูให้สุกที่เหมาะสม**

จากการนำวิธีการเตรียมหนังหมูที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.1 มาทำการศึกษาวิธีการต้มหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน 4 วิธี คือ การต้มในน้ำเดือด (Control) การต้มในน้ำมันปาล์ม การต้มในสารละลายจากน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 และการต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 จากนั้นนำหนังหมูมาผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ จากการตรวจสอบคุณภาพได้ผล ดังนี้

ด้านผลการตรวจสอบคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ผลิตจากวิธีการต้มหนังหมูทั้ง 4 วิธี พบว่า ด้านปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปอยู่ในช่วงร้อยละ 9.27-10.26 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณไขมันมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 4.77-7.16 และแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ1.18-1.76 ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 10.65-13.19 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 10 ด้านค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูที่ต้มน้ำมันปาล์มและในสารละลายทั้ง 3 วิธี มีค่าสูงกว่าการต้มในน้ำเดือดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 มีค่าสูงที่สุด คือ 2.53 เท่า แคบหมูมีค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 25.12-27.80 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 57.11-58.37 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 6.64-7.66 และด้านความกรอบอยู่ในช่วง 21.24-21.69 นิวตัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 11

ด้านผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมู พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการต้มในน้ำมันปาล์ม การต้มในสารละลายจากน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 และการต้มในสารละลายน้ำเกลือผสมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 5.86 5.84 และ 5.76 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าการต้มในน้ำเดือดวิธีเดิมได้คะแนนความชอบเฉลี่ย 5.22 ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 12

จากผลการวิจัยจึงคัดเลือกวิธีการต้มหนังหมูด้วยสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นร้อยละ 2 นำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากมีค่าดัชนีการพองตัวสูงที่สุด อีกทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนได้คะแนนความชอบเฉลี่ย 5.76 ซึ่งสูงกว่าการต้มในน้ำเดือดวิธีเดิม และไม่มีความแตกต่างกันกับการต้มในน้ำมันปาล์ม ซึ่งได้คะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุด (5.86) และเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิต จะมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการต้มในน้ำมันปาล์ม

**ตารางที่ 10** เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากวิธีการต้มหนังหมูที่แตกต่างกัน

| วิธีการต้มหนังหมู | ความชื้น (ร้อยละ) | | ไขมัน (ร้อยละ) | |
|---|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป$^{ns}$ | แคบหมู | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมู |
| - ต้มในน้ำเดือด (Control) | 9.27±0.53 | 1.18±0.03$^{c}$ | 7.16±0.70$^{a}$ | 13.19±0.89$^{a}$ |
| - ต้มในน้ำมันปาล์ม | 10.26±0.30 | 1.60±0.05$^{b}$ | 6.20±0.69$^{a}$ | 12.68±0.60$^{a}$ |
| - ต้มในสารละลายน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 9.84±0.32 | 1.76±0.08$^{a}$ | 4.87±0.39$^{b}$ | 10.65±0.79$^{b}$ |
| - ต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 9.96±0.26 | 1.53±0.09$^{b}$ | 4.77±0.47$^{b}$ | 11.12±0.88$^{b}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 11** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากวิธีการต้มหนังหมูที่แตกต่างกัน

| วิธีการต้มหนังหมู | ดัชนีการพองตัว (เท่า) | ค่าสี | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส[ns] (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L*[ns] | a*[ns] | b* | |
| - ต้มในน้ำเดือด(Control) | 1.87±0.05[b] | 56.09±1.09 | 7.66±0.69 | 27.80±0.93[a] | 21.38±0.86 |
| - ต้มในน้ำมันปาล์ม | 2.27±0.12[ab] | 58.37±1.54 | 7.08±0.05 | 25.42±0.46[b] | 21.69±0.97 |
| - ต้มในสารละลายน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 2.10±0.15[ab] | 57.11±1.60 | 6.94±0.22 | 25.21±0.65[b] | 21.28±2.36 |
| - ต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 2.53±0.44[a] | 57.13±2.62 | 6.64±0.90 | 25.12±0.42[b] | 21.24±1.44 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 12** เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ได้จากวิธีการต้มหนังหมูที่ต่างกัน

| วิธีการต้มหนังหมู | กลิ่นหืน | ลักษณะปรากฏ[ns] | ลักษณะการพองตัว[ns] | สี[ns] | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)[ns] | รสชาติ[ns] | ความชอบรวม[ns] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - ต้มในน้ำเดือด (Control) | 5.22±1.83[b] | 6.80±0.83 | 6.72±1.05 | 7.14±1.05 | 7.24±1.15 | 7.16±0.84 | 6.98±0.91 |
| - ต้มในน้ำมันปาล์ม | 5.86±1.87[a] | 7.06±1.04 | 7.06±0.96 | 7.00±1.05 | 7.26±1.17 | 6.98±1.08 | 7.18±0.92 |
| - ต้มในสารละลายน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 5.84±1.84[a] | 7.12±1.08 | 7.04±1.09 | 7.14±1.13 | 7.20±0.97 | 6.90±1.05 | 7.07±0.90 |
| - ต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูร้อยละ 2 | 5.76±1.82[a] | 7.06±0.89 | 6.98±1.24 | 7.06±1.20 | 7.30±1.11 | 6.94±1.36 | 7.06±1.06 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**2.2.3 ศึกษาการเติมสารกันหืนที่เหมาะสม**

จากการนำวิธีการต้มหนังหมูที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.2 มาทำการศึกษาวิธีการเติมสารกันหืน โดยจากการสำรวจสารกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอาหาร ได้แก่ บีเอชเอ (Butylated Hydroxy Anisol, BHA) บีเอชที (Butylated Hydroxy Toluene, BHT) ทีบีเอชคิว (Tertiary Butyl Hydro Quinone, TBHQ) โพรพิลแกลเลต (Propyl Gallate, PG) แอลคอร์บิล พาร์มิเทต (Ascorbyl parmitate) ไอโซ-แอสคอร์บิค และโซเดียมไอโซแอสคอร์เบต (Isoascorbieและ Isoascorbate) โทโคฟีรอล (Tocopherol) โซเดียมอิริโทรเบต (Sodium erytrobate) และอีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid, EDTA) ดังอธิบายคุณสมบัติในตารางที่ 13 จากข้อมูลการสำรวจผู้วิจัยได้พิจารณาคัดเลือกสารกันหืนเพื่อใช้ในการวิจัย 3 ชนิด คือ BHA BHT และโซเดียมอิริโทรเบต เนื่องจาก BHA BHT มีความสามารถในการละลาย (ที่ 23 องศาเซลเซียส) ในน้ำมันหมูได้ถึงร้อยละ 40 และ 50 ตามลำดับ (ศิวาพร, 2535) อีกทั้งยังสามารถทนต่ออุณหภูมิสูง และไม่สลายตัวเมื่อผ่านกระบวนการอบ (JECFA, 2005) ส่วนโซเดียมอิริ-โทรเบตเป็น antioxidant ป้องกันการหืนจากปฏิกิริยา lipid oxidant และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารให้กลิ่นรสในอาหาร (นิรนาม, 2556ข) และสารกันหืนทั้ง 3 ชนิดมีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับสารชนิดอื่น สำหรับสารกันหืนชนิดอื่น ที่ผู้วิจัยไม่พิจารณาคัดเลือก เช่น TBHQ และ PG เนื่องจากมีความสามารถในการละลาย (ที่ 23 องศาเซลเซียส) ในน้ำมันหมูได้เพียงร้อยละ 5 และ 1 ตามลำดับ (ศิวาพร, 2535) และ PG นั้นสลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 148 องศาเซลเซียส และยังไวต่อความร้อน ทำให้สลายตัวไปเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อน (JECFA, 2005) และสารกันหืนชนิดอื่นยังมีราคาแพง และมีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ดังตารางที่ 13

**ตารางที่ 13** แสดงคุณสมบัติ และราคาของสารกันหืนชนิดต่างๆ

| สารกันหืน | คุณสมบัติ | ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) | ราคา/กิโลกรัม (บาท) |
|---|---|---|---|
| บีเอชเอ (Butylated Hydroxy Anisol, BHA) | - มีลักษณะเป็นผงสีขาว สามารถละลายได้ดีในน้ำมันและไขมัน แต่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ และไม่สลายตัวเมื่อผ่านกระบวนการผลิตโดยเฉพาะกระบวนการอบ | 40 | 450 |
| บีเอชที (Butylated Hydroxy Toluene, BHT) | - มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แต่สามารถละลายในน้ำมันและไขมันได้ดีกว่า BHA ยังสามารถทนต่ออุณหภูมิสูง และไม่สลายตัวเมื่อผ่านกระบวนการอบ | 50 | 450 |

**ตารางที่ 13** (ต่อ)

| สารกันหืน | คุณสมบัติ | ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) | ราคา/กิโลกรัม (บาท) |
|---|---|---|---|
| ทีบีเอชคิว (Tertiary Butyl Hydro Quinone, TBHQ) | - มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวถึงสีน้ำตาลอ่อน สามารถละลายในน้ำมันและไขมันได้ปานกลาง (5-10%) และสามารถละลายในน้ำได้เล็กน้อย (1%) ยังมีความคงตัว ไม่สลายตัวเมื่อผ่านกระบวนการผลิต | 5 | 21,450 |
| โพรพิลแกลเลต (Propyl Gallate, PG) | - มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวถึงสีเท่าอ่อน สลายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า 148 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้บางส่วนในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และสามารถละลายในน้ำมันได้ต่ำ และยังไวต่อความร้อนทำให้สลายตัวไปเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อน | 1 | 32,200 |
| แอลคอร์บิล พาร์มิเทต (Ascorbyl parmitate) | -มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายได้ในน้ำและไขมัน มีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง อากาศ และความร้อน | ไม่มีข้อมูล | 111,080 |
| ไอโซแอสคอร์บิค และโซเดียมไฮโซแอสคอร์เบต (Isoascorbie และ Isoascorbate) | - เป็นวัตถุกันหืนที่ใช้ป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารทั้งชนิดที่มีไขมันและไม่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ เบียร์ น้ำผลไม้ ผลไม้เยือกแข็ง และผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก | ไม่มีข้อมูล | 48,000 |
| โทโคฟีรอล (Tocopherol) | - มีลักษณะเป็นน้ำมันข้นหนืด สีเหลือง ละลายได้ดีในน้ำมัน มีคุณสมบัติทนต่อกรดและความร้อนสูง แต่ไม่ทนต่อด่าง แสงแดด และออกซิเจน โดยจะถูกออกซิไดซ์อย่างช้าๆ ถ้าสัมผัสกับอากาศ และจะถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็ว ถ้าละลายในไขมันที่หืน | ไม่มีข้อมูล | 4,430 |
| อีดีทีเอ (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid, EDTA) | - เป็นสารเสริมฤทธิ์กันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมาก มีความสามรถในการเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโลหะได้ดี นิยมเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารโดยตรงในขั้นตอนของการกำจัดกลิ่น เพื่อช่วยให้อาหารมีคุณภาพคงที่ | ไม่มีข้อมูล | 480 |

**ตารางที่ 13** (ต่อ)

| สารกันหืน | คุณสมบัติ | ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ) | ราคา/กิโลกรัม (บาท) |
|---|---|---|---|
| โซเดียมอิริโทรเบต (Sodium erytrobate) | - เป็นสาร antioxidant ที่เป็นเกลือโซเดียมของกรดอิริทรอบิค ในสถานะผลึกแห้งจะไม่เกิดปฏิกิริยาแต่ในสารละลายจะเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายกับออกซิเจนในบรรยากาศ และสารออกซิไดซิ่งอื่นๆ ระหว่างการเตรียมควรให้สัมผัสกับอากาศน้อยที่สุด ความสามารถในการละลายที่อุณหภูมิ 25 องศา-เซลเซียส 15 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร | ไม่มีข้อมูล | 685 |

**ที่มา :** นิธิยา (2549) : ปราณี (2550) : ศิวาพร (2535) และ JECFA (2005)

จากการจึงคัดเลือกสารกันหืนทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว นำมาวิจัยในขั้นตอนการเติมสารกันหืน คือ ไม่เติมสารกันหืน (Control) เติมสารกันหืน BHA ร้อยละ 0.02 เติมสารกันหืน BHT ร้อยละ 0.01 และเติมสารกันหืน Sodium erytrobate ร้อยละ 0.06 จากนั้นนำหนังหมูมาผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ จากการตรวจสอบคุณภาพได้ผล ดังนี้

ด้านผลการตรวจสอบคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ไม่มีการเติมสารกันหืนและมีการเติมสารกันหืนทั้ง 3 ชนิด พบว่า ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปอยู่ในช่วงร้อยละ 9.09-9.54 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.30-1.91 ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 ดังตารางที่ 14 และค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในช่วง 3.46-3.63 เท่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 59.54-60.67 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 5.65-5.91 และด้านความกรอบอยู่ในช่วง 21.37-21.65 นิวตัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 15

ด้านผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคบหมู พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยแคบหมูที่ผลิตด้วยการเติมสารกันหืนทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าแคบหมูที่ไม่เติมสารกันหืน โดย

แคบหมูที่มีการเติมสารกันหืน BHT ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.72 ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบ-รวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 16

จากผลการวิจัยแคบหมูที่ผลิตด้วยการเติมสารกันหืนทั้ง 3 ชนิด มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าแคบหมูที่ไม่เติมสารกันหืน โดยสาร BHT มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดด้านกลิ่นหืนสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบราคาสารต่อกิโลกรัม และปริมาณการใช้สาร พบว่า BHT มีราคาและปริมาณการใช้น้อยที่สุด ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตที่น้อยที่สุด อีกทั้งด้วยสมบัติด้านสามารถละลายได้ดีในน้ำมันและไขมัน แต่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ และไม่สลายตัวเมื่อผ่านกระบวนการผลิตโดยเฉพาะกระบวนการอบ ดังนั้นจึงคัดเลือกการเติมสารกันหืน BHT ในการผลิตเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 14** เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนที่แตกต่างกัน

| การเติมสารกันหืน | ความชื้น (ร้อยละ) | |
|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป$^{ns}$ | แคบหมู |
| ไม่เติมสาร (Control) | 9.39+0.08 | 1.36+0.04$^{c}$ |
| BHA | 9.54+0.33 | 1.30+0.02$^{c}$ |
| BHT | 9.09+0.11 | 1.55+0.06$^{b}$ |
| Sodium erytrobate | 9.30+0.17 | 1.91+0.07$^{a}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**ตารางที่ 15** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนที่แตกต่างกัน

| การเติมสารกันหืน | ดัชนีการพองตัว$^{ns}$ (เท่า) | ค่าสี | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส$^{ns}$ (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L*$^{ns}$ | a*$^{ns}$ | b* | |
| ไม่เติมสาร (Control) | 3.59±0.27 | 59.97±1.05 | 5.91±0.19 | 27.52±0.06$^{a}$ | 21.37±1.56 |
| BHA | 3.61±0.35 | 59.54±0.50 | 5.65±0.21 | 27.74±0.47$^{a}$ | 21.60±1.38 |
| BHT | 3.46±0.40 | 60.13±0.48 | 5.66±0.23 | 26.38±0.21$^{b}$ | 21.47±1.48 |
| Sodium erytrobate | 3.63±0.32 | 60.67±0.43 | 5.80±0.15 | 26.42±0.18$^{b}$ | 21.65±1.95 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 16** เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืนที่ต่างกัน

| การเติมสารกันหืน | กลิ่นหืน | ลักษณะปรากฏ$^{ns}$ | ลักษณะการพองตัว$^{ns}$ | สี$^{ns}$ | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)$^{ns}$ | รสชาติ$^{ns}$ | ความชอบรวม$^{ns}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ไม่เติมสาร (Control) | 5.16±1.78$^{b}$ | 7.12±1.02 | 7.24±0.85 | 7.12±0.87 | 7.58±0.67 | 7.34±0.82 | 7.24±0.77 |
| BHA | 5.40±1.94$^{ab}$ | 7.20±0.95 | 7.40±0.78 | 7.28±0.78 | 7.48±0.97 | 7.44±0.86 | 7.36±0.72 |
| BHT | 5.72±1.94$^{a}$ | 7.04±1.16 | 7.06±1.08 | 7.10±1.05 | 7.46±0.93 | 7.38±1.07 | 7.31±1.08 |
| Sodium erytrobate | 5.56±1.83$^{a}$ | 7.18±0.90 | 7.16±0.71 | 7.30±0.86 | 7.48±0.81 | 7.28±0.86 | 7.29±0.86 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**2.2.4 ศึกษาการเติมสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่เหมาะสม**

จากการนำการเติมสารกันหืนที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.3 มาทำการศึกษาการเติมสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่นิยมใช้กันทั่วไปในอาหาร คือ EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid) เนื่องจากเป็นสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมาก นิยมเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารโดยตรง เพื่อช่วยให้อาหารมีคุณภาพคงที่ในอุตสาหกรรมนิยมเติมลงไปในขั้นตอนของการขจัดกลิ่น นิยมใช้ร่วมกับสารกันหืนชนิดต่างๆ ในอาหารประเภทไขมันหรือน้ำมัน ไม่ว่าจะเป็นไขมันหรือน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นส่วนประกอบ (นิรนาม, มปป.ค) ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนดังกล่าว นำมาวิจัยในขั้นตอนการเติมสารเสริมฤทธิ์สารกันหืน คือ ไม่เติมสารกันหืนและสารเสริมฤทธิ์ (Control) เติมสารกันหืน BHT และเติมสารกันหืน BHT ร่วมกับสาร EDTA จากนั้นหนังหมูมาผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ จากการตรวจสอบคุณภาพได้ผล ดังนี้

ด้านผลการตรวจสอบคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมู พบว่า ด้านปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปอยู่ในช่วงร้อยละ 9.41-9.81 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.23-1.49 ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 ดังตารางที่ 17 ส่วนค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในช่วง 3.26-4.43 เท่า ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 57.70-58.45 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 6.61-7.31 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 27.25-27.75 และด้านความกรอบอยู่ในช่วง 21.29-21.65 นิวตัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 18

ด้านผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมู พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยแคบหมูที่มีเติมสารกันหืน BHT ร่วมกับสาร EDTA ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.84 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับแคบหมูที่มีการเติมสารกันหืน BHT ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) รสชาติ และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 19

จากผลการวิจัยจึงคัดเลือกการเติมสารกันหืน BHT นำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนไม่มีความแตกต่างกับการเติมสาร EDTA ในการเสริมฤทธิ์สารกันหืน อีกทั้ง EDTA ยังมีราคาแพง ซึ่งถือเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต อีกทั้งเมื่อพิจารณาค่าดัชนีการพองตัว พบว่าแคบหมูที่เติมสารกันหืน BHT มีค่าดัชนีการพองตัวสูงที่สุด

**ตารางที่ 17** เปรียบเทียบปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืน และสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่แตกต่างกัน

| การเติมสารกันหืน | ความชื้น (ร้อยละ) | |
|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป[ns] | แคบหมู |
| ไม่เติมสาร (Control) | 9.81±0.11 | 1.36±0.05[b] |
| BHT | 9.41±0.25 | 1.23±0.02[c] |
| BHT + EDTA | 9.52±0.34 | 1.49±0.06[a] |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 18** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืน และสารเสริม-ฤทธิ์สารกันหืนที่แตกต่างกัน

| การเติมสารกันหืน | ดัชนีการพองตัว[ns] (เท่า) | ค่าสี | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส[ns] (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | L*[ns] | a*[ns] | b*[ns] | |
| ไม่เติมสาร (Control) | 3.99±0.76 | 57.70±3.42 | 6.79±0.47 | 27.75±0.38 | 21.65±1.54 |
| BHT | 4.43±0.38 | 58.40±1.53 | 6.61±0.27 | 27.25±0.18 | 21.37±1.71 |
| BHT + EDTA | 3.26±0.56 | 58.45±1.15 | 7.31±0.10 | 27.27±0.36 | 21.29±0.69 |

**หมายเหตุ** : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 19** เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคบหมูที่ได้จากการเติมสารกันหืน และสารเสริมฤทธิ์สารกันหืนที่แตกต่างกัน

| การเติมสารกันหืน | กลิ่นหืน | ลักษณะปรากฏ[ns] | ลักษณะการพองตัว[ns] | สี[ns] | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)[ns] | รสชาติ[ns] | ความชอบรวม[ns] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ไม่เติมสาร (Control) | 5.44±1.55[b] | 7.08±0.88 | 7.00±0.88 | 7.28±1.05 | 7.44±0.97 | 6.94±1.13 | 7.10±0.89 |
| BHT | 5.74±1.51[ab] | 7.16±0.96 | 7.10±0.95 | 7.22±0.93 | 7.40±1.07 | 7.02±1.12 | 7.28±0.99 |
| BHT+EDTA | 5.84±1.58[a] | 6.90±1.16 | 6.94±1.17 | 7.20±1.05 | 7.24±1.41 | 7.02±1.24 | 7.22±1.15 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**2.2.5 ศึกษาวิธีการต้มหนังหมูหลังอบแห้งที่เหมาะสม**

จากการนำการเติมสารกันหืนที่คัดเลือกจากข้อ 2.2.4 มาทำการศึกษาการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในสภาวะแตกต่างกัน คือ หนังหมูไม่ผ่านการต้มน้ำมัน (Control) การต้มด้วยน้ำมันปาล์ม การต้มด้วยน้ำมันปาล์มและใส่ใบเตย และการต้มด้วยน้ำมันปาล์มและใส่ใบพลู เพื่อแทนที่น้ำมันหมูที่เหลือในหนังหมูหลังการอบ เนื่องจากน้ำมันหมูมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นไขได้ง่าย เมื่ออยู่ที่อุณหภูมิต่ำ และไขมันสัตว์มีกลิ่นหืนได้ง่าย เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ส่วนน้ำมันพืชมีคุณสมบัติตรงข้ามกับน้ำมันสัตว์ ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายกรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้จะไม่ค่อยเป็นไข แม้จะอยู่ในที่เย็น เช่น แช่ตู้เย็น และน้ำมันพืชมักเกิดกลิ่นหืนน้อยกว่าน้ำมันสัตว์ เนื่องจากในน้ำมันพืชมักมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืนอยู่ด้วย (นิธิยา, 2533) จากการนำหนังหมูหลังอบลดความชื้นมาผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ จากการตรวจสอบคุณภาพได้ผล ดังนี้

ด้านผลการตรวจสอบคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกันทั้ง 4 วิธี พบว่า แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่ไม่ผ่านการต้มน้ำมันมีปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันสูงสุดเท่ากับร้อยละ 10.30 และ 3.50 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับพันธิพา และคณะ (2532) กล่าวว่าการต้มด้วยน้ำมันที่อุณหภูมิต่ำเป็นการลดความชื้นของหนังหมูให้น้อยลง เมื่อหนังหมูที่ต้มหดตัว และมีน้ำมันออกมามากพอสมควรแล้ว น้ำมันก็จะออกมามากจนท่วมหนังหมู ทำให้แคบหมูมีปริมาณความชื้นและไขมันที่น้อยลง ดังนั้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่ไม่ผ่านการต้มน้ำมันจึงมีปริมาณความชื้นและไขมันที่สูงกว่า ส่วนแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 2.01-2.44 ซึ่งมีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 และมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 5.04-8.07 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 20 ส่วนค่าดัชนีการพองตัวอยู่ในช่วง 4.03-4.99 ค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 60.52-61.23 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) อยู่ในช่วง 4.88-5.16 และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วง 22.77-23.02 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่าด้านความกรอบอยู่ในช่วง 19.02-20.85 นิวตัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ดังตารางที่ 21

ด้านผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แคบหมู พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยแคบหมูที่ต้มด้วยน้ำมันปาล์มทั้ง 3 วิธี มีคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าแคบหมูที่ไม่ผ่านการต้มน้ำมันปาล์ม และแคบหมูที่ต้มด้วยน้ำมันปาล์มและใส่ใบเตย ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนและความชอบรวมสูงสุดเท่ากับ 6.90 และ 7.65 ตามลำดับ เนื่องจากใบเตยมีสมบัติช่วยดับกลิ่นหืนที่อยู่ในน้ำมัน (นิรนาม, 2556ข) และจากผลการศึกษาของ Nor *et al.* (2008) พบว่า สารสกัดจากใบเตย

สามารถใช้เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (antioxidatives properties) ช่วยป้องกันการเหม็นหืนของน้ำมันปาล์มได้ เนื่องจากในสารสกัดใบเตยมีสาร polyphenol อยู่ประมาณ 102 mg/g ซึ่งมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืนรองลงมาคือ แคบหมูที่ต้มด้วยน้ำมันปาล์มและใส่ใบพลู และแคบหมูที่ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยเท่ากับ 6.74 และ 6.68 ตามลำดับ ทั้งนี้ใบพลูมีสมบัติที่เป็น antioxidant จากสารจำพวก phenol โดยเฉพาะ hydroxy-chavicol (4-allyl pyrocatechol) Hydroxy-chavicol เป็นสารที่ละลายได้ดีในปริมาณร้อยละ 0.03 ช่วยไม่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำมัน และ Ascorbic acid ที่มีในใบพลูช่วยเสริมฤทธิ์ของสาร phenol (ระวิวรรณ และคณะ, 2555) และในน้ำมันพืชเองยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี ซึ่งช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืนอยู่ด้วย (นิธิยา, 2533) ส่วนคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการพองตัว สีเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และรสชาติ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 22

จากผลการวิจัยจึงคัดเลือกการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นด้วยน้ำมันปาล์มและใส่ใบเตยเพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากได้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน และความชอบรวมสูงที่สุด

**ตารางที่ 20** เปรียบเทียบคุณภาพทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ได้จากการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน

| การต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้น | ความชื้น (ร้อยละ) | | ไขมัน (ร้อยละ) | |
|---|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมู | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมู |
| ไม่ผ่านการต้มน้ำมัน (Control) | $10.30\pm0.21^{a}$ | $2.44\pm0.02^{a}$ | $3.50\pm0.28^{a}$ | $7.81\pm0.12^{a}$ |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม | $6.30\pm0.15^{c}$ | $2.01\pm0.07^{c}$ | $2.08\pm0.19^{b}$ | $8.07\pm0.29^{a}$ |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม+ใบเตย | $6.55\pm0.22^{c}$ | $2.23\pm0.03^{b}$ | $2.55\pm0.37^{b}$ | $6.02\pm0.42^{b}$ |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม+ใบพลู | $7.56\pm0.40^{b}$ | $2.41\pm0.02^{a}$ | $2.24\pm0.23^{b}$ | $5.04\pm0.31^{c}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**ตารางที่ 21** เปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของแคบหมูที่ได้จากการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน

| การต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้น | ดัชนีการพองตัว[ns] (เท่า) | ค่าสี L*[ns] | ค่าสี a*[ns] | ค่าสี b*[ns] | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไม่ผ่านการต้มน้ำมัน (Control) | 4.18±0.71 | 60.52±0.90 | 5.11±0.26 | 22.77±0.84 | 20.85±1.20[a] |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม | 4.99±0.60 | 61.23±1.46 | 4.88±0.11 | 22.85±0.71 | 19.13±0.94[b] |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม+ใบเตย | 4.48±0.37 | 60.86±1.40 | 5.16±0.12 | 23.02±0.54 | 19.02±1.01[b] |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม+ใบพลู | 4.03±0.15 | 61.21±2.19 | 5.00±0.54 | 23.02±0.65 | 19.68±0.77[ab] |

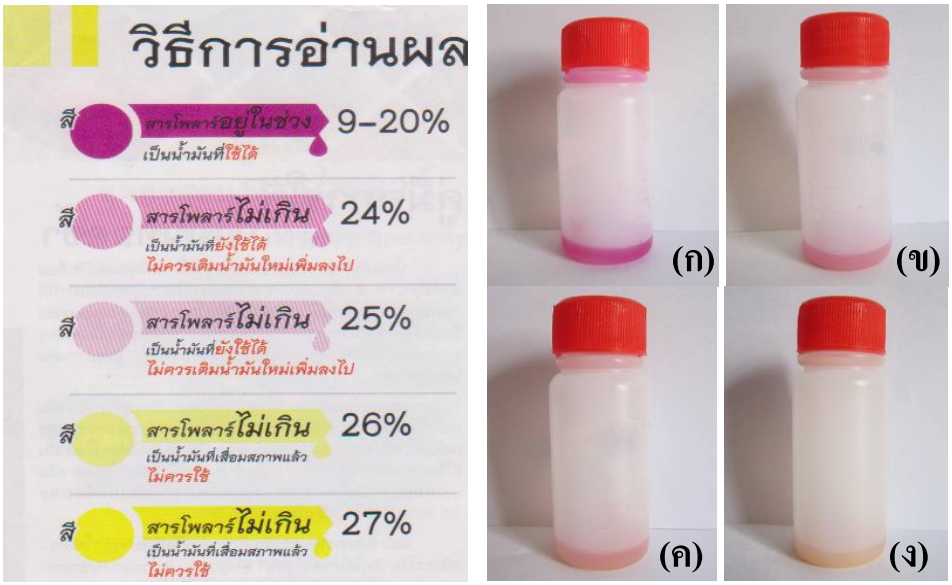
**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 22** เปรียบเทียบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ได้จากการต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้นในหนังหมูที่สภาวะแตกต่างกัน

| การต้มหนังหมูหลังอบลดความชื้น | กลิ่นหืน | ลักษณะปรากฏ[ns] | ลักษณะการพองตัว[ns] | สี[ns] | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ)[ns] | รสชาติ[ns] | ความชอบรวม |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ไม่ผ่านการต้มน้ำมัน (Control) | 5.90±1.79[b] | 7.26±1.10 | 7.36±0.98 | 7.34±0.94 | 7.46±0.89 | 7.32±1.06 | 7.20±1.09[b] |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม | 6.68±1.42[a] | 7.34±0.94 | 7.52±0.86 | 7.30±1.07 | 7.62±0.92 | 7.41±0.94 | 7.44±0.93[ab] |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม+ใบเตย | 6.90±1.13[a] | 7.49±0.66 | 7.39±0.91 | 7.49±0.77 | 7.59±0.65 | 7.38±0.83 | 7.65±0.70[a] |
| ต้มด้วยน้ำมันปาล์ม+ใบพลู | 6.74±1.51[a] | 7.30±0.65 | 7.29±0.90 | 7.34±0.63 | 7.30±0.79 | 7.22±1.09 | 7.32±0.77[b] |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ในขั้นตอนการต้มหนังหมูด้วยน้ำมันปาล์มหลังขั้นตอนการอบลดความชื้น ได้นำน้ำมันปาล์มหลังการต้มมาทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันปาล์มที่ใช้ต้มหนัง เพื่อหาจำนวนครั้งของการใช้น้ำมันปาล์มได้ โดยอ่านผลการทดสอบตามวิธีการอ่านผลของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ดังภาพที่ 7 จากผลการทดสอบ พบว่า สามารถใช้น้ำมันปาล์มในขั้นตอนนี้ที่อุณหภูมิ 100±5 องศาเซลเซียส ได้ 9 ครั้ง โดยครั้งที่ 1-7 พบสารโพลาร์อยู่ในช่วงร้อยละ 9-20 เป็นน้ำมันที่ใช้ได้ ดังภาพที่ 7 (ก) ครั้งที่ 8 พบสารโพลาร์ไม่เกินร้อยละ 24 เป็นน้ำมันที่ยังใช้ได้ ไม่ควรเติมน้ำมันใหม่เพิ่มลงไป ดังภาพที่ 7 (ข) ครั้งที่ 9 พบสารโพลาร์ไม่เกินร้อยละ 25 เป็นน้ำมันที่ยังใช้ได้ ไม่ควรเติมน้ำมันใหม่เพิ่มลงไป ดังภาพที่ 7 (ค) และครั้งที่ 10 พบสารโพลาร์ไม่เกินร้อยละ 26 เป็นน้ำมันที่เสื่อมสภาพแล้วไม่ควรใช้ ดังภาพที่ 7 (ง)




**ภาพที่ 7** ผลการทดสอบตัวอย่างน้ำมันหลังการต้มหนังหมูด้วยชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ
**ที่มา :** กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ คู่มือการใช้ชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ (2556)
**หมายเหตุ** (ก) สารโพลาร์อยู่ในช่วง 9-20 % (ข) สารโพลาร์ไม่เกิน 24 %
(ค) สารโพลาร์ไม่เกิน 25 % (ง) สารโพลาร์ไม่เกิน 26 %

**3. ศึกษากระบวนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบที่เหมาะสม**

**3.1 ศึกษาขั้นตอนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป**

จากการศึกษา 3 ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว คือ ด้านความยาวของเส้นหนังหมู ด้านเวลาการอบหนังหมูด้วยตู้อบลมร้อน และด้านเวลาการต้มหนังหมูในน้ำมันปาล์ม เนื่องจากทั้ง 3 ปัจจัยมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นสุดท้ายของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีผลต่อการอบให้พองตัวด้วยเตาอบ โดยหนังหมูที่มีความยาวแตกต่างกัน ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการอบเพื่อลดความชื้นที่แตกต่างกัน

และใช้ระยะเวลาในการต้มหนังหมูในน้ำมันปาล์มแตกต่างเช่นกัน โดยอิทธิพลหลักทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อปริมาณความชื้น และค่าดัชนีการพองตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 23 พบว่าแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูมีปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวเพิ่มขึ้นตามความยาวของหนังหมูที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากความยาวของเส้นหนังหมูที่แตกต่างกัน มีผลต่อปริมาณความชื้นในแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป โดยความชื้นจะเป็นตัวกำหนดการจับตัวกันของโมเลกุลโปรตีน ถ้าแคบหมูมีความชื้นเหลืออยู่น้อยการจับตัวกันของโปรตีนจะแน่นมากทำให้แคบหมูมีเนื้อแข็ง (Matz, 1970) เมื่อนำมาอบให้พองตัว จะพบว่ามีลักษณะกรอบแข็ง มีสีน้ำตาลเข้ม ทั้งนี้เกิดจากหนังหมูมีการพองตัวน้อย และมีความชื้นเหลืออยู่น้อย แต่ถ้านำหนังหมูที่มีความชื้นพอดี จะพบว่าแคบหมูที่ได้มีลักษณะกรอบนุ่ม และมีสีเหลืองมากขึ้น เกิดจากหนังหมูมีการพองตัวมากขึ้น แต่หากหนังหมูมีความชื้นมากเกินไป เมื่อนำไปอบพองจะไม่พองตัวมากนัก และแคบหมูที่ได้จะมีความชื้นเหลืออยู่มาก เนื้อแคบหมูจึงมีลักษณะเหนียว (พันธิพา และคณะ, 2532) อีกทั้งเส้นหนังหมูที่มีความ-ยาวน้อยกว่า ส่งผลให้มีพื้นที่ในส่วนของหนังหมู ซึ่งเป็นส่วนที่มีคอลลาเจนในหนังหมูกลายเป็นเจลาติน ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สามารถกักความชื้นไว้ภายในของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปจึงน้อยกว่า เมื่อนำหนังหมูไปอบให้พองตัวในเตาอบ ทำให้ไอน้ำที่ถูกกักไว้ในเจลาตินเกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเกิดแรงดันขึ้นภายในดันให้หนังเกิดการพองตัวได้น้อยกว่า โดยไอน้ำเกิดการระเหยออกจากโครงสร้างเร็วเกินไป และหลุดออกจากโครงสร้างของหนังหมูไป ส่งผลให้ไอน้ำที่จะดันโครงสร้างให้พองตัวมีปริมาณไม่พอเพียง จึงส่งผลให้โครงสร้างของแคบหมูที่ได้พองตัวไม่สม่ำเสมอ และพองตัวไม่เต็มที่เท่าที่ควร อีกทั้งหนังหมูที่มีความกว้างมากกว่าจึงมีพื้นที่ในการได้รับความร้อนได้มากกว่า ส่งผลให้เกิดพลังงานความร้อนได้เร็วหรือมากกว่า จึงมีผลให้แคบหมูมีค่าดัชนีการพองตัวมากกว่าด้านเวลาอบลดความชื้น และเวลาต้มในน้ำมันที่นานขึ้นส่งผลให้กึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูมีปริมาณความชื้นมีปริมาณความชื้นลงลด ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยถือเป็นขั้นตอนการลดความชื้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างเกราะขึ้นรอบๆ ชิ้นหนังหมู เพื่อทำให้ผิวหน้าของหนังหมูเกิดความแข็ง ป้องกันไม่ให้น้ำระเหยออกไปได้ง่าย ในขณะที่ทำให้แคบหมูเกิดการพองตัว ช่วยให้ทนต่อแรงดันที่เกิดขึ้นขณะพองตัว ทำให้โครงสร้างของแคบหมูไม่ยุบตัวลงมากในระหว่างการให้พองตัว และมีความกรอบ โดยกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อกำจัดความชื้นที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ จะทำให้น้ำที่มีอยู่ในอาหารโดยเฉพาะน้ำอิสระจะระเหยกลายเป็นไอและถูกกำจัดออกไปในตอนแรก ส่งผลให้มีความชื้นและน้ำหนักลดลง (รุ่งนภา, 2540) โดยความชื้นลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาดังตารางที่ 23 เนื่องจากเมื่อระยะเวลาที่นานขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำในหนังหมูมีการระเหยกลายเป็นไอมากขึ้น และหนังหมูเกิดการหดตัวมากขึ้น จึงทำให้น้ำและไขมันในหนังหมูถูกบีบออกมาจากหนังหมู เป็นผลให้ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันลดต่ำลง เมื่อพิจารณาด้านดัชนีการพองตัว ซึ่งการพองตัวของแคบหมูเกิดจากหนังหมูซึ่งประกอบด้วยโปรตีนคอลลาเจนเป็นส่วนมาก เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนคอลลาเจนจะเกิดการ

เสียสภาพ (Denature) กลายเป็นเจลาติน (Ask the experts : Chemistry, 1999) ได้เป็นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปซึ่งยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ เมื่อนำเข้าอบในเตาอบ เมื่อความร้อนสามารถกระจายตัวได้ดีตลอดทั้งเส้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป ส่งผลให้เกิดไอน้ำ และทำให้เจลาตินของหนังหมูเกิดการหลอมเหลว และสามารถขยายตัวออกไปได้อย่างเพียงพอที่จะทำให้ไอน้ำดันให้เกิดการพองขึ้น ทำให้แคบหมูเกิดการพองตัวนั้น จากทั้ง 3 ปัจจัย พบว่า ที่ความยาวของหนังหมู 4 เซนติเมตร ใช้เวลาอบลดความชื้น 3.5-4.0 ชั่วโมง และใช้เวลาต้มในน้ำมันนาน 1.5-2.5 ชั่วโมง แคบหมูมีค่าดัชนีการพองตัวมากที่สุดโดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**ตารางที่ 23** อิทธิพลหลักที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว (เท่า) |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | |
| ความยาวของหนังหมู (A) | | | |
| 2 cm (a1) | 9.72±1.75$^{b}$ | 1.17±0.63$^{c}$ | 3.05±0.64$^{c}$ |
| 3 cm (a2) | 9.67±1.58$^{b}$ | 1.89±0.68$^{b}$ | 4.35±0.91$^{b}$ |
| 4 cm (a3) | 10.58±1.79$^{a}$ | 3.49±0.78$^{a}$ | 5.42±0.96$^{a}$ |
| เวลาอบลดความชื้น (B) | | | |
| 2.5 h (b1) | 12.33±0.60$^{a}$ | 2.83±1.09$^{a}$ | 3.72±0.99$^{c}$ |
| 3.0 h (b2) | 10.63±0.57$^{b}$ | 2.42±1.18$^{b}$ | 4.13±1.32$^{b}$ |
| 3.5 h (b3) | 8.84±0.82$^{c}$ | 2.02±1.15$^{c}$ | 4.73±1.37$^{a}$ |
| 4.0 h (b4) | 8.15±0.44$^{d}$ | 1.47±0.94$^{d}$ | 4.51±1.24$^{a}$ |
| เวลาต้มในน้ำมัน (C) | | | |
| 1.0 h (c1) | 10.36±1.74$^{a}$ | 2.67±1.38$^{a}$ | 3.89±1.10$^{b}$ |
| 1.5 h (c2) | 10.17±1.77$^{b}$ | 2.34±1.11$^{b}$ | 4.26±1.22$^{a}$ |
| 2.0 h (c3) | 9.83±1.72$^{c}$ | 2.02±1.06$^{c}$ | 4.53±1.18$^{a}$ |
| 2.5 h (c4) | 9.59±1.74$^{d}$ | 1.71±1.02$^{d}$ | 4.41±1.56$^{a}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ด้านอิทธิพลร่วมทั้ง 2 ปัจจัย คือ ความยาวของหนังหมู และเวลาอบลดความชื้นมีผลต่อปริมาณความชื้น และค่าดัชนีการพองตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 24 พบว่าแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมู มีปริมาณความชื้นและดัชนีการพองตัวเพิ่มขึ้นตามความยาวของหนังหมู แต่มีปริมาณความชื้นลดลงตามเวลาอบลดความชื้นที่นานขึ้น เมื่อพิจารณาด้านดัชนีการพองตัว จาก 2 ปัจจัย พบว่าที่ความยาวของหนังหมู 4 เซนติเมตร และใช้เวลาอบลดความชื้น 3.5-4.0 ชั่วโมง แคบหมูมีค่าดัชนีการพองตัวมากที่สุด หากพิจารณาด้านปริมาณความชื้นของแคบหมูที่มีค่าอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) โดยกำหนดปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 2.5 พบว่ามีเพียงแคบหมูที่ผลิตจากความยาวของหนังหมู 4 เซนติเมตร และใช้เวลาอบลดความชื้น 4.0 ชั่วโมง ที่มีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

**ตารางที่ 24** อิทธิพลร่วมระหว่างความยาวของหนังหมู (A) และเวลาอบลดความชื้น (B) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว (เท่า) |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | |
| a1b1 | 12.25±0.33$^{b}$ | 1.67±0.25$^{d}$ | 2.84±0.45$^{gh}$ |
| a1b2 | 10.26±0.46$^{e}$ | 1.67±0.48$^{d}$ | 2.60±0.54$^{h}$ |
| a1b3 | 8.54±0.19$^{g}$ | 0.91±0.45$^{e}$ | 3.24±0.63$^{fg}$ |
| a1b4 | 7.84±0.22$^{h}$ | 0.45±0.15$^{f}$ | 3.51±0.54$^{f}$ |
| a2b1 | 11.78±0.36$^{c}$ | 2.83±0.51$^{c}$ | 3.47±0.49$^{f}$ |
| a2b2 | 10.47±0.43$^{e}$ | 1.67±0.31$^{d}$ | 4.58±0.44$^{de}$ |
| a2b3 | 8.19±0.38$^{g}$ | 1.69±0.25$^{d}$ | 5.21±0.75$^{bc}$ |
| a2b4 | 8.23±0.15$^{g}$ | 1.37±0.43$^{d}$ | 4.15±0.87$^{e}$ |
| a3b1 | 12.98±0.36$^{a}$ | 4.00±0.69$^{a}$ | 4.86±0.59$^{cd}$ |
| a3b2 | 11.16±0.41$^{d}$ | 3.92±0.66$^{a}$ | 5.20±1.01$^{bc}$ |
| a3b3 | 9.78±0.68$^{f}$ | 3.46±0.46$^{b}$ | 5.75±1.11$^{ab}$ |
| a3b4 | 8.39±0.60$^{g}$ | 2.49±0.32$^{c}$ | 5.85±0.81$^{a}$ |

**หมายเหตุ** ความยาวของหนังหมู (A) โดย (a1) 2 cm (a2) 3 cm (a3) 4 cm

เวลาอบลดความชื้น (B) โดย (b1) 2.5 h (b2) 3.0 h (b3) 3.5 h (b4) 4.0 h

ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ด้านอิทธิพลร่วมทั้ง 2 ปัจจัย คือ ความยาวของหนังหมู และเวลาต้มในน้ำมันมีผลต่อปริมาณความชื้นแคบหมูหลังอบให้พองตัว และค่าดัชนีการพองตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 25พบว่าแคบหมูมีปริมาณความชื้นและดัชนีการพองตัวเพิ่มขึ้นตามความยาวของหนังหมู แต่มีปริมาณความชื้นลดลงตามเวลาต้มในน้ำมันที่นานขึ้น เมื่อพิจารณาด้านดัชนีการพองตัวจาก 2 ปัจจัย พบว่าที่ความยาวของหนังหมู 4 เซนติเมตร และใช้เวลาต้มในน้ำมัน 2.0-2.5 ชั่วโมง แคบหมูมีค่าดัชนีการพองตัวมากที่สุด หากพิจารณาด้านปริมาณความชื้นของแคบหมูที่มีค่าอยู่ในมาตรฐานไม่เกินร้อยละ 2.5 พบว่ามีเพียงแคบหมูที่ผลิตจากความยาวของหนังหมู 4 เซนติเมตร และใช้เวลาต้มในน้ำมัน 2.5 ชั่วโมง ที่มีความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

**ตารางที่ 25** อิทธิพลร่วมระหว่างความยาวของหนังหมู (A) และเวลาต้มในน้ำมัน (C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว (เท่า) |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป $^{ns}$ | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | |
| a1c1 | 10.00±1.85 | 1.48±0.67$^{fg}$ | 2.88±0.82$^{e}$ |
| a1c2 | 9.88±1.83 | 1.33±0.61$^{fg}$ | 3.13±0.53$^{e}$ |
| a1c3 | 9.61±1.79 | 1.10±0.62$^{gh}$ | 3.34±0.58$^{e}$ |
| a2c4 | 9.40±1.69 | 0.79±0.46$^{f}$ | 2.85±0.50$^{e}$ |
| a2c1 | 9.97±1.66 | 2.30±0.66$^{d}$ | 4.07±0.97$^{d}$ |
| a2c2 | 9.87±1.66 | 2.09±0.65$^{de}$ | 4.51±0.98$^{cd}$ |
| a2c3 | 9.52±1.56 | 1.77±0.61$^{ef}$ | 4.55±0.77$^{cd}$ |
| a3c4 | 9.30±1.55 | 1.41±0.48$^{fg}$ | 4.28±0.92$^{d}$ |
| a3c1 | 11.10±1.58 | 4.23±0.90$^{a}$ | 4.71±0.60$^{cd}$ |
| a3c2 | 10.77±1.80 | 3.60±0.50$^{b}$ | 5.15±1.07$^{bc}$ |
| a3c3 | 10.36±1.82 | 3.20±0.54$^{bc}$ | 5.69±0.67$^{ab}$ |
| a3c4 | 10.08±2.00 | 2.44±0.45$^{c}$ | 6.11±0.90$^{a}$ |

**หมายเหตุ** ความยาวของหนังหมู (A) โดย (a1) 2 cm (a2) 3 cm (a3) 4 cm

เวลาต้มในน้ำมัน (C) โดย (c1) 1.0 h (c2) 1.5 h (c3) 2.0 h (c4) 2.5 h

ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านอิทธิพลร่วมทั้ง 2 ปัจจัย คือ เวลาอบลดความชื้น และเวลาต้มในน้ำมันมีผลต่อปริมาณความชื้นแคบหมูหลังอบให้พองตัว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณความชื้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและค่าดัชนีการพองตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 26 พบว่าแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูหลังอบให้พองตัว มีปริมาณความชื้นลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณความชื้นของแคบหมูที่มีค่าอยู่ในมาตรฐานไม่เกินร้อยละ 2.5 คือ แคบหมูที่ใช้เวลาอบลดความชื้นตั้งแต่ 3-4 ชั่วโมง และใช้เวลาต้มในน้ำมันตั้งแต่ 1.5-2.5 ชั่วโมง

**ตารางที่ 26** อิทธิพลร่วมระหว่างเวลาอบลดความชื้น (B) และเวลาต้มในน้ำมัน (C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว$^{ns}$ (เท่า) |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป $^{ns}$ | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | |
| b1c1 | 12.62±0.56 | 3.43±1.33$^{a}$ | 3.43±0.97 |
| b1c2 | 12.54±0.50 | 3.02±1.05$^{ab}$ | 3.60±0.87 |
| b1c3 | 12.19±0.64 | 2.63±0.86$^{abc}$ | 3.94±1.03 |
| b1c4 | 11.98±0.57 | 2.25±0.84$^{bcdf}$ | 3.93±1.14 |
| b2c1 | 11.03±0.33 | 3.02±1.49$^{ab}$ | 3.57±1.06 |
| b2c2 | 10.85±0.50 | 2.46±1.00$^{abcd}$ | 3.97±1.06 |
| b2c3 | 10.45±0.45 | 2.30±1.00$^{abcdf}$ | 4.52±1.28 |
| b2c4 | 10.19±0.63 | 1.91±1.09$^{bcdf}$ | 4.45±1.74 |
| b3c1 | 9.27±1.01 | 2.45±1.24$^{abcd}$ | 4.36±1.27 |
| b3c2 | 9.05±0.79 | 2.24±1.07$^{bcdf}$ | 4.72±1.44 |
| b3c3 | 8.58±0.63 | 1.85±1.16$^{bcdf}$ | 4.99±1.00 |
| b3c4 | 8.46±0.66 | 1.54±1.09$^{cdf}$ | 4.86±1.82 |
| b4c1 | 8.51±0.51 | 1.78±1.02$^{cdf}$ | 4.20±0.95 |
| b4c2 | 8.24±0.27 | 1.64±1.04$^{cdf}$ | 4.75±1.20 |
| b4c3 | 8.10±0.31 | 1.31±0.86$^{df}$ | 4.67±1.30 |
| b4c4 | 7.75±0.28 | 1.15±0.86$^{f}$ | 4.41±1.58 |

**หมายเหตุ** เวลาอบลดความชื้น (B) โดย (b1) 2.5 h (b2) 3.0 h (b3) 3.5 h (b4) 4.0 h
เวลาต้มในน้ำมัน (C) โดย (c1) 1.0 h (c2) 1.5 h (c3) 2.0 h (c4) 2.5 h
ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ด้านอิทธิพลร่วมทั้ง 3 ปัจจัย พบว่า มีผลต่อปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูหลังอบให้พองตัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าดัชนีการพองตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 27

จากการศึกษาทั้ง 3 ปัจจัย ได้คัดเลือกแคบหมูที่ผลิตจากหนังหมูความยาว 4 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูมากที่สุด เมื่อนำเวลาอบลดความชื้นและเวลาต้มในน้ำมันมาพิจารณาร่วมด้วย พบว่าแคบหมูที่ใช้เวลาอบลดความชื้นนาน 4 ชั่วโมง และใช้เวลาต้มในน้ำมัน 2-2.5 ชั่วโมง มีค่าดัชนีการพองตัวมากที่สุด และแคบหมูมีปริมาณความชื้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจึงคัดเลือกแคบหมูที่ผลิตจากหนังหมูความยาว 4 เซนติเมตร ใช้เวลาอบลดความชื้นนาน 4 ชั่วโมง และใช้เวลาต้มในน้ำมัน 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 27** อิทธิพลร่วมระหว่างความยาวของหนังหมู (A) เวลาอบลดความชื้น (B) และเวลาต้มในน้ำมัน (C) ที่มีต่อปริมาณความชื้น และดัชนีการพองตัวของแคบหมู

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว $^{ns}$ (เท่า) |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | |
| a1b1c1 | $12.51 \pm 0.26^{cde}$ | $1.94 \pm 0.16^{jk}$ | 2.49±0.33 |
| a1b1c2 | $12.42 \pm 0.19^{def}$ | $1.76 \pm 0.12^{klm}$ | 2.89±0.35 |
| a1b1c3 | $12.20 \pm 0.24^{efg}$ | $1.62 \pm 0.04^{lmn}$ | 3.24±0.55 |
| a1b1c4 | $11.85 \pm 0.21^{gh}$ | $1.36 \pm 0.14^{nop}$ | 2.75±0.38 |
| a1b2c1 | $10.77 \pm 0.11^{jk}$ | $2.06 \pm 0.47^{ij}$ | 2.23±0.27 |
| a1b2c2 | $10.53 \pm 0.06^{jk}$ | $1.84 \pm 0.40^{jkl}$ | 2.72±0.79 |
| a1b2c3 | $9.99 \pm 0.12^{lm}$ | $1.75 \pm 0.11^{klm}$ | 2.90±0.52 |
| a1b2c4 | $9.75 \pm 0.40^{m}$ | $1.03 \pm 0.01^{qr}$ | 2.55±0.49 |
| a1b3c1 | $8.68 \pm 0.28^{o}$ | $1.34 \pm 0.27^{nop}$ | 2.96±0.33 |

**หมายเหตุ** ความยาวของหนังหมู (A) โดย (a1) 2 cm (a2) 3 cm (a3) 4 cm

เวลาอบลดความชื้น (B) โดย (b1) 2.5 h (b2) 3.0 h (b3) 3.5 h (b4) 4.0 h

เวลาต้มในน้ำมัน (C) โดย (c1) 1.0 h (c2) 1.5 h (c3) 2.0 h (c4) 2.5 h

ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 27** (ต่อ)

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว [ns] |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | (เท่า) |
| a1b3c2 | 8.58±0.20$^{o}$ | 1.26±0.25$^{opq}$ | 3.37±0.27 |
| a1b3c3 | 8.51±0.13$^{op}$ | 0.64±0.04$^{st}$ | 3.88±0.69 |
| a1b3c4 | 8.40±0.08$^{opq}$ | 0.40±0.16$^{t}$ | 2.77±0.67 |
| a1b4c1 | 8.05±0.18$^{qr}$ | 0.56±0.10$^{t}$ | 3.85±1.07 |
| a1b4c2 | 7.98±0.12$^{qrs}$ | 0.46±0.09$^{t}$ | 3.53±0.24 |
| a1b4c3 | 7.72±0.13$^{rs}$ | 0.39±0.04$^{t}$ | 3.36±0.31 |
| a1b4c4 | 7.60±0.01$^{s}$ | 0.37±0.26$^{t}$ | 3.31±0.24 |
| a2b1c1 | 12.08±0.16$^{fg}$ | 3.37±0.08$^{de}$ | 3.25±0.55 |
| a2b1c2 | 12.08±0.23$^{fg}$ | 3.14±0.04$^{ef}$ | 3.32±0.69 |
| a2b1c3 | 11.51±0.13$^{hi}$ | 2.70±0.16$^{g}$ | 3.43±0.11 |
| a2b1c4 | 11.45±0.27$^{hi}$ | 2.11±0.03$^{hij}$ | 3.88±0.40 |
| a2b2c1 | 10.92±0.14$^{j}$ | 2.03±0.23$^{ijk}$ | 4.45±0.29 |
| a2b2c2 | 10.65±0.31$^{jk}$ | 1.77±0.18$^{klm}$ | 4.44±0.50 |
| a2b2c3 | 10.39±0.16$^{kl}$ | 1.54±0.20$^{mno}$ | 5.11±0.35 |
| a2b2c4 | 9.89±0.09$^{m}$ | 1.35±0.06$^{nop}$ | 4.31±0.19 |
| a2b3c1 | 8.53±0.09$^{op}$ | 1.94±0.01$^{jk}$ | 4.96±1.34 |
| a2b3c2 | 8.51±0.15$^{op}$ | 1.83±0.08$^{ikl}$ | 5.26±0.31 |
| a2b3c3 | 7.96±0.22$^{qrs}$ | 1.65±0.10$^{lm}$ | 5.16±0.45 |
| a2b3c4 | 7.76±0.09$^{rs}$ | 1.33±0.14$^{nop}$ | 5.48±0.91 |
| a2b4c1 | 8.36±0.14$^{opq}$ | 1.86±0.06$^{jkl}$ | 3.64±0.53 |

**หมายเหตุ** ความยาวของหนังหมู (A) โดย (a1) 2 cm (a2) 3 cm (a3) 4 cm

เวลาอบลดความชื้น (B) โดย (b1) 2.5 h (b2) 3.0 h (b3) 3.5 h (b4) 4.0 h

เวลาต้มในน้ำมัน (C) โดย (c1) 1.0 h (c2) 1.5 h (c3) 2.0 h (c4) 2.5 h

ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางที่ 27** (ต่อ)

| ปัจจัย | ความชื้น (ร้อยละ) | | ดัชนีการพองตัว[ns] |
|---|---|---|---|
| | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป | แคบหมูหลังอบให้พองตัว | (เท่า) |
| a2b4c2 | 8.23±0.15[opq] | 1.61±0.11[lmn] | 5.00±1.07 |
| a2b4c3 | 8.22±0.13[opq] | 1.19±0.20[oq] | 4.51±0.20 |
| a2b4c4 | 8.11±0.12[pqr] | 0.83±0.09[rs] | 3.45±0.51 |
| a3b1c1 | 13.28±0.21[a] | 4.99±0.20[a] | 4.53±0.40 |
| a3b1c2 | 13.13±0.18[ab] | 4.16±0.06[b] | 4.60±0.17 |
| a3b1c3 | 12.85±0.48[bc] | 3.58±0.08[cd] | 5.15±0.79 |
| a3b1c4 | 12.64±0.24[cd] | 3.27±0.06[e] | 5.15±0.79 |
| a3b2c1 | 11.39±0.30[i] | 4.98±0.23[a] | 4.03±0.42 |
| a3b2c2 | 11.36±0.55[i] | 3.76±0.06[c] | 4.75±0.30 |
| a3b2c3 | 10.95±0.28[j] | 3.61±0.05[cd] | 5.55±0.34 |
| a3b2c4 | 10.93±0.40[j] | 3.34±0.04[de] | 6.48±0.46 |
| a3b3c1 | 10.60±0.13[jk] | 4.05±0.15[b] | 5.16±0.25 |
| a3b3c2 | 10.06±0.39[lm] | 3.62±0.05[cd] | 5.54±1.98 |
| a3b3c3 | 9.26±0.50[n] | 3.28±0.03[e] | 5.94±0.35 |
| a3b3c4 | 9.21±0.36[n] | 2.88±0.06[fg] | 6.34±1.24 |
| a3b4c1 | 9.11±0.29[n] | 2.91±0.12[fg] | 5.11±0.52 |
| a3b4c2 | 8.52±0.21[op] | 2.85±0.12[g] | 5.71±0.92 |
| a3b4c3 | 8.37±0.06[opq] | 2.34±0.07[h] | 6.13±0.86 |
| a3b4c4 | 7.55±0.09[s] | 2.25±0.06[hi] | 6.46±0.44 |

**หมายเหตุ** ความยาวของหนังหมู (A) โดย (a1) 2 cm (a2) 3 cm (a3) 4 cm

เวลาอบลดความชื้น (B) โดย (b1) 2.5 h (b2) 3.0 h (b3) 3.5 h (b4) 4.0 h

เวลาต้มในน้ำมัน (C) โดย (c1) 1.0 h (c2) 1.5 h (c3) 2.0 h (c4) 2.5 h

ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**3.2 การทดสอบความเสถียรด้านการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีการอบ**

จากการคัดเลือกลักษณะเส้นแคบหมูและวิธีการผลิตที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบจากข้อ 3.1 จึงนำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปไปทดสอบความเสถียรในการอบด้วยเตาอบที่ได้คัดเลือกในข้อ 1 คือ ตู้อบลมร้อนแบบถาด 2 ขนาด เตาอบแบบแก๊ส หม้ออบลมร้อน และเตาอบไฟฟ้า โดยเตาอบแต่ละชนิดจะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันดังรายละเอียดในตารางที่ 28 พบว่า แคบหมูเกิดการพองตัวได้ในเตาอบชนิดต่างๆ ซึ่งการพองตัวของแคบหมูเกิดจากหนังหมูซึ่งประกอบด้วยโปรตีนคอลลาเจนเป็นจำนวนมาก เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในขั้นตอนการผลิตคอลลาเจนจะเกิดการเสียสภาพกลายเป็นเจลาติน (Ask the experts : Chemistry, 1999) ซึ่งแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปยังคงมีความชื้นเหลืออยู่ เมื่อนำเข้าเตาอบทำให้โมเลกุลของน้ำได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดแรงดันไอน้ำสามารถดันเจลาตินที่หลอมเหลวให้ขยายตัวออกไป ทำให้แคบหมูเกิดการพองตัว (พันธิพา และคณะ, 2532) โดยการอบให้พองตัวด้วยเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้า บางเครื่องที่มีเพียงการควบคุมอุณหภูมิและเวลา อากาศภายในเครื่องไม่มีการหมุนเวียน ส่งผลให้แคบหมูมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 10 (ข) บางส่วนเกิดการไหม้ ดังภาพที่ 11 (ข) ทั้งนี้อาจเพราะอุณหภูมิและเวลาที่ไม่เหมาะสมทำให้เจลาตินยังไม่หลอมละลายพอที่จะทำให้ไอน้ำดันให้เกิดการพองตัว ส่งผลให้แคบหมูเกิดการพองตัวเล็กน้อย และที่อุณหภูมิและเวลามากมีผลทำให้เจลาตินที่หลอมละลายเกิดการไหม้ และไม่สามารถคงรูปได้ แคบหมูที่ได้มีกลิ่นไหม้ ส่วนการอบให้พองตัวด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด หม้ออบ-ลมร้อน และเตาอบไฟฟ้าที่มีพัดลมกระจายความร้อน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ลมพัดอาหารที่มีลักษณะเป็นชิ้น โดยที่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน โดยการทำให้อากาศร้อนไหลผ่านอาหารภายในตู้ หรืออบแล้วพาเอาไอน้ำที่ระเหยออกจากอาหารออกไปอย่างทั่วถึงทุกชิ้น ส่งผลให้การพองตัวของแคบหมูมีความสม่ำเสมอ โดยแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัวด้วยเตาอบชนิดต่างๆ มีคุณภาพ ดังนี้

3.2.1 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดขนาดใหญ่ แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 64.81 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 7.33 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 27.56 ดัชนีการพองตัว 6.07 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 18.10 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.01 ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 100 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 ดังตารางที่ 29 และภาพที่ 8 (ก) เนื่องจากการอบให้พองตัวด้วยตู้อบลมร้อนมีพัดลมกระจายความร้อน การควบคุมอุณหภูมิ และเวลา ทำให้อากาศภายในเครื่องมีการหมุนเวียน ส่งผลให้แคบหมูมีปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน (มผช.101/2546) ไม่เกินร้อยละ 2.5

3.2.2 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดขนาดเล็ก แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 61.81 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 8.36 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 27.62 ดัชนีการพองตัว 5.88 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 18.48 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.12 ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่ง-

สำเร็จรูป 100 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 8 (ก) เนื่องจากการอบให้พองตัวด้วยตู้อบลมร้อนมีพัดลมกระจายความร้อน มีการควบคุมอุณหภูมิ และเวลา ทำให้อากาศภายในเครื่องมีการหมุนเวียน ส่งผลให้แคบหมูมีปริมาณความชื้นตามมาตรฐาน (มผช.101/2546)

3.2.3 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยเตาอบแก๊ส แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 66.94 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 6.13 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 26.17 ดัชนีการพองตัว 6.19 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 17.66 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.76 ดังตารางที่ 29 ซึ่งเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) เนื่องจากการอบให้พองตัวด้วยเตาอบแก๊สมีเพียงการควบคุมอุณหภูมิ และเวลา ทำให้อากาศภายในเครื่องไม่มีการหมุนเวียน จึงส่งผลให้เกิดการระเหยของไอน้ำเป็นไปอย่างช้าๆ แคบหมูจึงมีค่ามีปริมาณความชื้นเหลืออยู่มากกว่ามาตรฐาน แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 100 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 93.56 ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 8 (ข) ดังนั้นแคบหมูสามารถอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบแก๊ส แต่อายุการเก็บอาจสั้นกว่า เนื่องจากแคบหมูมีปริมาณความชื้นสูง แต่ค่าคุณภาพด้านต่างๆ ใกล้เคียงกับแคบหมูตู้อบลมร้อนแบบถาด

3.2.4 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยหม้ออบลมร้อน ขนาดความจุ 12 ลิตร ได้แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 64.08 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 7.46 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 26.48 ดัชนีการพองตัว 5.83 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 17.29 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.15 ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 5 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 รองลงมา คือ 10 15 และ 20 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 93.75 91.99 และ 88.24 ตามลำดับ ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 9 โดยร้อยละของการพองตัวจะลดลงตามปริมาณการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากข้อจำกัดของหม้อในส่วนของแรงพัดลม การกระจายความร้อน และกระแสไฟฟ้า ทำให้ความร้อนกระจายได้ไม่ทั่วถึง หากมีการใส่แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปมากเกินกำลังการให้ความร้อนของเครื่อง ดังนั้นปริมาณแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เหมาะสมสำหรับการอบด้วยหม้ออบลมร้อนนี้ใส่ได้เกิน 10 กรัมต่อครั้ง

3.2.5 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยเตาอบไฟฟ้า ขนาดความจุ 9 ลิตร ได้ทดสอบการอบ แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยการกำหนดการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ได้ผลการทดสอบดังนี้

- ใช้เฉพาะความร้อนด้านบน นาน 2-5 นาที แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 64.19 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 7.43 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 26.68 ดัชนีการพองตัว 5.90 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 18.14 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.66 ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 5 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 71.43 รองลงมา คือ 10 และ 15 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 55.00 และ 53.57 ตามลำดับ ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 10 (ก)

- ใช้เฉพาะความร้อนด้านล่าง นาน 8 นาที แคบหมูมีลักษณะการพองตัวแบบไม่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 10 (ข) ส่งผลให้ค่าดัชนีการพองตัวน้อย และไม่สามารถนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านอื่นได้

ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 5 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 87.50 ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 10 (ข)

- ใช้ความร้อนด้านบน-ล่าง นาน 2-3 นาที แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 63.53 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 8.17 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 27.90 ดัชนีการพองตัว 4.37 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 17.98 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.90 ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 5 10 และ 15 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 20 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 78.13 ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 10 (ก)

โดยแคบหมูที่อบให้พองตัวทั้ง 3 สภาวะ มีปริมาณความชื้นเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน แคบหมู (มผช.101/2546) คือ เกินร้อยละ 2.5 เนื่องจากเตาอบไฟฟ้านี้มีเพียงระบบการควบคุมแหล่งให้ความร้อน และเวลา ไม่มีพัดลมกระจายความร้อน ทำให้อากาศภายในเครื่องไม่มีการหมุนเวียน การกระจายความร้อนไม่เพียงพอ จึงส่งผลให้แคบหมูยังคงมีปริมาณความชื้นสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย ส่วนร้อยละของการพองตัวจะลดลงตามปริมาณการอบที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากมีข้อจำกัดของกระแสไฟฟ้า และไม่มีระบบพัดลมกระจายความร้อน ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป คือ 5-15 กรัม ควรใช้ความร้อนทั้งด้านบน และล่าง เนื่องจากสามารถพองตัวได้ร้อยละ 100

3.2.6 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยเตาอบไฟฟ้า ขนาดความจุ 23 ลิตร ได้ทดสอบการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปด้วยการกำหนดการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน ได้ผลการทดสอบดังนี้

- ใช้เฉพาะความร้อนด้านล่างพร้อมพัดลมกระจายความร้อน นาน 6 นาที แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 20 กรัม หลังการพองตัวไหม้ร้อยละ 77.27 และไม่พองตัวร้อยละ 22.73 ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 11 (ข) ทำให้ไม่สามารถนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านอื่นได้ มีค่าดัชนีการพองตัวเท่ากับ 4.33 เท่า ดังตารางที่ 29

- ใช้เฉพาะความร้อนด้านบนพร้อมพัดลมกระจายความร้อน นาน 4-5 นาที แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 62.76 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 8.67 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 29.02 ดัชนีการพองตัว 5.48 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 18.40 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2.28 ดังตารางที่ 28 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 20 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 รองลงมา คือ 25 30 35 และ 40 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 89.13 85.67 83.60 และ 75.00 ตามลำดับ ดังตารางที่ 29 และภาพที่ 11 (ก)

- ใช้ความร้อนด้านบน-ล่าง พร้อมพัดลมกระจายความร้อน นาน 3-4 นาที แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 65.67 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 6.41 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 26.82 ดัชนีการพองตัว 4.04 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 17.76 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.27 ดังตารางที่ 29 และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 5 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 รองลงมา คือ 10 15 20 และ 25 กรัม สามารถพองตัวได้ร้อยละ 80.91 67.86 65.69 และ 61.36 ตามลำดับ ดังตารางที่ 30 และภาพที่ 11 (ก)

โดยแคบหมูที่ผ่านอบให้พองตัวทั้ง 3 สภาวะ มีร้อยละของการพองตัวลดลงตามปริมาณการอบที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการกระจายความร้อนไม่เพียงพอ และเครื่องมีข้อจำกัดของกระแสไฟฟ้า ทำให้ความร้อนกระจายได้ไม่ทั่วถึง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่มากเกินไปมีผลทำให้การกระจายตัวของความร้อนเป็นไปอย่างช้า ทำให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นไม่สามารถดันเจลาตินที่หลอมเหลวเกิดการพองตัวได้ดีเท่าที่ควร ดังนั้นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป คือ 20-35 กรัม ใช้ความร้อนด้านบน พร้อมพัดลมกระจายความร้อน เนื่องจากสามารถพองตัวได้ร้อยละ 83.60-100

3.2.7 แคบหมูอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟ ขนาดความจุ 20 ลิตร ได้แคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) 68.28 ค่าความเข้มของสีแดง (a*) 5.90 ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 24.55 ดัชนีการพองตัว 3.49 เท่า ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูอบไมโครเวฟ (อรทัย และคณะ, 2555) คือ 3-4 เท่า ด้านความกรอบมีค่า 22.24 นิวตัน และมีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.18 ดังตารางที่ 29 ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน (ร้อยละ 2.5) โดยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 25 กรัม (อรทัย และคณะ, 2555) สามารถพองตัวได้ร้อยละ 100 ดังตารางที่ 30 ภาพที่ 12 ดังนั้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสามารถอบให้พองตัวได้ด้วยเตาไมโครเวฟ แต่อายุการเก็บอาจจะสั้นกว่า เนื่องจากแคบหมูมีความชื้นสูงกว่าเล็กน้อย

จากผลการวิจัยจะพบว่าแคบหมูหลังการอบให้พองตัวบางวิธีการ มีความชื้นสูงกว่าค่ามาตรฐาน (ร้อยละ 2.5) ซึ่งปกติหากผู้บริโภคนำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปไปอบให้พองตัวเพื่อรับประทานก็จะอบในปริมาณที่พอดีในแต่ละครั้งที่ต้องการรับประทาน จักไม่เกิดปัญหาเรื่องอายุการเก็บ หากเป็นระดับธุรกิจเพื่อจำหน่ายอาจต้องนำแคบหมูเข้าอบที่อุณหภูมิต่ำๆ เพื่อช่วยลดความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอีกครั้ง เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของแคบหมูให้นานขึ้น ซึ่งในทางปฏิบัติสภาวะการอบอาจมีการปรับอุณหภูมิ ปริมาณการอบ และการตั้งค่าต่างๆ ตามการใช้งานของเตาอบแต่ละเครื่องอีกครั้ง โดยประสิทธิภาพของเครื่องจะแตกต่างกันตามอายุการใช้งาน หรือตามมาตรฐานของผู้ผลิตเตาอบที่ออกแบบการใช้งานที่แตกต่างกัน

**ตารางที่ 28** ข้อมูลพื้นฐานของเตาอบที่ใช้ในการทดสอบความเสถียรของการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

| เตาอบที่ | ชนิดเตาอบ | ขนาดความจุ | พัดลมกระจายความร้อน | แหล่งความร้อน | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ต่ำสุด | สูงสุด |
| 1 | ตู้อบลมร้อนแบบถาดใหญ่ | 5 ชั้น | มี | ลมร้อนจากขดลวดความร้อนข้างตู้ | 0 | 200 |
| 2 | ตู้อบลมร้อนแบบถาดเล็ก | 6 ชั้น | มี | ลมร้อนจากขดลวดความร้อนข้างตู้ | 0 | 200 |
| 3 | เตาอบแก๊ส | 1 ชั้น | ไม่มี | ความร้อนจากแก๊สด้านล่างเตา | 0 | 300 |
| 4 | หม้ออบลมร้อน | 12 ลิตร | มี | ลมร้อนจากขดลวดความร้อนด้านฝาหม้อ | 100 | 250 |
| 5 | เตาอบไฟฟ้า | 9 ลิตร | ไม่มี | ความร้อนจากขดลวดความร้อนด้านบนและด้านล่างเตา | ไม่ระบุ | ไม่ระบุ |
| 6 | เตาอบไฟฟ้า | 23 ลิตร | มี | ความร้อนจากขดลวดความร้อนด้านบนและด้านล่างเตา | 100 | 250 |
| 7 | เตาไมโครเวฟ | 20 ลิตร | ไม่มี | คลื่นไมโครเวฟ | 300 วัตต์ | 800 วัตต์ |

**ตารางที่ 29** คุณภาพของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบต่างชนิดกัน

| เตาอบที่ | อุณหภูมิในการอบ (องศาเซลเซียส) | เวลาอบ (นาที) | ดัชนีการพองตัว (เท่า) | ความชื้น (ร้อยละ) | ค่าสี | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | L* | a* | b* | |
| 1 | 190 | 4-5 | 6.07±0.52$^{a}$ | 2.01±0.11$^{f}$ | 64.81±0.35$^{cd}$ | 7.33±0.18$^{c}$ | 27.56±0.56$^{bcd}$ | 18.10±1.47$^{b}$ |
| 2 | 190 | 4-5 | 5.88±0.18$^{a}$ | 2.12±0.09$^{ef}$ | 61.81±1.61$^{f}$ | 8.36±0.45$^{ab}$ | 27.62±0.36$^{bc}$ | 18.48±2.22$^{b}$ |
| 3 | 250 | 4-5 | 6.19±0.27$^{a}$ | 5.76±0.15$^{a}$ | 66.94±0.72$^{ab}$ | 6.13±0.15$^{de}$ | 26.17±0.47$^{e}$ | 17.66±2.10$^{b}$ |
| 4 | 250 | 2-5 | 5.83±0.40$^{a}$ | 2.15±0.02$^{ef}$ | 64.08±0.82$^{cde}$ | 7.46±0.32$^{c}$ | 26.48±0.50$^{e}$ | 17.29±1.35$^{b}$ |
| 5 | ไม่ระบุอุณหภูมิ ใช้ความร้อนบน | 2-3 | 5.90±0.14$^{a}$ | 3.66±0.08$^{b}$ | 64.19±1.17$^{cde}$ | 7.43±0.51$^{c}$ | 26.68±0.76$^{de}$ | 18.14±1.17$^{b}$ |
| | ไม่ระบุอุณหภูมิ ใช้ความร้อนล่าง | 8 | 3.57±0.45$^{bc}$ | x | x | x | x | x |
| | ไม่ระบุอุณหภูมิ ใช้ความร้อนบนและล่าง | 2-3 | 4.37±0.52$^{b}$ | 2.90±0.10$^{d}$ | 63.53±0.40$^{def}$ | 8.17±0.24$^{b}$ | 27.90±0.60$^{b}$ | 17.98±1.41$^{b}$ |
| 6 | 200 ใช้ความร้อนล่างและพัดลม | 6 | 4.33±0.04$^{b}$ | x | x | x | x | x |
| | 200 ใช้ความร้อนบนและพัดลม | 4-5 | 5.48±0.04$^{a}$ | 2.28±0.09$^{e}$ | 62.76±0.26$^{ef}$ | 8.67±0.36$^{a}$ | 29.02±0.81$^{a}$ | 18.40±2.10$^{b}$ |
| | 200 ใช้ความร้อนบน-ล่างและพัดลม | 3-4 | 4.04±0.05$^{bc}$ | 3.27±0.06$^{c}$ | 65.67±0.69$^{bc}$ | 6.41±0.09$^{d}$ | 26.82±0.54$^{cde}$ | 17.76±2.44$^{b}$ |
| 7 | 800 วัตต์ | 3-4 | 3.49±0.55$^{c}$ | 3.18±0.14$^{c}$ | 68.28±2.45$^{a}$ | 5.90±0.32$^{e}$ | 24.55±0.51$^{f}$ | 22.24±2.40$^{a}$ |

**หมายเหตุ** x หมายถึง แคบหมูหลังอบมีลักษณะการพองตัวไม่สม่ำเสมอ หรือมีลักษณะไหม้ จึงไม่สามารถตรวจสอบคุณภาพได้

ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 30** การพองตัวของแคบหมูในเตาอบและปริมาณการอบแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่แตกต่างกัน

| เตาอบที่ | สภาวะการอบ | ปริมาณการอบ (กรัม) | การพองตัว (ร้อยละ) | ไม่พองตัว (ร้อยละ) | ไหม้ (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 190 องศาเซลเซียส นาน 4-5 นาที | 100 | 100.00±0.00 | - | - |
| 2 | 190 องศาเซลเซียส นาน 4-5 นาที | 100 | 100.00±0.00 | - | - |
| 3 | 250 องศาเซลเซียส นาน 4-5 นาที | 100 | 93.56±0.44 | 0.58±0.41 | 5.85±0.85 |
| 4 | 250 องศาเซลเซียส นาน 2-5 นาที | 5 | 100.00±0.00 | - | - |
| | | 10 | 93.75±4.42 | 6.25±4.42 | - |
| | | 15 | 91.99±0.23 | 8.01±0.23 | - |
| | | 20 | 88.24±0.00 | 11.76±0.00 | - |
| 5 | ความร้อนบน นาน 2-3 นาที | 5 | 71.43±0.00 | 7.14±5.05 | 21.43±5.05 |
| | | 10 | 55.00±3.54 | 20.00±7.07 | 25.00±3.54 |
| | | 15 | 53.57±2.53 | 28.57±0.00 | 17.86±2.53 |
| | ความร้อนล่าง นาน 8 นาที | 5 | 87.50±8.84 | 12.50±8.84 | - |
| | ความร้อนบน-ล่าง 2-3 นาที | 5 | 100.00±0.00 | - | - |
| | | 10 | 100.00±0.00 | - | - |
| | | 15 | 100.00±0.00 | - | - |
| | | 20 | 78.13±2.21 | 12.50±0.00 | 9.38±2.21 |
| 6 | 200 องศาเซลเซียส ความร้อนล่าง-พัดลม 6 นาที | 20 | - | 22.73±2.60 | 77.27±2.60 |
| | 200 องศาเซลเซียส ความร้อนบน-พัดลม 4-5 นาที | 20 | 100.00±0.00 | - | - |
| | | 25 | 89.13±1.50 | 8.70±0.00 | 2.17±1.54 |
| | | 30 | 85.67±1.65 | 8.17±0.12 | 6.17±1.53 |
| | | 35 | 83.60±0.19 | 11.51±1.29 | 4.89±1.10 |
| | | 40 | 75.00±1.04 | 13.24±1.04 | 11.76±0.00 |

**ตารางที่ 30** (ต่อ)

| เตาอบที่ | สภาวะการอบ | ปริมาณการอบ (กรัม) | การพองตัว (ร้อยละ) | ไม่พองตัว (ร้อยละ) | ไหม้ (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 200 องศาเซลเซียส | 5 | 100.00±0.00 | - | - |
| | ความร้อนบน-ล่าง | 10 | 80.91±0.64 | - | 19.09±0.64 |
| | -พัดลม นาน 3-4 นาที | 15 | 67.86±2.53 | - | 32.14±2.53 |
| | | 20 | 65.69±0.69 | 8.50±1.85 | 25.82±2.54 |
| | | 25 | 61.36±1.61 | 20.45±1.61 | 18.18±0.00 |
| 7 | 800 วัตต์ นาน 3-4 นาที | 25 | 100.00±0.00 | - | - |

**(ก)** **(ข)**

**ภาพที่ 8** ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด (ก) และเตาอบแบบใช้แก๊ส (ข)

**ภาพที่ 9** ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังอบด้วยหม้ออบลมร้อน

(ก) ลักษณะแคบหมูที่พองตัวเต็มที่ และสม่ำเสมอ

(ข) ลักษณะแคบหมูที่พองแบบด้านๆ ไม่สม่ำเสมอ

**ภาพที่ 10** ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 9 ลิตร

(ก)ลักษณะแคบหมูที่พองตัวเต็มที่ และสม่ำเสมอ

(ข)ลักษณะแคบหมูที่ไหม้หลังอบให้พองตัว

**ภาพที่ 11** ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาอบไฟฟ้าขนาดความจุ 23 ลิตร

**ภาพที่ 12** ลักษณะปรากฏของแคบหมูหลังการอบให้พองตัวด้วยเตาไมโครเวฟ

**3.3 ศึกษาองค์ประกอบเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูหลังการอบให้พองตัว**

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูหลังการอบให้พองตัว พบว่า แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 7.48 75.59 2.58 9.44 0.13 และ 4.78 ตามลำดับ สำหรับแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัว มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 2.11 80.98 9.28 2.48 0.18 และ 4.97 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาไมโครเวฟ และแคบหมูหลังอบด้วยเตาไมโครเวฟของอรทัย และคณะ (2549) ดังตารางที่ 31 หากพิจารณาด้านปริมาณไขมันของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป และแคบหมูที่ผ่านการอบจากการวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากขั้นตอนการอบเพื่อลดความชื้น และการต้มในน้ำมันที่นานมากกว่า ส่งผลให้หนังหมูเกิดการหดตัว ไขมันในหนังหมูถูกบีบออกมาจากโครงสร้างหนังหมูได้มากกว่า สอดคล้องกับวิไล (2545) กล่าวว่า เนื้อเมื่อได้รับความร้อน ไขมันในเนื้อจะละลายและกระจายอยู่ในสภาพน้ำมันในอาหาร หรือไหลออกมาเป็นส่วนประกอบของอาหารที่เรียกว่าน้ำไหลซึมหรือดริบ (Drip) คอลลาเจนจะละลายใต้ผิวหน้าและกลายเป็นเจลาติน โปรตีนเกิดการเสียสภาพ สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ เกิดการหดตัว ไขมันส่วนเกินและน้ำจึงถูกกำจัดออกไป ทำให้อาหารหดตัวและแข็งขึ้น และสอดคล้องกับผลวิจัยของพันธิพา และคณะ (2532) พบว่าขั้นตอนการนำหนังหมูมาต้มในน้ำมันเป็นการลดความชื้นของหนังหมูให้น้อยลง หนังหมูที่ต้มเกิดการหดตัว ส่งผลให้ไขมันในหนังหมูถูกบีบออกมา

**ตารางที่ 31** องค์ประกอบทางเคมีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปกับแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัว

| องค์ประกอบ | แคบหมู กึ่งสำเร็จรูป จากการวิจัย | แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป (อรทัย และคณะ, 2549) | แคบหมูอบ จากการวิจัย | แคบหมูไมโครเวฟ (อรทัย และคณะ, 2549) |
|---|---|---|---|---|
| ความชื้น (ร้อยละ) | 7.48±0.09 | 9.54 | 2.11±0.03 | 2.18 |
| โปรตีน (ร้อยละ) | 75.59±0.93 | 63.68 | 80.98±2.14 | 73.80 |
| ไขมัน (ร้อยละ) | 2.58±0.64 | 8.62 | 6.28±0.86 | 11.30 |
| คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) | 9.44±0.34 | 13.14 | 5.48±0.64 | 5.80 |
| เส้นใย (ร้อยละ) | 0.13±0.02 | 0.65 | 0.18±0.03 | 0.78 |
| เถ้า (ร้อยละ) | 4.78±0.13 | 4.37 | 4.97±0.34 | 5.26 |
| พลังงาน (Kcal/100g) | 363.34 | 384.86 | 402.36 | 420.10 |

จากการเปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัวด้วยเตาอบกับแคบหมูที่ผ่านการทอดที่มีจำหน่ายทั่วไปจำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่าแคบหมูมีค่าคุณภาพด้านปริมาณไขมันแตกต่างกัน เนื่องจากขั้นตอนการทำให้แคบหมูพองตัวที่แตกกัน โดยแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันจะมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 33.24-45.66 (อรทัย และคณะ, 2548) และร้อยละ 22.58-34.96 (อรทัย และคณะ, 2549) ซึ่งมากกว่าแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัวมีปริมาณไขมันร้อยละ 6.28 ดังตารางที่ 32 ทั้งนี้อาหารที่ผ่านการทอดที่มีลักษณะเป็นรูพรุน น้ำและไอน้ำจะเคลื่อนที่ออกมาก่อน และจะถูกแทนที่ด้วยน้ำมันระหว่างการทอด (วิไล, 2545 ; นิธิยา และไพโรจน์, 2547) ด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูที่ผ่านการอบเท่ากับ 17.81 นิวตัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของแคบหมูที่ผ่านการทอด คือ 16.31-21.77 นิวตัน ดังตารางที่ 32 โดยค่าความสว่างของสี (L*) ของแคบหมูที่ผ่านการอบเท่ากับ 66.94 ซึ่งสูงกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดมีค่าอยู่ในช่วง 40.45-49.29 ดังตารางที่ 32 แสดงให้เห็นว่าแคบหมูที่ผ่านการอบมีสีซีดกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอด การที่แคบหมูที่ผ่านการทอดมีสีเข้มกว่า อาจเกิดจากการเกิดสีน้ำตาลจากไขมัน (Lipid browning) ซึ่งจัดเป็นการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช้เอนไซม์ โดยมักเกิดกับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดแบบน้ำมันท่วม โดยกลไกการเกิดมาจากการเกิดพอลิเมอไรเซชันหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดออกซิเดชั่นของหมู่คาร์บอนิลลิก (Carbonylic oxidation) ที่อยู่ในไขมันไม่อิ่มตัวกับหมู่อะมิโน (ยุทธนา, 2553) ส่วนค่าความเข้มของสีแดง (a*) 4.50 และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) 20.01 มีค่าอยู่ในช่วงของแคบหมูที่ผ่านการทอด คือ 0.49-4.90 และ 17.87-25.34 ตามลำดับ ดังตารางที่ 32

**ตารางที่ 32** เปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผ่านการอบกับแคบหมูที่ผ่านการทอดที่มีจำหน่ายทั่วไป

| แคบหมู | ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) | ค่าสี | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | L* | a* | b* |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 1 | 37.66 | 18.05 | 40.45 | 3.55 | 17.87 |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 2 | 43.92 | 20.57 | 49.29 | 0.49 | 21.41 |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 3 | 33.24 | 16.31 | 47.78 | 3.73 | 21.70 |
| แคบหมูตัวอย่างที่ 4 | 45.66 | 21.77 | 48.53 | 4.90 | 25.34 |
| แคบหมูจากงานวิจัย | 6.28 | 17.81 | 66.94 | 4.50 | 20.01 |

**หมายเหตุ** ข้อมูลคุณภาพแคบหมูตัวอย่างที่ 1-4 ได้จากรายงานของอรทัย และคณะ (2548)

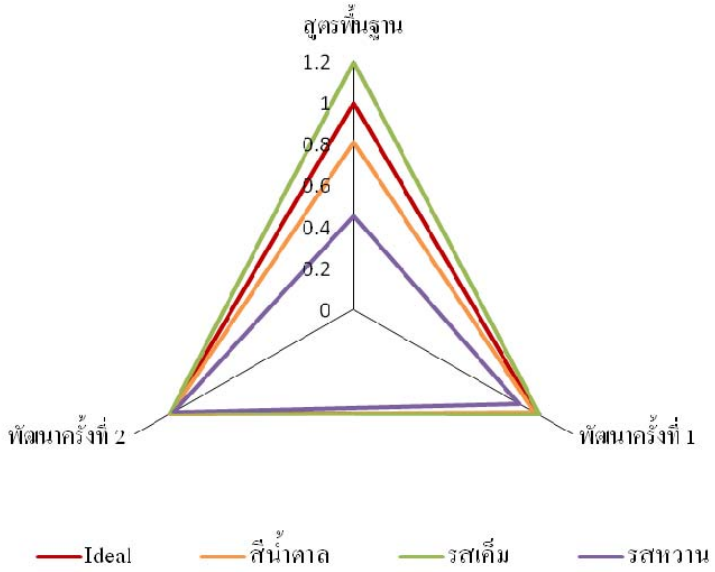
**4. พัฒนาสูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติของแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบ**

การพัฒนาคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์แคบหมู โดยนำแคบหมูที่ผ่านการพัฒนากระบวนการผลิตที่เหมาะสมจากข้อ 3 มาพัฒนาคุณภาพด้านสี เนื่องจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากขั้นตอนวิจัยก่อนหน้า มีผู้ทดสอบชิมได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับปรุงสีของแคบหมูให้มีสีเข้มขึ้น เนื่องจากสีของแคบหมูมีสีซีดกว่าแคบหมูที่มีจำหน่ายทั่วไปดังค่าความสว่างของสี (L*) ในตารางที่ 32 และการพัฒนาด้านรสชาติจะพัฒนาด้านรสเค็ม และรสหวาน โดยทำการประเมินคุณภาพแบบ Ratio Profile Test โดยการพัฒนาคุณภาพทีละครั้งจนกว่าจะได้สูตรที่มีลักษณะปัจจัยต่างๆใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ (Ideal) ของผู้ทดสอบ และค่าอุดมคติมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 1 หรืออยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมู เริ่มจากการประเมินแคบหมูสูตรพื้นฐาน ดังตารางที่ 33 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยของค่าอุดมคติ (Mean ideal score) คุณลักษณะด้านสีน้ำตาล 0.81 รสเค็ม 1.20 และรสหวาน 0.45 ดังตารางที่ 34 และภาพที่ 13 พบว่า คุณลักษณะด้านสีน้ำตาล และรสหวานมีค่าน้อยกว่าค่าอุดมคติเท่ากับ 1 โดยแคบหมูมีสีน้ำตาล และมีรสหวานน้อยเกินไป ส่วนรสเค็มมีค่ามากกว่าค่าอุดมคติ โดยแคบหมูมีรสเค็มมากเกินไป ดังนั้นการพัฒนาครั้งที่ 1 จึงทำการปรับส่วนผสมจากสูตรพื้นฐานคือ ลดปริมาณเกลือลงร้อยละ 16.67 จากสูตรพื้นฐาน เพิ่มปริมาณผงปรุงรสอีกร้อยละ 42.86 จากสูตรพื้นฐาน และเพิ่มสีน้ำตาลของแคบหมูโดยการเติมซีอิ้วขาวลงไปในสูตรพื้นฐาน ดังตารางที่ 33 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล 0.99 รสเค็ม 1.02 และรสหวาน 0.91 ดังตารางที่ 34 และภาพที่ 13 โดยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล และรส-หวานมีค่าเพิ่มขึ้นจากสูตรพื้นฐาน แต่ยังมีค่าน้อยกว่าค่าอุดมคติเล็กน้อย ส่วนรสเค็มมีค่ามากกว่าค่าอุดมคติเล็กน้อย ดังนั้นการพัฒนาครั้งที่ 2 จึงทำการปรับส่วนผสมจากการพัฒนาครั้งที่ 1 โดยเพิ่ม

ปริมาณผงปรุงรสอีกร้อยละ 20 เพียงอย่างเดียว ดังตารางที่ 33 ซึ่งผงปรุงรสนั้นมีส่วนประกอบของน้ำตาล และผงชูรส มีผลให้แคบหมูมีรสหวานมากขึ้น ส่งผลให้รสเค็มลดลง เนื่องจากถ้าเติมน้ำตาลลงไปในอาหารจะทำให้กลบรสเค็ม (Lucifer, 2556) และน้ำตาลสามารถเพิ่มสีของแคบหมูให้เข้มขึ้นได้ เนื่องจากแคบหมูที่มีความชื้นเหลืออยู่น้อยเมื่อนำไปอบให้พองตัวจะสูญเสียความชื้นไปส่วนหนึ่งในสภาพเช่นนี้ แคบหมูจะมีความชื้นเหลืออยู่น้อยมากทำให้ปฏิกิริยาสีน้ำตาลเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับน้ำตาลที่มีอยู่ในหนังหมูร้อยละ 1 จะทำให้แคบหมูที่ได้มีสีเหลืองเข้มหรือสีน้ำตาล (Idson and Braswall, 1957)

จากการพัฒนาครั้งที่ 2 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านสีน้ำตาล 1.01 รสเค็ม 1.01 และรสหวาน 0.99 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอุดมคติเท่ากับ 1±0.01 ดังตารางที่ 34 และภาพที่ 13-14 คุณลักษณะด้านสีน้ำตาล รสเค็ม และรสหวานของแคบหมูจึงมีค่าอยู่ในเกณฑ์กับค่าในอุดมคติถือเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ




**ภาพที่ 13** กราฟใยแมงมุมแสดงผลทางประสารทสัมผัสของแคบหมูที่ผ่านการพัฒนาในแต่ละครั้งเปรียบเทียบกับค่าอุดมคติ (Ideal)

**ภาพที่ 14** ลักษณะปรากฏของแคบหมูที่ผ่านการพัฒนาแบบ Ratio Profile Test

**ตารางที่ 33** สูตรส่วนผสมแคบหมูที่ทำการพัฒนาแบบ Ratio Profile Test

| ส่วนผสม (กรัม) | สูตรพื้นฐาน | พัฒนาครั้งที่ 1 | พัฒนาครั้งที่ 2 |
|---|---|---|---|
| หนังหมู | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| พริกไทย | 0.15 | 0.15 | 0.15 |
| เกลือป่น | 1.20 | 1.00 | 1.00 |
| ผงปรุงรส | 0.70 | 1.00 | 1.20 |
| ซีอิ้วขาว | - | 1.00 | 1.00 |

**ตารางที่ 34** ผลทางประสาทสัมผัสของแคบหมูที่ผ่านการพัฒนาแบบ Ratio Profile Test

| คุณลักษณะ | สูตรพื้นฐาน | พัฒนาครั้งที่ 1 | พัฒนาครั้งที่ 2 |
|---|---|---|---|
| สีน้ำตาล | 0.81±0.30 | 0.99±0.12 | 1.01±0.11 |
| รสเค็ม | 1.20±0.62 | 1.02±0.15 | 1.01±0.10 |
| รสหวาน | 0.45±0.29 | 0.91±0.22 | 0.99±0.22 |

**5. ศึกษาต้นทุนในการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ**

จากการใช้ข้อมูลของกระทรวงอุตสาหกรรม รวบรวมโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย ซึ่งแบ่งสัดส่วนต้นทุน คือจากต้นทุนทั้งหมด 100 ส่วน คิดเป็นค่าวัตถุดิบร้อยละ 68.6 ค่าแรงงานร้อยละ 5.6 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานร้อยละ 12.1 ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรร้อยละ 4.5 และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 9.2 ในการคำนวณต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ พบว่า แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปมีต้นทุนการผลิต 499.03 หรือประมาณ 500 บาทต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 35 จากการสำรวจตลาด พบว่าแคบหมูที่จำหน่ายทั่วไปมีราคาอยู่ในช่วง 300–1,429 บาทต่อกิโลกรัม และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับทอดในน้ำมันมีราคาอยู่ในช่วง 250–600 บาทต่อกิโลกรัม และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับการอบให้พองตัวที่มีจำหน่ายปัจจุบันมีราคา 1,400 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปจากการวิจัยมีต้นทุนการผลิต 500 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปจากการวิจัยมีต้นทุนการผลิตอยู่ในช่วงราคาของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูที่จำหน่ายทั่วไปในปัจจุบัน แสดงให้เห็นว่าแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถแข่งขันทางการตลาดกับแคบหมูที่มีจำหน่ายปัจจุบัน ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคในการบริโภคผลิตภัณฑ์แคบหมูที่มีไขมันน้อยกว่า และมีราคาไม่แตกต่างกับแคบหมูที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

**ตารางที่ 35** ต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ

| วัตถุดิบ | จำนวนที่ใช้ (กรัม) | ราคาต่อกิโลกรัม (บาท) | จำนวนเงิน (บาท) |
|---|---|---|---|
| 1. หนังหมู | 1,000.00 | 64.00 | 64.00 |
| 2. น้ำส้มสายชู | 150.00 | 34.29 | 5.14 |
| 3. เกลือป่น | 160.00 | 15.00 | 2.40 |
| 4. พริกไทย | 1.50 | 100.00 | 0.15 |
| 5. ผงปรุงรส | 12.00 | 175.00 | 2.10 |
| 6. ซีอิ้วขาว | 10.00 | 58.33 | 0.58 |
| 7. สารกันหืน BHT | 0.10 | 450.00 | 0.05 |
| 8. น้ำมันปาล์ม | 1,000.00 | 45.00 | 45.00 |
| 9. ใบเตย | 20.00 | 20.00 | 0.40 |
| ต้นทุนวัตถุดิบต่อแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปน้ำหนัก 350 กรัม | | | 119.82 |
| ค่าแรงงานร้อยละ 5.6 | | | 9.78 |
| ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานร้อยละ 12.1 | | | 21.13 |
| ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรร้อยละ 4.5 | | | 7.86 |
| ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 9.2 | | | 15.99 |
| แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 350 กรัม คิดเป็นเงิน | | | 174.66 |
| แคบหมูกึ่งสำเร็จรูป 1,000 กรัม คิดเป็นเงิน | | | 499.03~500 |

ค่าวัตถุดิบ = 119.82 บาท

ค่าแรงงาน = (ต้นทุนวัตถุดิบ x 0.056) / 0.686

= (119.24 x 0.056) / 0.686

= 9.78 บาท

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน = (ต้นทุนวัตถุดิบ x 0.121) / 0.686

= (119.82 x 0.121) / 0.686

= 21.13 บาท

ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร = (ต้นทุนวัตถุดิบ x 0.045) / 0.686

= (119.82 x 0.045) / 0.686

= 7.86 บาท

ค่าใช้จ่ายอื่นๆ = (ต้นทุนวัตถุดิบ x 0.092) / 0.686

= (119.82 x 0.092) / 0.686

= 16.07 บาท

ต้นทุนผลิตภัณฑ์ = ค่าวัตถุดิบ + ค่าแรงงาน + ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน + ค่าเสื่อมราคา + เครื่องจักร + ค่าใช้จ่ายอื่นๆ

= 119.82 + 9.78 + 21.13 + 7.86 + 16.07

= 174.66 บาท

**6. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูอบพร้อมรับประทาน**

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอายุการเก็บรักษา โดยการเตรียมแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปขนาดบรรจุ 50±0.5 กรัม และแคบหมูอบพร้อมรับประทานขนาดบรรจุ 30±0.5 กรัม มาบรรจุลงในถุงพลาสติกไนลอน ในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา(Control) และแบบสุญญากาศ ดังภาพที่ 15 และ 16 ตามลำดับ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (25±10 องศาเซลเซียส) และสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส นาน 120 วัน (4 เดือน)

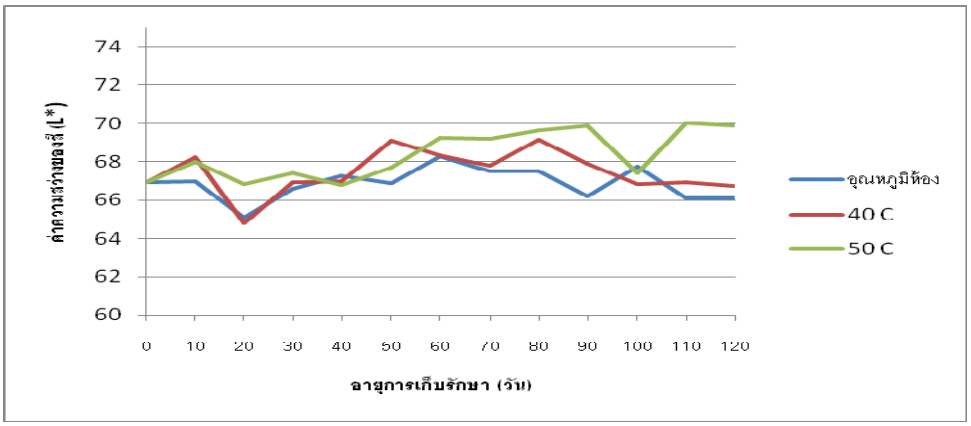
**ภาพที่ 15** แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา (ก) และแบบสุญญากาศ (ข)

**ภาพที่ 16** แคบหมูอบพร้อมรับประทานบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา (ก) และแบบสุญญากาศ (ข)

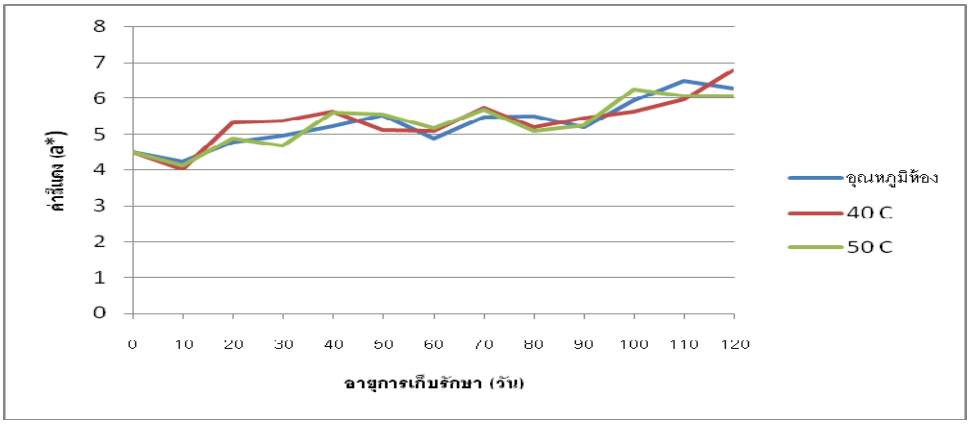
6.1 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าแคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) ค่อนข้างคงที่ โดยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดามีค่าอยู่ในช่วง 64.80-70.04 ดังภาพที่ 17 แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ มีค่าอยู่ในช่วง 66.30-72.79 ดังภาพที่ 20 ส่วนค่าความเข้มของสีแดง (a*) มีแนวโน้มที่มากขึ้น โดยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดามีค่าอยู่ในช่วง 4.03-6.78 ดังภาพที่ 18 แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 3.86-7.47 ดังภาพที่ 21 และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มที่มากขึ้นเช่นเดียวกับค่า a* โดยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดามีค่าอยู่ในช่วง 20.01-29.35 ดังภาพที่ 19 แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศมีค่าอยู่ในช่วง 20.01-29.91 ดังภาพที่ 22 ซึ่งการเก็บอาหารที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียสนี้ หากเก็บอาหารไว้นานๆ อาจมีผลให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโนโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้แคบหมูมีสีเข้มขึ้น มีสีค่อนไปทางสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Liu *et al*., 2005) ด้านค่าดัชนีการพองตัวค่อนข้างคงที่ทุกสภาวะตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 25 และ 29 ส่วนด้านความกรอบของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่เก็บอุณหภูมิห้อง และ 40 องศาเซลเซียส ค่อนข้างคงที่ ส่วนแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเก็บที่ 50 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลง ดังภาพที่ 26 และ 30 โดยค่าความกรอบของแคบหมูที่ลดลงจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับการพองตัวที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแคบหมูเมื่อมีการพองตัวมาก ฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดใหญ่ เนื้อสัมผัสกรอบจะใช้แรงกดน้อย ในทางตรงกันข้ามหากแคบหมูมีการพองตัวน้อย ฟองอากาศภายในแคบหมูจะมีขนาดเล็ก เนื้อสัมผัสจะค่อนข้างกรอบ และแข็งจะใช้แรงกดมาก (อรทัย และคณะ, 2549) ด้านปริมาณความชื้น พบว่าแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เก็บ

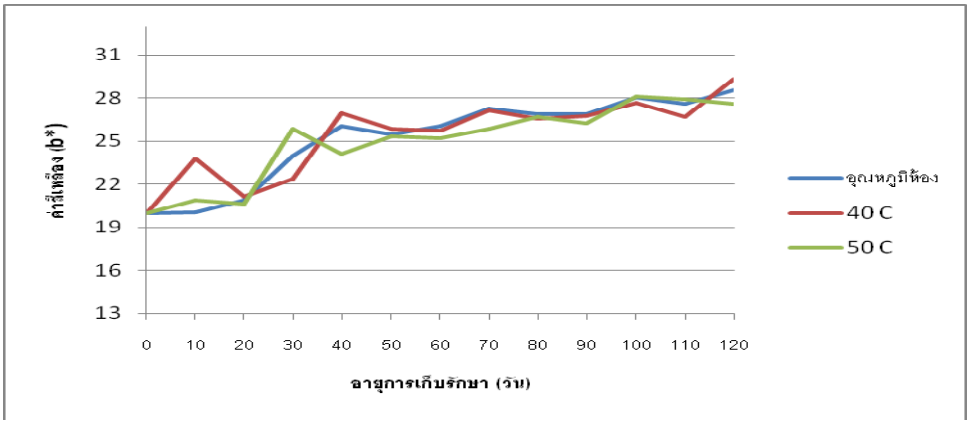
อุณหภูมิห้อง มีปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่ ส่วนแคบหมูเก็บที่ 40และ 50 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลง โดยความชื้นของแคบหมูเก็บที่ 50 องศาเซลเซียส ลดลงมากกว่า 40 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 23 และ 27 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเก็บที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องนั้น อุณหภูมิอาจส่งผลให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยออกได้ในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากถุงพลาสติกไนลอนมีสมบัติในด้านความแข็งแรง ทนต่อความร้อนสูง ป้องกันการซึมผ่านของแก๊ส กลิ่นและไขมันได้ดี แต่ดูดซึมความชื้นได้ง่าย เรียกว่าพลาสติกประเภทนี้ว่า Hydrophilic Plastic ซึ่งความชื้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้โมเลกุลของพลาสติกมีความยืดหยุ่น และเคลื่อนไหวได้มากขึ้น (งามทิพย์, 2550) สอดคล้องกับ De Leiris (1986) กล่าวว่าน้ำจะทำหน้าที่เป็นพลาสติไซเซอร์ทำให้อัตราการซึมผ่านพลาสติกของโมเลกุลต่างๆสูงขึ้น จากค่าปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เพิ่มขึ้น พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นของแคบหมูหลังอบให้พองตัวซึ่งปริมาณความชื้นค่อนข้างคงที่ทุกสภาวะ ดังภาพที่ 24 และ 28 โดยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่เก็บรักษาทุกสภาวะตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในระหว่างการเก็บรักษา 120 วัน



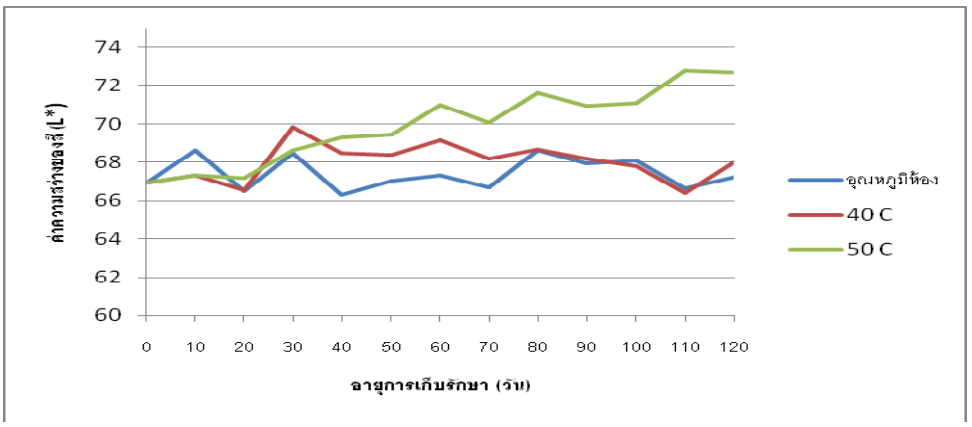

**ภาพที่ 17** ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



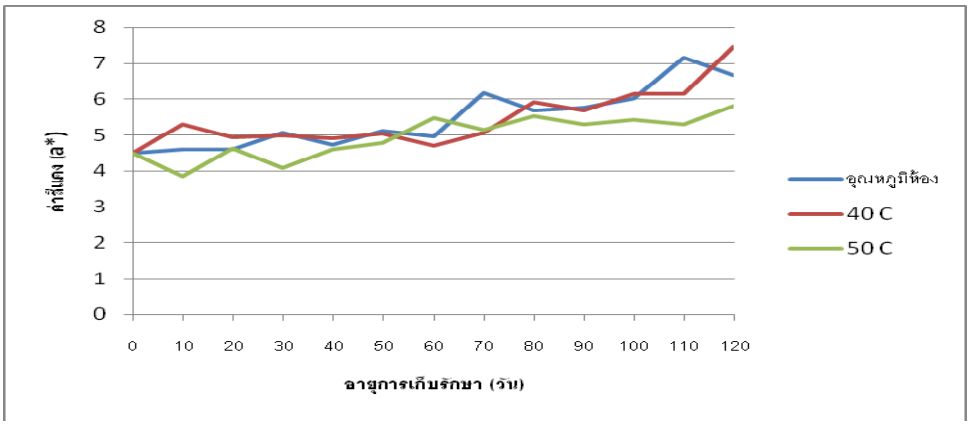

**ภาพที่ 18** ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



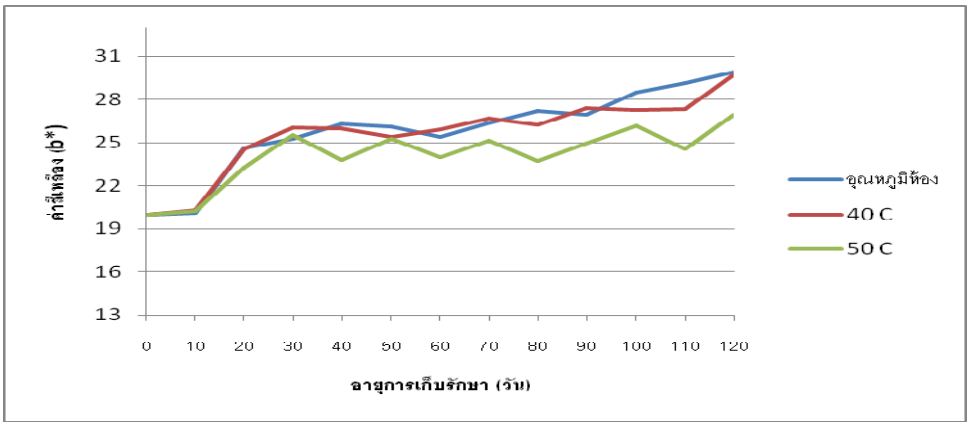

**ภาพที่ 19** ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



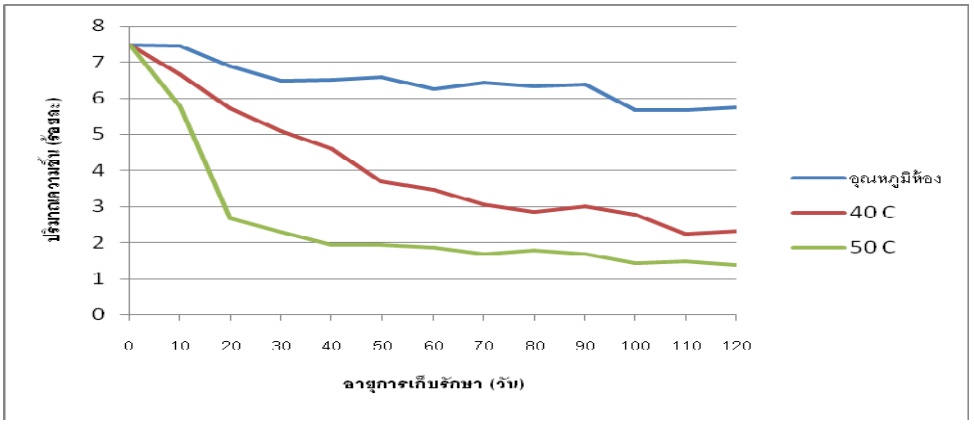

**ภาพที่ 20** ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



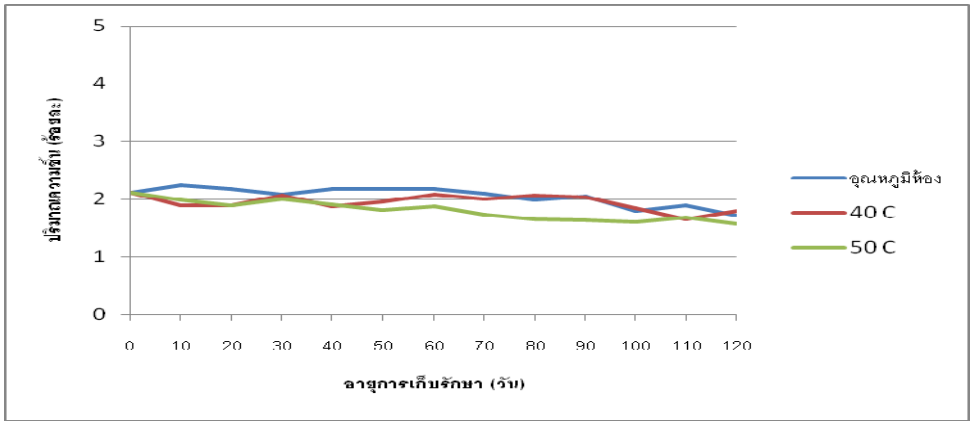

**ภาพที่ 21** ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



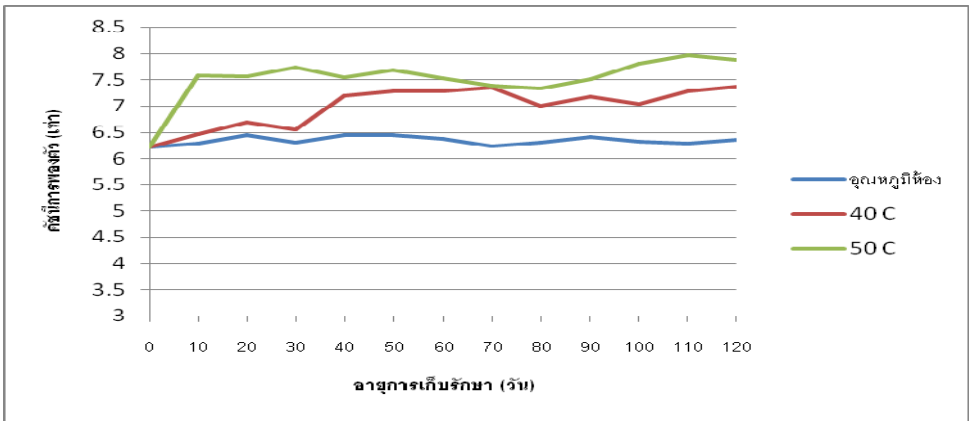

**ภาพที่ 22** ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



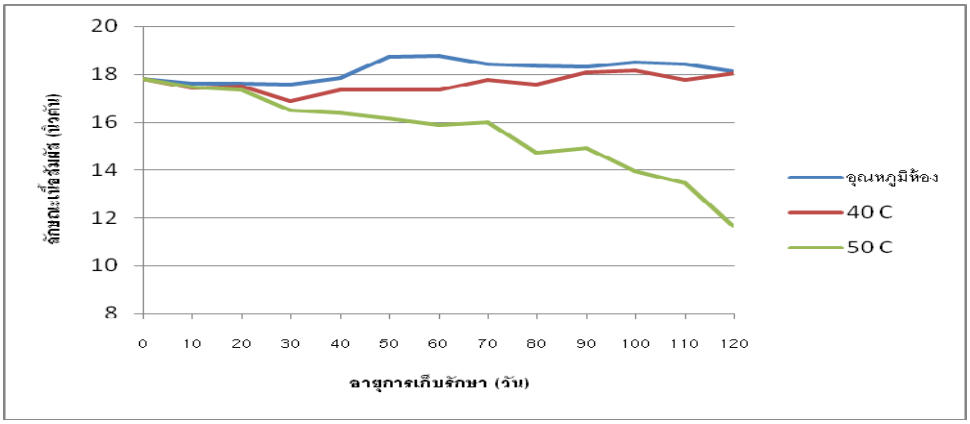

**ภาพที่ 23** ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



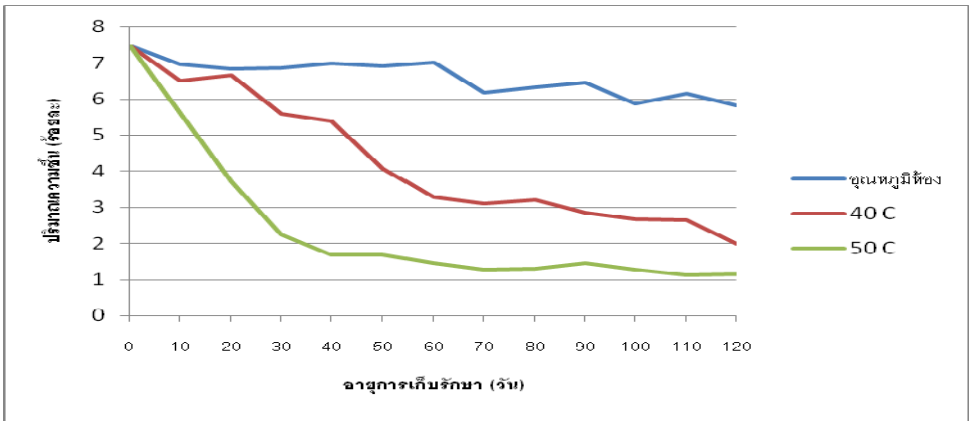

**ภาพที่ 24** ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



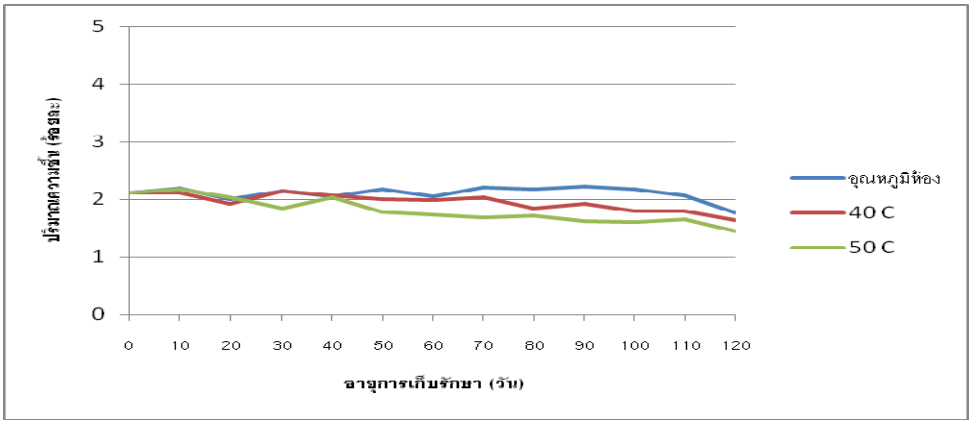

**ภาพที่ 25** ค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



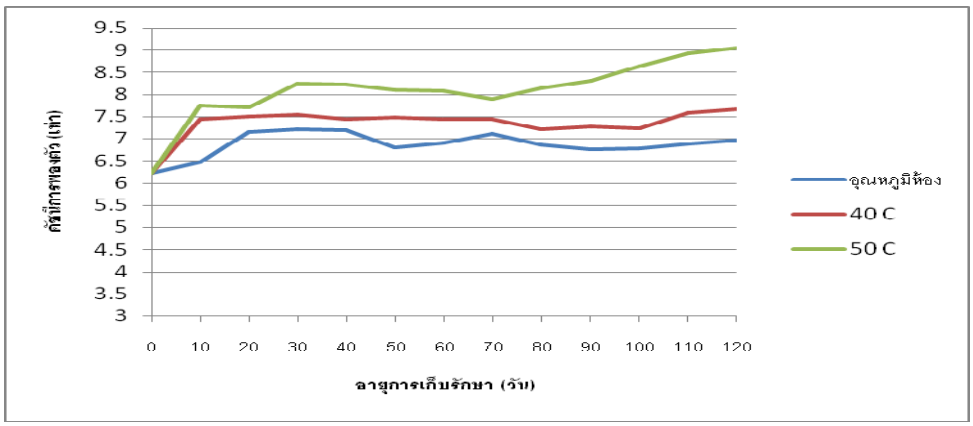

**ภาพที่ 26** ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



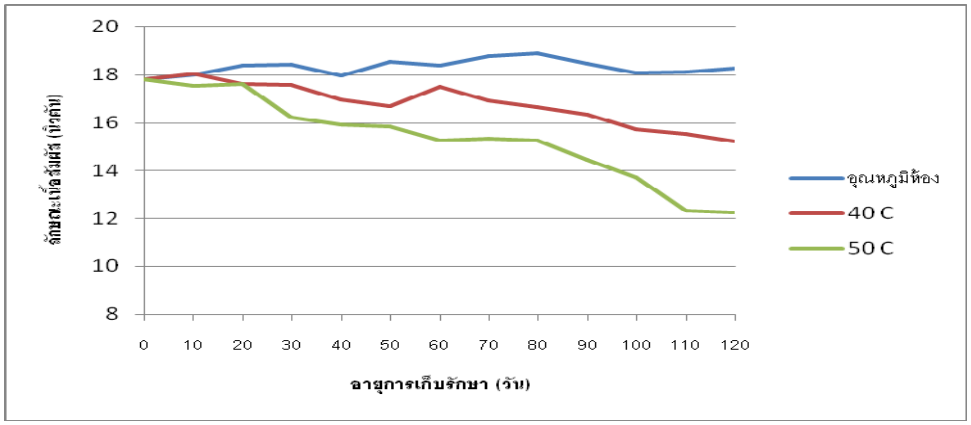

**ภาพที่ 27** ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน




**ภาพที่ 28** ปริมาณความชื้นของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



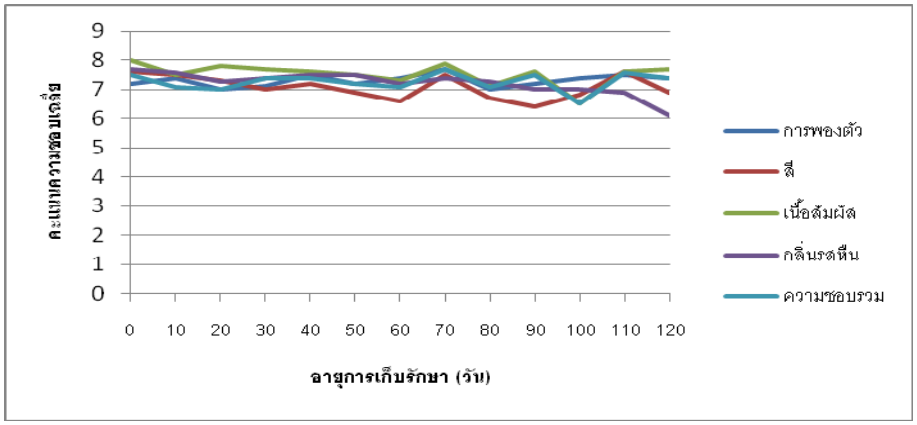

**ภาพที่ 29** ค่าดัชนีการพองตัวของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



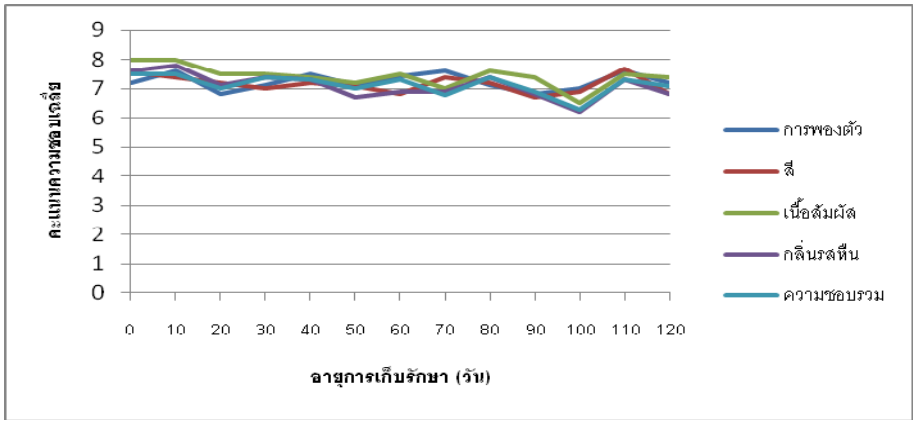

**ภาพที่ 30** ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ

การประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาอบให้พองตัวด้วยเตาอบ พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบของคุณลักษณะด้านการพองตัว สี เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) กลิ่นรสหืน และความชอบรวม จากการทดสอบพบว่า แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่เก็บอุณหภูมิห้อง ได้ผลคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.1-8.0 และ 6.2-8.0 ดังภาพที่ 31 และ 32 ตามลำดับ แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่เก็บอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ได้ผลคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.0-8.1 และ 6.6-8.0 ดังภาพที่ 33 และ 34 ตามลำดับ และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่เก็บอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ได้ผลคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.9-8.0 และ 5.6-8.0 ดังภาพที่ 35 และ 36 ตามลำดับ โดยการเก็บแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปทั้งการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศเก็บที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่า 5 แสดงให้เห็นว่าสามารถเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียสได้นานมากกว่า 120 วัน หรือ 4 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับอายุการเก็บรักษาของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาไมโครเวฟบรรจุถุงพลาสติกไนลอนของอรทัย (2555) สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องนาน 9 เดือน

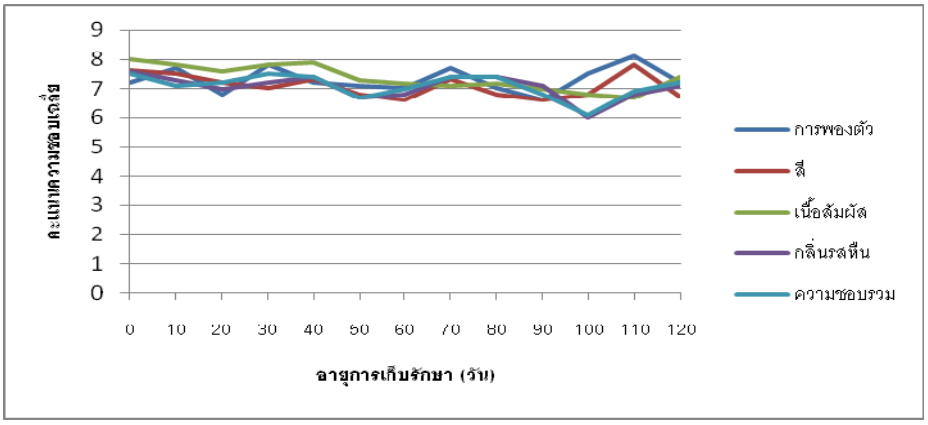
จากผลการตรวจสอบคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูประหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ นาน 120 วัน แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปยังคงมีคุณภาพที่ดี สามารถบริโภคได้ และผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546) ดังนั้นจึงไม่สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป โดยใช้วิธีการทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งสภาวะ ตามวิธี ASLT ได้ ซึ่งการทำนายตามวิธี ASLT ต้องนำระยะเวลาการเก็บรักษาที่สิ้นสุด คือ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในแต่ละอุณหภูมิเข้าสูตรคำนวณ จึงจักสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาจากวิธี ASLT ได้



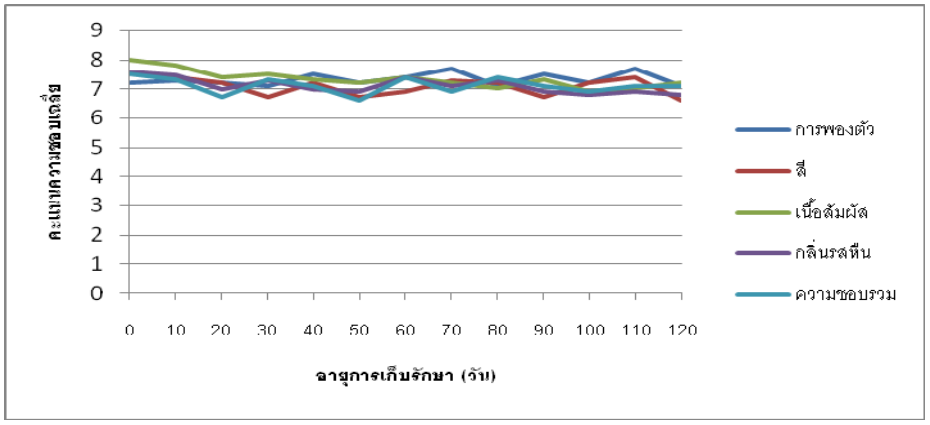

**ภาพที่ 31** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



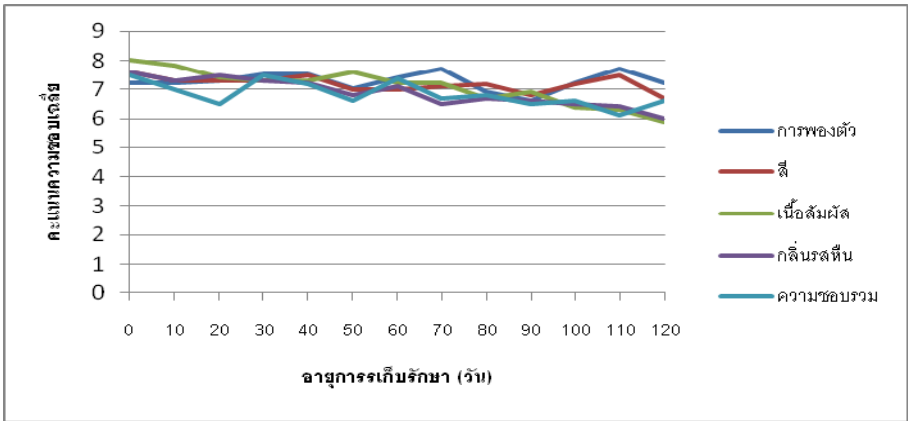

**ภาพที่ 32** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ



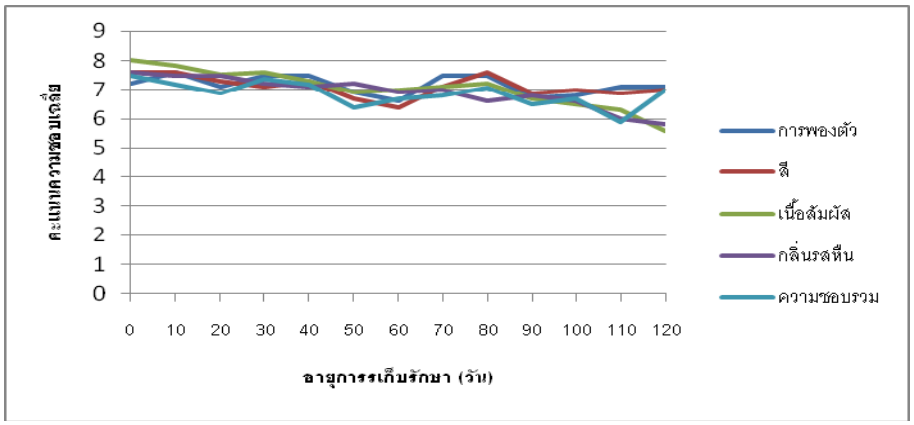

**ภาพที่ 33** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ




**ภาพที่ 34** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ




**ภาพที่ 35** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ




**ภาพที่ 36** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส หลังอบให้พองตัวด้วยเตาอบ

6.2 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแคบหมูอบพร้อมรับประทาน

แคบหมูพร้อมอบรับประทานบรรจุถุงพลาสติกไนลอนขนาดบรรจุ 30 กรัม ในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษาแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยมีค่าลดลงถึงระดับที่ผู้ทดสอบไม่สามารถยอมรับได้ ดังนี้

การเก็บรักษาแคบหมูที่อุณหภูมิห้อง แคบหมูบรรจุแบบธรรมดาสามารถเก็บรักษาได้นาน 40 วัน เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) มีคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ดังภาพที่ 37 และแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้นาน 50 วัน เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) กลิ่นรสหืน และความชอบรวม มีคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ดังภาพที่ 38

การเก็บรักษาแคบหมูที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แคบหมูบรรจุแบบธรรมดาสามารถเก็บรักษาได้นาน 30 วัน เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสหืน และความชอบรวม มีคะแนนความชอบเฉลี่ย ต่ำกว่า 5 ดังภาพที่ 39 และแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้นาน 110 วัน เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) กลิ่นรสหืน และความชอบรวม มีคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ดังภาพที่ 40

การเก็บรักษาแคบหมูที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แคบหมูบรรจุแบบธรรมดาสามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสหืน และความชอบรวม มีคะแนนความชอบเฉลี่ย ต่ำกว่า 5 ดังภาพที่ 41 และแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศสามารถเก็บรักษาได้นาน 20 วัน เนื่องจากคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านกลิ่นรสหืน มีคะแนนความชอบเฉลี่ยต่ำกว่า 5 ดังภาพที่ 42

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาแคบหมูอบพร้อมรับประทานบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนปิดผนึกแบบธรรมดา เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 40 30 และ 20 วัน ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf-life Testing ; ASLT)โดยใช้วิธีการของ Labuza (1982) และยุทธนา (2553) ทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น คือ 5 องศาเซลเซียส และ 27 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยทั้งปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) ได้ดังนี้

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

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

เมื่อ $\Delta$ = ผลต่าง $t_1$ และ $t_2$

$$Q10 = \frac{t_1}{t_2} = \frac{30}{20} = 1.5$$

$$= \frac{t_1\ (\text{ทำนาย})}{t_2}$$

$\Delta = 40 - 5 = 35$ และ $40 - 27 = 13$

ดังนั้น $Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{t_1\ (5^oC)}{t_2\ (40^oC)}$

$t\ (5^oC) = Q_{10}^{\Delta/10}\ X\ t_2\ (40^oC)$

$= 1.5^{35/10}\ X\ 30$

$= 124$

และ $t\ (27^oC) = Q_{10}^{\Delta/10}\ X\ t_2\ (40^oC)$

$= 1.5^{13/10}\ X\ 30$

$= 50$

ดังนั้นจะได้อายุการเก็บรักษาแคบหมูอบพร้อมรับประทานที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 124 วัน และอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ประมาณ 50 วัน จากค่าการทำนายที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แคบหมูอบพร้อมรับประทานมีอายุการเก็บรักษามากกว่าค่าที่ได้จากการทดลองที่อุณหภูมิห้อง 10 วัน ซึ่งมีค่าคาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 25 ดังนั้นหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาแคบหมูอบพร้อมรับประทานในลักษณะการบรรจุแบบธรรมดาให้สามารถเก็บได้นานขึ้น ควรเก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น คือ 5 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าที่ได้จากการทำนายเก็บได้ประมาณ 124 วัน หรือ 4 เดือน

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาแคบหมูอบพร้อมรับประทานบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 50 110 และ 20 วัน ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลดังกล่าว ทำนายอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งสภาวะโดยใช้วิธีการของ Labuza (1982) และยุทธนา (2553) ทำนายอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 27 องศาเซลเซียส ได้ดังนี้

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

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

เมื่อ $\Delta$ = ผลต่าง $t_1$ และ $t_2$

$$Q_{10} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{110}{20} = 5.5$$

$$= \frac{t_1\ (\text{ทำนาย})}{t_2}$$

$\Delta$ = 40 – 5 = 35 และ 40 – 27 = 13

ดังนั้น $Q_{10}^{\Delta/10} = \frac{t_1\ (5^oC)}{t_2\ (40^oC)}$

$t\ (5^oC) = Q_{10}^{\Delta/10}\ X\ t_2\ (40^oC)$

$= 5.5^{35/10}\ X\ 110$

$= 42{,}920$

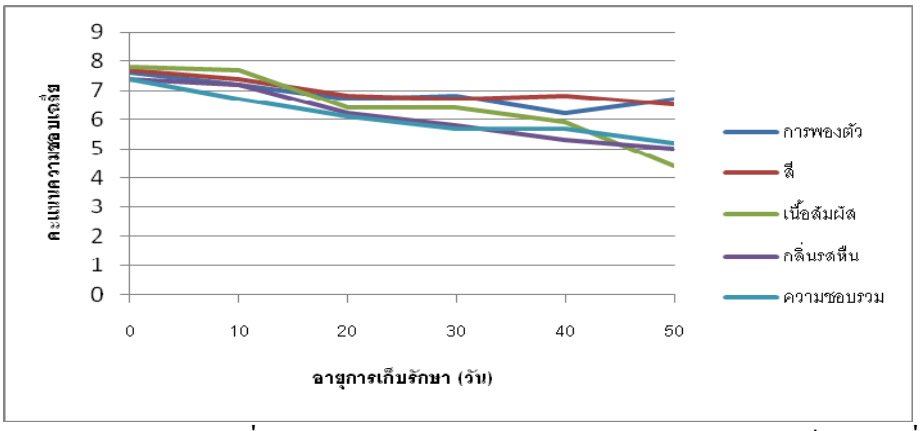
และ $t\ (27^{o}C) = Q_{10}^{\Delta/10}\ X\ t_2\ (40^{o}C)$

$= 5.5^{13/10}\ X\ 110$

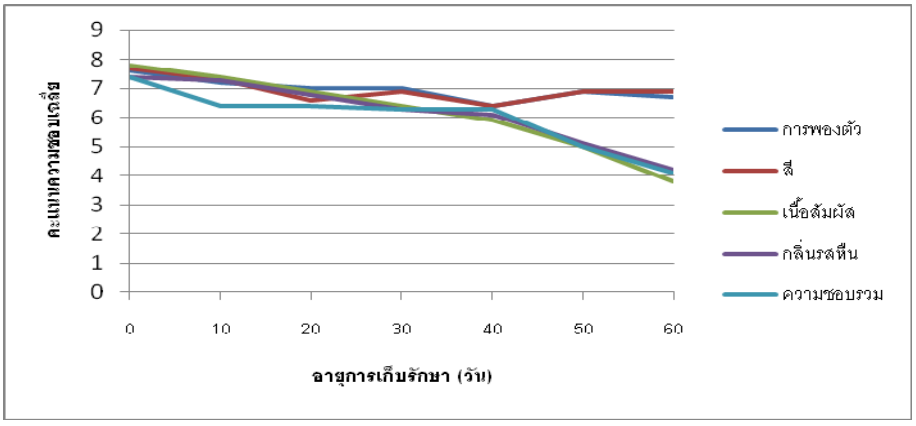
$= 1,008$

ดังนั้นจะได้อายุการเก็บรักษาแคบหมูอบพร้อมรับประทานที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ประมาณ 42,920 วัน (117.6 ปี) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ประมาณ 1,008 วัน (2.8 ปี)

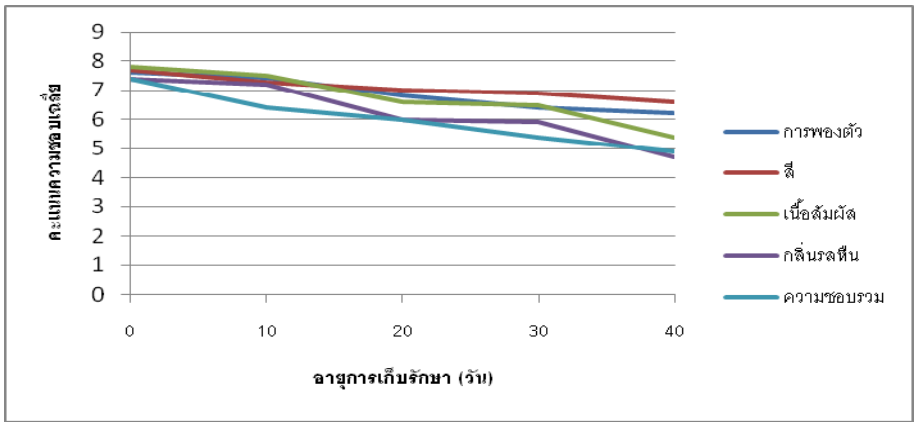
จากค่าการทำนายแคบหมูอบพร้อมรับประทานมีอายุการเก็บรักษาคาดเคลื่อนมากกว่าค่าที่ได้จากการทดลองค่อนข้างมาก สอดคล้องกับ Roberton (2010) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้ว หากกลไกใดมีค่า $Q_{10}$ สูง ณ อุณหภูมิเดียวกันจะมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่า ซึ่งจากการทดลองแคบหมูอบพร้อมรับประทานบรรจุในถุงพลาสติกไนลอนปิดผนึกแบบธรรมดามีค่า $Q_{10}$ น้อยกว่าการปิดผนึกแบบสุญญากาศ



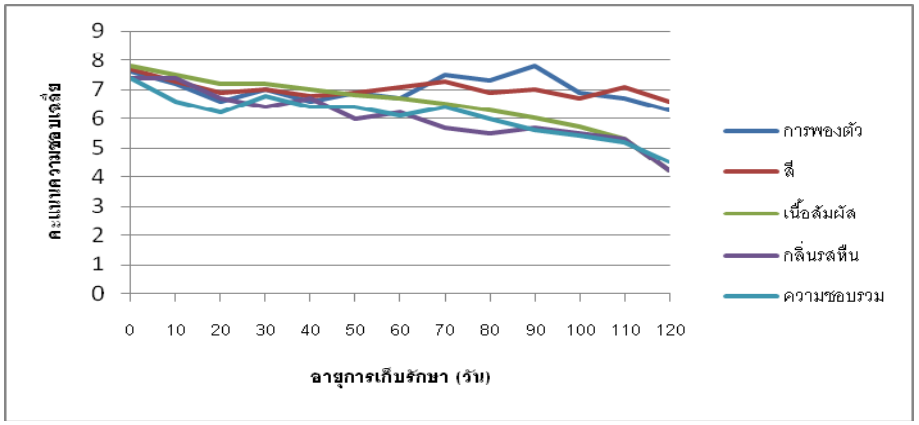

**ภาพที่ 37** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



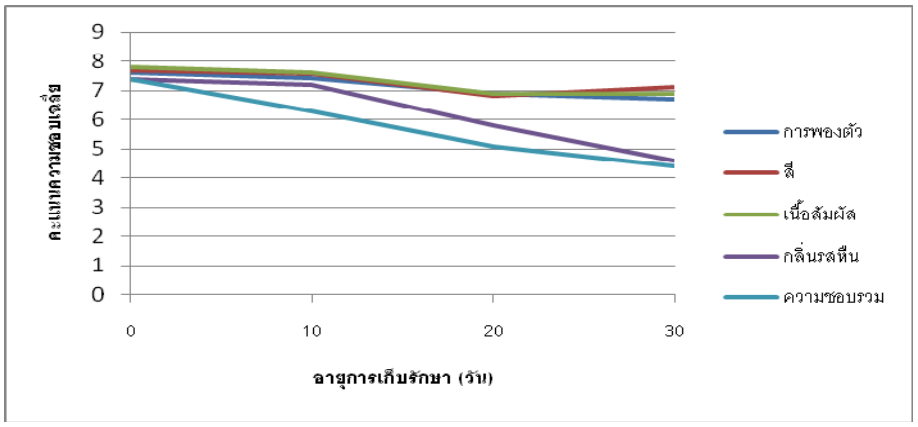

**ภาพที่ 38** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



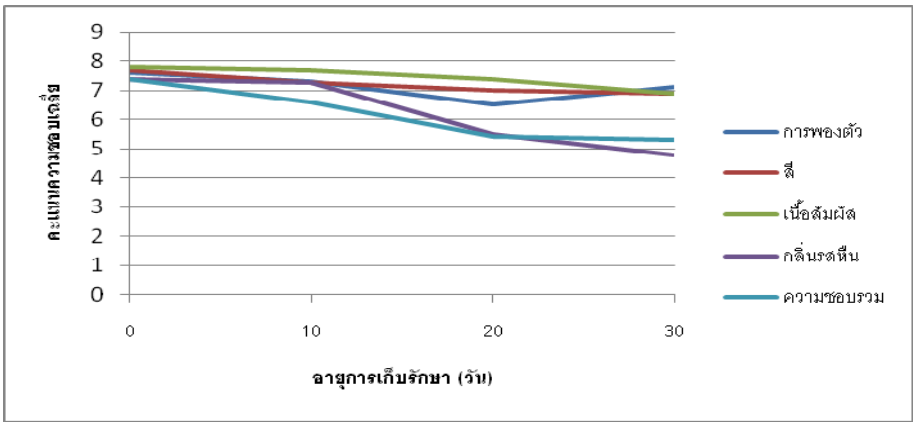

**ภาพที่ 39** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส




**ภาพที่ 40** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



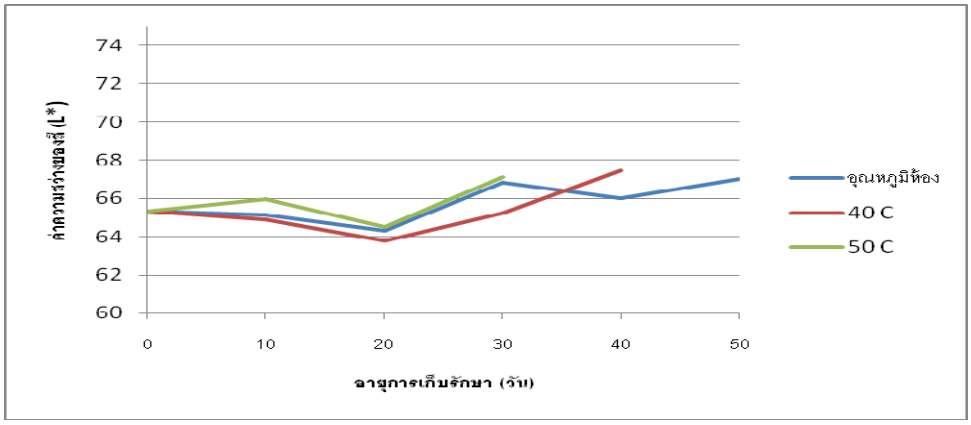

**ภาพที่ 41** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



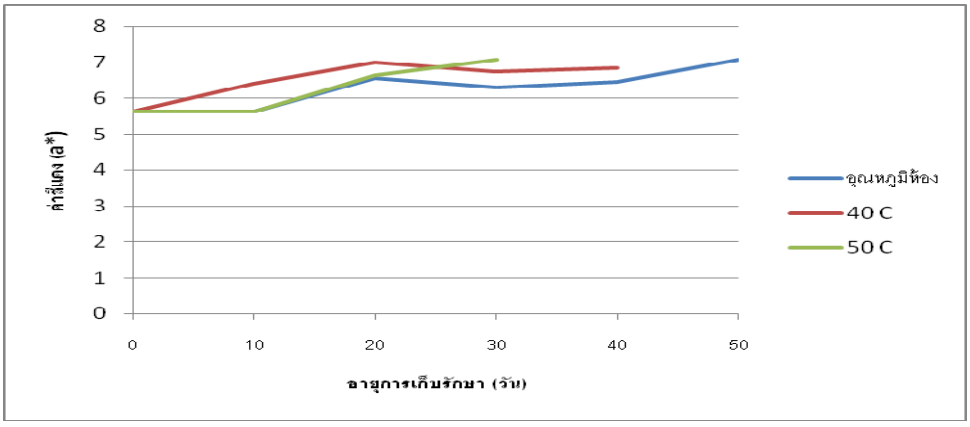

**ภาพที่ 42** คะแนนความชอบเฉลี่ยของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแคบหมูอบพร้อมรับประทานบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ พบว่าแคบหมูเก็บที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิเร่ง 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าแคบหมูมีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเข้มของสีแดง (a*) และค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มที่มากขึ้น ดังภาพที่ 43-48 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเก็บอาหารไว้นานๆ อาจมีผลให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอะมิโนโปรตีนหรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด ทำให้แคบหมูมีสีเข้มขึ้น (Liu *et al*., 2005) ด้านปริมาณความชื้นของแคบหมู พบว่าแคบหมูเก็บที่อุณหภูมิห้องมีค่าความชื้นค่อนข้างคงที่ ส่วนแคบหมูเก็บที่อุณหภูมิ 40 และ 50 องศาเซลเซียส ในช่วงแรกมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 49 และ 51 ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติของถุงพลาสติกไนลอนที่ยอมให้ไอน้ำผ่านเข้า-ออกได้ดังที่อธิบายแล้วก่อนหน้านี้ อีกทั้งอุณหภูมิการเก็บที่สูงอาจส่งผลให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์เกิดการระเหยออกได้ในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาได้ระยะเวลาหนึ่งจะเห็นว่าค่าปริมาณความชื้นของแคบหมูมีค่าเพิ่มขึ้นและคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา อาจเกิดจากการที่แคบหมูมีความชื้นที่ต่ำจึงดูดซับความชื้นจากอากาศได้ง่าย นอกจากนี้อาหารที่มีโครงสร้างเป็นโพรงอากาศ และมีสัดส่วนพื้นที่ต่อน้ำหนักสูง จะดูดซับความชื้นได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอาหารระหว่างการเก็บรักษานั้น เป็นผลจากการถ่ายเทของไอน้ำระหว่างอาหารกับอากาศที่ล้อมรอบ (งามทิพย์, 2550) โดยปริมาณความชื้นของแคบหมูยังคงอยู่ในมาตรฐานร้อยละ 2.5 ทุกอุณหภูมิการเก็บรักษา ส่วนด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของแคบหมูที่เก็บทุกอุณหภูมิการเก็บรักษามีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ดังภาพที่ 50 และ 52 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพันธิพา และคณะ (2532) พบว่า แคบหมูที่มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แคบหมูมีลักษณะเหนียวขึ้น โดยแคบหมูที่เก็บรักษาทั้ง 3 อุณหภูมิ ตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา ในระหว่างการเก็บรักษานาน 120 วัน

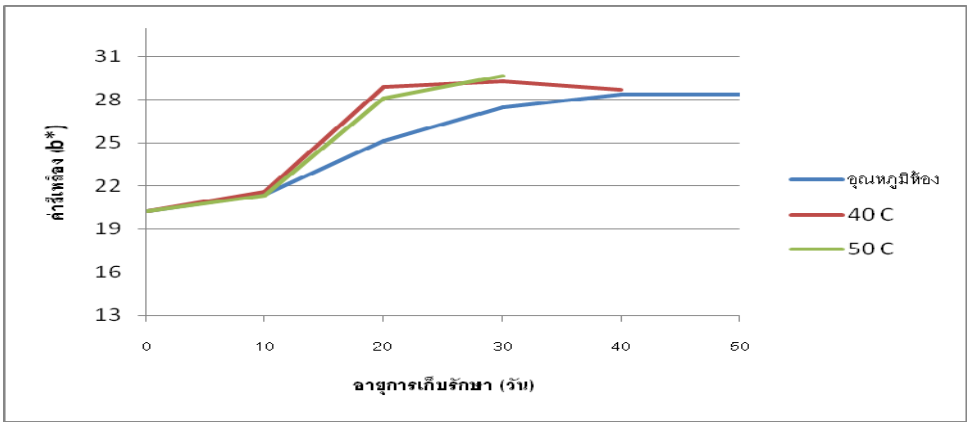
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอายุการเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูอบพร้อมรับประทานนาน 120 วัน พบว่าหากเก็บรักษาแคบหมูในลักษณะกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนในสภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ จะสามารถเก็บรักษาได้นานมากกว่า 120 วัน หรือ 4 เดือน และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปยังมีข้อดีด้านการประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง และผู้บริโภคได้รับประทานแคบหมูที่มีความสดใหม่ ส่วนแคบหมูอบพร้อมรับประทานบรรจุแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าการบรรจุแบบธรรมดา เนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศ จะช่วยลดปัญหาออกซิเดชั่นของไขมันทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืน การเปลี่ยนแปลงสี และการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่ชอบอากาศ (งามทิพย์, 2550) จากผลการศึกษาจะพบว่า การเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูอบพร้อมรับประทานที่อุณหภูมิสูงขึ้น แคบหมูมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่า เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันจะแปรผันตามอุณหภูมิที่เก็บรักษาแบบเอกซ์โพแนนเชียล โดยอาหารที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง จะเสื่อมคุณภาพเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันได้เร็วกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (งามทิพย์, 2550) ดังนั้นหากต้องการยืดอายุการเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมูพร้อมรับประทานให้นานขึ้น ควรต้องพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน จะพบว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน และแสง เป็นปัจจัยภายนอกและสามารถควบคุมได้โดยการบรรจุที่เหมาะสม ค่าความชื้นเป็นปัจจัยภายในที่ถูกกำหนดไว้ตามคุณภาพของอาหารที่ผู้บริโภคต้องการ สามารถจะควบคุมให้มีการเปลี่ยนแปลงช้าลง เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันได้ โดยการเลือกใช้สภาวะการบรรจุที่เหมาะสม เช่น การบรรจุแคบหมูในสภาพไร้ออกซิเจน และใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี ตัวอย่าง การบรรจุแบบสุญญากาศ การบรรจุภายใต้สภาพปรับบรรยากาศ หรือภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน การใช้วัตถุดูดออกซิเจน เป็นต้น ส่วนการเลือกบรรจุภัณฑ์ ควรเลือกวัสดุทึบแสง และป้องการซึมผ่านของแก๊ส และไอน้ำได้ดี เช่น วัสดุลามิเนตอะลูมิเนียมฟอยด์ เป็นต้น



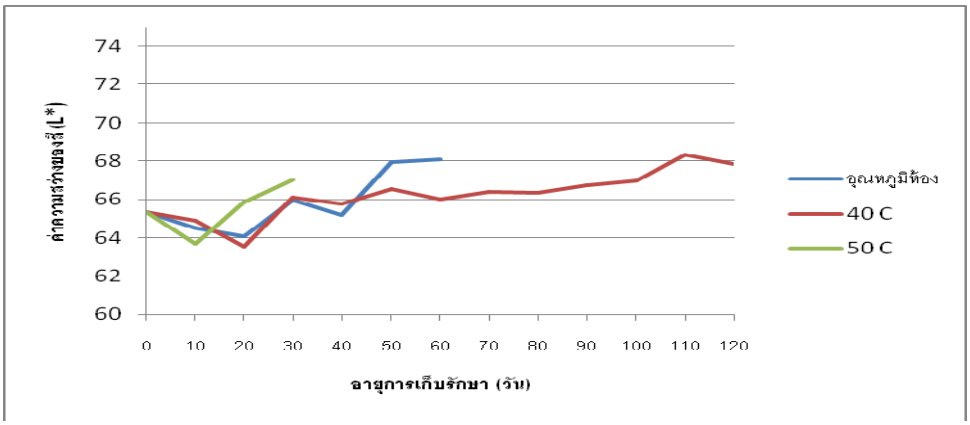

**ภาพที่ 43** ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



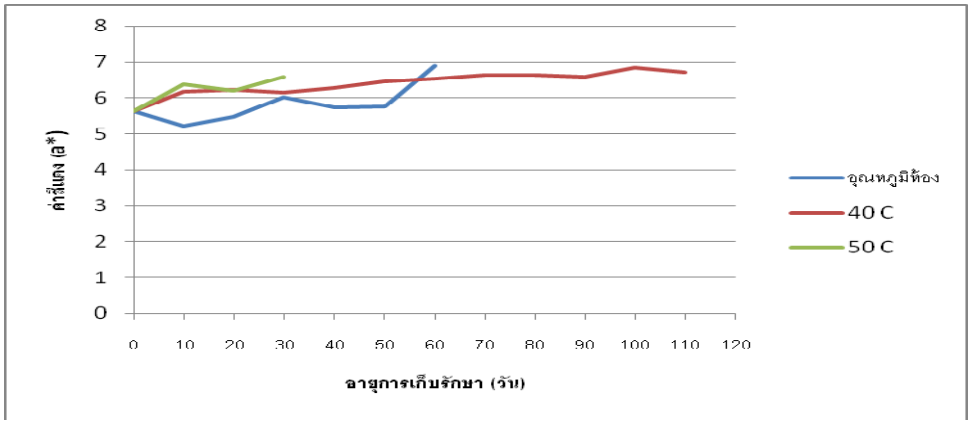

**ภาพที่ 44** ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



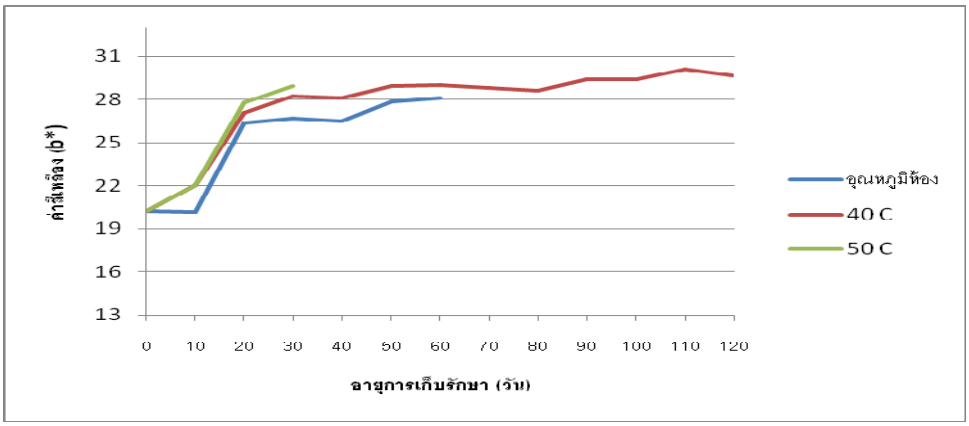

**ภาพที่ 45** ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



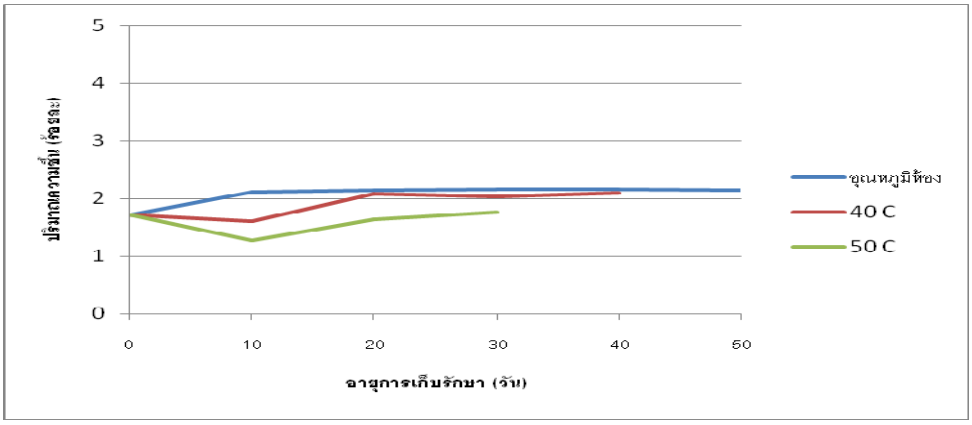

**ภาพที่ 46** ค่าความสว่าง (L*) ของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



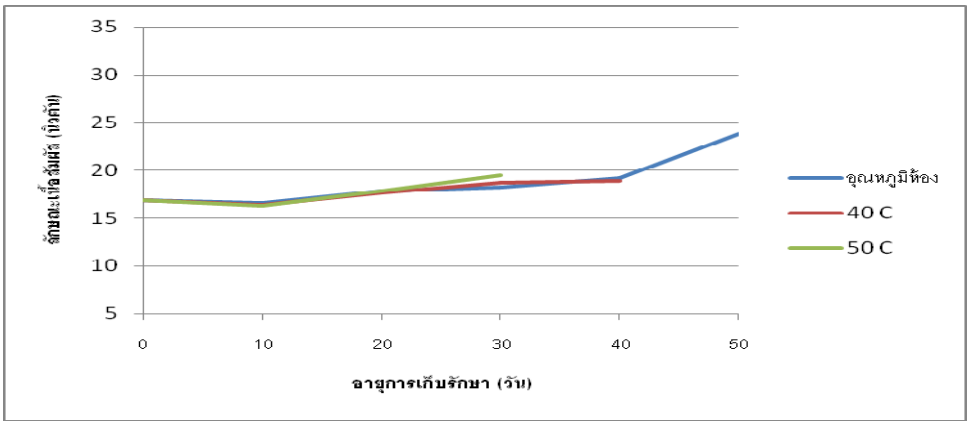

**ภาพที่ 47** ค่าความเข้มของสีแดง (a*) ของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



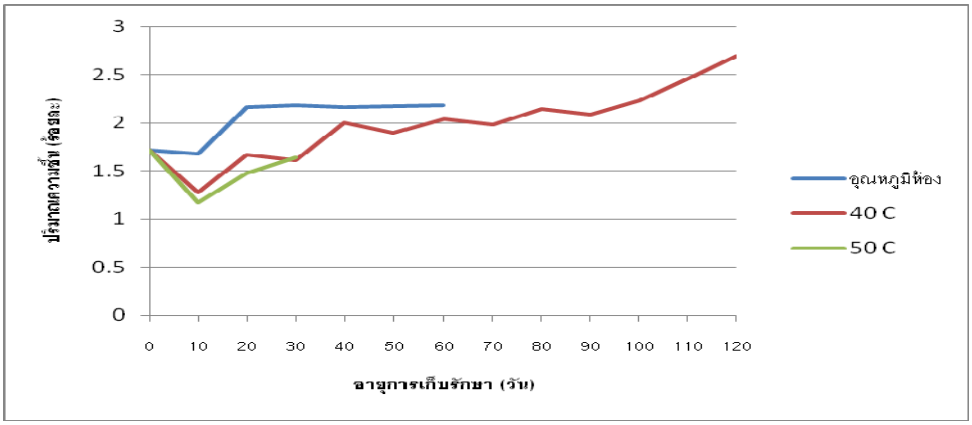

**ภาพที่ 48** ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) ของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน



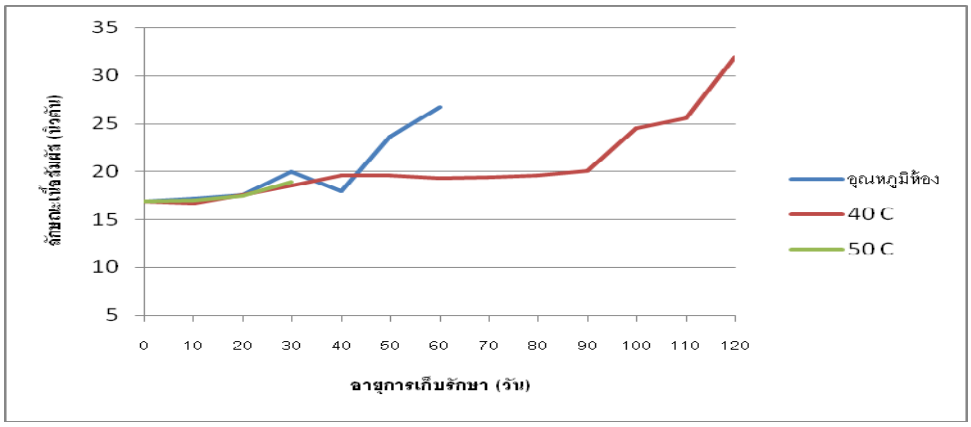

**ภาพที่ 49** ปริมาณความชื้นของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน




**ภาพที่ 50** ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูบรรจุแบบธรรมดาในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน




**ภาพที่ 51** ปริมาณความชื้นของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน




**ภาพที่ 52** ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแคบหมูบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

**7. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ**

**ตอนที่ 1** ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ให้สัมภาษณ์ต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน และแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ โดยใช้แบบสอบถามกับประชาชนในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 500 คน เป็นชายร้อยละ 34.40 และหญิงร้อยละ 65.60 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุในช่วง 20-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 45.00 ดังตารางที่ 36

**ตารางที่ 36** ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้บริโภค

| ข้อมูล | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 1. เพศ | | |
| ชาย | 172 | 34.40 |
| หญิง | 328 | 65.60 |
| **รวม** | **500** | **100.00** |
| 2.อายุ | | |
| น้อยกว่า 20 ปี | 32 | 6.40 |
| 20 – 30 ปี | 225 | 45.00 |
| 31 – 40 ปี | 82 | 16.40 |
| 41 – 50 ปี | 90 | 18.00 |
| มากกว่า 50 ปี | 71 | 14.20 |
| **รวม** | **500** | **100.00** |

**ตอนที่ 2** ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบชิมแคบหมูอบพร้อมรับประทาน ผู้บริโภคได้ให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ตามความรู้สึกของตนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากมีคะแนนเฉลี่ย คือ 7.24 7.16 7.83 7.67 และ 7.63 ตามลำดับ ส่วนด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 95.00 ผู้บริโภคร้อยละ 4.20 ไม่แน่ใจ เนื่องจากบางคุณลักษณะไม่ดีพอ เช่น เนื้อสัมผัสกรอบแข็งเกินไป ชอบรับประทานแคบหมูแบบทอดมากกว่ามีลักษณะแห้งติดคอกว่าแคบหมูแบบทอด รับประทานแล้วติดลิ้น แคบหมูมีรสชาติเค็มหรือจืดไป และผู้บริโภคร้อยละ 0.80 ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์เนื่องจากลักษณะแคบหมูที่แห้งติดคอ ไม่ชอบเนื้อสัมผัส และกรอบแข็งเกินไป และหากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูสำหรับเตาอบพร้อมรับประทาน ผู้บริโภคร้อยละ 89.47 จะซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ร้อยละ 9.89 เนื่องจากต้องเปรียบเทียบราคากับแคบหมูที่มีจำหน่ายทั่วไปก่อน ชอบรับประทานแคบหมูติดมันมากกว่า ชอบรับประทานแคบหมูแบบทอดมากกว่า ไม่แน่ใจวิธีการผลิตอาจจะมีผลข้างเคียงต่อการบริโภค เคยรับประทานแคบหมูที่มีรสชาติถูกปากอยู่แล้ว ขึ้นอยู่กับแหล่งจำหน่ายว่าใกล้ที่พักหรือไม่ และไม่ซื้อร้อยละ 0.63 เนื่องจากคิดว่าราคาน่าจะแพงกว่าแคบหมูแบบทอด ด้านเหตุผลในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน คือ มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันร้อยละ 22.70 รองลงมาคือ ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำร้อยละ 22.28 เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจร้อยละ 13.36 สะดวกในการรับประทานร้อยละ 12.94 เป็นอาหารเพื่อสุขภาพร้อยละ 12.18 ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับร้อยละ 8.24 สำหรับเป็นของฝากร้อยละ 8.17 และอร่อยรสชาติเหมือนแคบหมูแบบทอดร้อยละ 0.14 ตามลำดับ ดังตารางที่ 37 และหากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ ผู้บริโภคร้อยละ 82.74 จะซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคไม่แน่ใจว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์หรือไม่ร้อยละ 13.68 เนื่องจากซื้อแคบหมูแบบสำเร็จรูปพร้อมรับประทานสะดวกกว่า กระบวนการอบพองกลัวมีควัน ไม่สะดวกกับที่พักอาศัย ต้องพิจารณาราคาจำหน่าย ไม่มีเตาอบไฟฟ้า รู้สึกยุ่งยากที่จะมาอบเอง อบออกมาอาจไม่พองไม่กรอบ และรสชาติเปลี่ยน ไม่มีเวลาในการนำไปอบเอง ทำให้สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าในการอบเอง และไม่ซื้อร้อยละ 3.58 เนื่องจากไม่มีเตาอบไฟฟ้า ซื้อแคบหมูแบบสำเร็จรูปพร้อมรับประทานสะดวกกว่า ไม่มีเวลาทำ และยุ่งยาก ด้านเหตุผลในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ คือ ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำร้อยละ 19.01 รองลงมาคือ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจร้อยละ 17.85 มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมันร้อยละ 16.23 สำหรับเป็นของฝากร้อยละ 15.77 สะดวกในการรับประทานร้อยละ 12.21 เป็นอาหารเพื่อสุขภาพร้อยละ 10.90 ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับร้อยละ 7.34 และเก็บไว้ได้นาน สะดวกในการพกพา ไม่ยุ่งยากในการนำไปทอดร้อยละ 0.70 ตามลำดับ ดังตารางที่ 37

**ตารางที่ 37** ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

| **ข้อมูล** | **คะแนนเฉลี่ย** | |
|---|---|---|
| 1. คะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะของแคบหมูอบพร้อมรับประทาน | | |
| ลักษณะปรากฏ | 7.24 | |
| กลิ่น | 7.16 | |
| ความกรอบ | 7.83 | |
| รสชาติ | 7.67 | |
| ความชอบรวม | 7.63 | |
| **ข้อมูล** | **ความถี่** | **ร้อยละ** |
| 2. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์แคบหมูอบด้วยเตาอบหรือไม่ | | |
| ยอมรับ | 475 | 95.00 |
| ไม่แน่ใจ | 21 | 4.20 |
| ไม่ยอมรับ | 4 | 0.80 |
| **รวม** | **500** | **100.00** |
| 3. หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน ท่านจะซื้อหรือไม่ | | |
| ซื้อ | 425 | 89.47 |
| ไม่แน่ใจ | 47 | 9.89 |
| ไม่ซื้อ | 3 | 0.63 |
| **รวม** | **475** | **100.00** |
| 4. เหตุผลที่ท่านซื้อแคบหมูอบพร้อมรับประทาน (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน | 328 | 22.70 |
| ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ | 322 | 22.28 |
| เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ | 193 | 13.36 |
| สะดวกในการรับประทาน | 187 | 12.94 |
| เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ | 176 | 12.18 |
| ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับ | 119 | 8.24 |
| สำหรับเป็นของฝาก | 118 | 8.17 |
| รสชาติดี และเหมือนแคบหมูแบบทอด | 2 | 0.14 |
| **รวม** | **1,445** | **100.00** |

**ตารางที่ 37** (ต่อ)

| ข้อมูล | ความถี่ | ร้อยละ |
|---|---|---|
| 5. หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ ท่านจะซื้อหรือไม่ | | |
| ซื้อ | 393 | 82.74 |
| ไม่แน่ใจ | 65 | 13.68 |
| ไม่ซื้อ | 17 | 3.58 |
| **รวม** | **475** | **100.00** |
| 6. โปรดระบุเหตุผลที่ท่านซื้อผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ) | | |
| ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ | 246 | 19.01 |
| เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ | 231 | 17.85 |
| มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน | 210 | 16.23 |
| สำหรับเป็นของฝาก | 204 | 15.77 |
| สะดวกในการรับประทาน | 158 | 12.21 |
| เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ | 141 | 10.90 |
| ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับ | 95 | 7.34 |
| เก็บไว้ได้นาน สะดวกในการพกพา ไม่ยุ่งยากในการนำไปทอด | 9 | 0.70 |
| **รวม** | **1,294** | **100.00** |

# สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ เพื่อให้แคบหมูมีคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น และสามารถอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบที่มีจำหน่าย และใช้ในครัวเรือนได้หลากหลายมากขึ้น จากการวิจัยได้กระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือ การนำหนังหมูล้างทำความสะอาด จากนั้นต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ในขั้นตอนการหมักหนังหมูด้วยเครื่องปรุงรสมีการเติมสารกันหืน BHT (Butylated Hydroxy Toluene) ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 ของน้ำหนักหนังหมู นำหนังหมูหลังหมักไปอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และนำหนังหมูต้มในน้ำมันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2.5 ชั่วโมง ได้เป็นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบ

แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 7.48 75.59 2.58 9.44 0.13 และ 4.78 ตามลำดับ สำหรับแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัวมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 2.11 80.98 9.28 2.48 0.18 และ 4.97 ตามลำดับ ซึ่งแคบหมูที่ผลิตได้จากการอบด้วยเตาอบมีปริมาณไขมันที่น้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน

จากการพัฒนาด้านสีและรสชาติของแคบหมู โดยทำการประเมินคุณภาพแบบ Ratio Profile Test โดยการพัฒนาคุณภาพทีละครั้งจนกว่าจะได้สูตรที่มีลักษณะปัจจัยต่างๆใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ (Ideal) ของผู้ทดสอบ และค่าอุดมคติมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 1 หรืออยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ ได้สูตรที่เหมาะสม คือ หนังหมู 1 กิโลกรัม ปรุงรสด้วยพริกไทย 0.15 กรัม เกลือป่น 1.00 กรัม และผงปรุงรส 1.20 กรัม

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยการให้ผู้บริโภคชิมแคบหมูอบพร้อมรับประทาน ผู้บริโภคได้ให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ตามความรู้สึกของตนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากมีคะแนนเฉลี่ย คือ 7.24 7.16 7.83 7.67 และ 7.63 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 95.00 หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน ผู้บริโภคร้อยละ 89.47 จะซื้อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ สะดวกในการรับประทาน และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ตามลำดับ และหากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ ผู้บริโภคร้อยละ 82.74 จะซื้อผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุผลในการตัดสินใจซื้อ คือ ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการ

ทอดในน้ำมัน สำหรับเป็นของฝาก สะดวกในการรับประทาน เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี และเก็บไว้ได้นาน สะดวกในการพกพา ไม่ยุ่งยากในการนำไปทอด ตามลำดับ

ต้นทุนการผลิตแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ โดยไม่รวมราคาของบรรจุภัณฑ์ประมาณ 500 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ราคาของต้นทุนการผลิตจะแปรผันตามราคาของหนังหมูสดเป็นหลัก

การเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบบรรจุถุงพลาสติกไนลอนสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานมากกว่า 4 เดือน

# เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแคบหมู (มผช.101/2546). กรุงเทพฯ.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2551. คู่มือการใช้ชุดทดสอบ 22 ชนิด. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ อุบลราชธานี.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2556. ชุดทดสอบสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำ. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ อุบลราชธานี.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. อุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22 (3มีนาคม 2557)

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. การบรรจุอาหาร. บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชุดวิชาการศึกษาอาชีพ. 2548. การทำแคบหมู. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/occupation/453.html (17 ตุลาคม 2548)

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2533. วิทยาศาสตร์อาหารไขมันและน้ำมัน. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

————————. 2543. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

————————. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

————————. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. TRIO Advertising & Media Co., Ltd., เชียงใหม่.

นิรนาม. มปป.ก. การผลิตสุกร : สาเหตุของการเกิดกลิ่นของหมู. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://courseware.rmutl.ac.th/courses/110/unit1305.html

————. มปป.ข. พลังงาน และความร้อน. ชุดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลก และดาราศาสตร์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/6/heat_temp/heat_temp/heat_temp.html

————. มปป.ค. เคมีอาหาร 1 : วัตถุเจือปนในอาหาร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://courseware.rmutl.ac.th/courses/103/unit1502.html

นิรนาม. 2555ก. ผงปรุงรส หรือ Seasoning. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://sermros.blogspot.com/ (22 มิถุนายน 2557)

———. 2555ข. เคล็ดลับการกำจัดกลิ่นคาวปลาไม่สด. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pitchaya.net/ (15 มกราคม 2555)

———. 2555ค. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี : สารส้ม. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.chemtrack.org/Board-Detail.asp?TID=0&ID=1994 (15 มกราคม 2555)

———. 2555ง. หนังหมูเหม็นสาบ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.hilunch.com/category/cooking-tips/kitchen-tips/page/14 (15 มกราคม 2555)

———. 2555จ. เกร็ดความรู้ (วิธีขจัดกลิ่นเนื้อและดับกลิ่นคาว). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://bypathsofexperience.blogspot.com/2011/05/blog-post_5772.html (15 มกราคม 2555)

———. 2555ฉ. วิธีการแก้น้ำมันหมูมีกลิ่นเหม็นหืน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.hilunch.com/category/cooking-tips/kitchen-tips/page/14 (16 กุมภาพันธ์ 2555)

———. 2555ช. ขจัดกลิ่นเหม็นหืนน้ำมันหมู. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://variety.teenee.com/foodforbrain/1527.html (16 กุมภาพันธ์ 2555)

———. 2555ซ. วิธีขจัดกลิ่นเหม็นหืนของน้ำมันหมู. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://modoeye-recipe.blogspot.com/2009/08/blog-post_10.html (16 กุมภาพันธ์ 2555)

———. 2555ญ. ชุดวิชา การทำแคบหมู หมวดวิชา คหกรรม รหัส HE 3205 : การทำความสะอาดหนังหมู. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://dnfe5.nfe.go.th/ilp/occupation/45303/45303_2.html (15 มกราคม 2555)

———. 2555ฎ. ขจัดกลิ่นเนื้อเหม็น. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://modoeye-recipe.blogspot.com/2009/07/blog-post_19.html (15 มกราคม 2555)

นิรนาม. 2556ก. เกร็ดความรู้เกี่ยวกับน้ำมัน. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.horapa.com/content.php?Category=Tips&No=821 (18 กุมภาพันธ์ 2556)

———. 2556ข. FOOD ADDITVES : SODIUM ERYTHORBATE (FOODcGRADE). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.jirakorn.com/product_food07.html (15 มกราคม 2556)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 281). 2547. วัตถุเจือปนอาหาร. กรุงเทพฯ.

ปราณี วราสวัสดิ์. 2550. เคมีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรม-เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

พันธิพา จันทวัฒน์ ณรงค์ นิยมวิทย์ และธเนศ แก้วกำเนิด. 2532. ผลของความชื้น การกระจายความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้ทอดที่มีผลต่อคุณภาพของแคบหมู. อาหาร. 19(2):79-88.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ยิ่งศักดิ์ จงเลิศเจษฎาวงศ์. มปป. “ศิลปศาสตร์การอาหาร” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.yingsakfood.com/webboard/Question.asp?GID=2143

ยุทธนา พิมลศิริผล. 2553. เทคนิคการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. บริษัท นพบุรีการพิมพ์จำกัด, เชียงใหม่.

ระวิวรรณ หลิมศิโรรัตน์ รัชนีกร เกื้อรุ่ง รัตนาภรณ์ กาญจนสมิทธิ์ และรัตนาภรณ์ ขันติอัครพงศ์. 2555. พลู. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.drug.pharmacy.psu.ac.th/wbfile/91254714423.doc

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. เอกสารคำสอนการประเมินอายุการเก็บของอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ สมชาย หิรัญกิตติ จิรศักดิ์ จิระจันทร์ ชวลิต ประภวนนท์ ณดา จันทร์สม และวลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์. 2540. การวิจัยตลาดฉบับมาตรฐาน. อ้างโดย ธีรวัฒน์ เทพใจกาศ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากแป้งมันเทศและเนื้อปลาป่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันอาหาร. มปป. การแปรรูปอาหาร (แคบหมู). [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.nfi.or.th/recycle/pdffile/P00057.pdf

สุดาดวง เรืองรุจิระ. 2540. ระเบียบวิจัยตลาดเบื้องต้น. อ้างโดย ธีรวัฒน์ เทพใจกาศ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีคุณค่าทางโภชนาการจากแป้งมันเทศและเนื้อปลาป่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรทัย บุญทะวงศ์ ลินดา จินาการ และนภสร จุ้ยเจริญ. 2548. การผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

อรทัย บุญทะวงศ์ กมลรัตน์ ครุธาโรจน์ และนภสร จุ้ยเจริญ. 2549. แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

อรทัย บุญทะวงศ์. 2555. การพัฒนารูปแบบและบรรจุภัณฑ์สำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาไมโครเวฟ. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

อุบลรัตน์ พรหมฟัง. 2549. ผลิตภัณฑ์ข้าวแต๋นเสริมใยอาหารจากสับปะรดและการยอมรับของผู้บริโภค : กรณีศึกษาในเขตจังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA.

De Leiris, J.P. 1986. Water Activity and Permeability. pp. 213-234. In M. Mathlouthi, ed. Food Packaging and Preservation: Theory and Practice. Elsevier Applied Science Publishers, New York.

Idson,B. and Braswell, W.B. 1957. Gelatin. อ้างโดย พันธิพา และคณะ. ผลของความชื้น การกระจายความชื้น และอุณหภูมิที่ใช้ทอดที่มีต่อคุณภาพของแคบหมู. อาหาร. 19(2) : 79-88.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2005. General. standard for food additives. Codex Stan, 192-1995.

Labuza, T.P. 1982. Moisture gain and loss in packaged foods. Food Tech. 36(4): 92-94.

Liu, C. M., Wang, Q. Z., and Sakai, N. 2005. Power and temperature distribution during microwave thawing, simulated by using Maxwell's equations and Lambert's law. International Journal of Food Science and Technology, 40, 9-21.

Lucifer W. 2556. ถ้าเราไม่อยากกินเค็มก็จงอย่าเติมน้ำตาล. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://pantip.com/topic/30115011. (22 มิถุนายน 2557)

Matz, S.A. 1970. Manufacture of breakfast cereal. อ้างโดยพันธิพา และคณะ. ผลของความชื้น การกระจายความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้ทอดที่มีผลต่อคุณภาพของแคบหมู. อาหาร. 19(2) : 79-88.

Marsh, T.S. 1986. Shelf life. The Wiley Encyclopedias of Packaging Technology. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Nor, F.M., Mohamed, S., Idris, N.A. and Ismail, R. 2008. Antioxidative properties of *Pandanus amaryllifolius* leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies. Food Chemistry. 110 : 319-327.

Quast, Q.G. and M. Karel. 1973. Simulating shelf-life modern packaging. J. of Food Sci. 46(3) : 50-54.

Roberton, G.L. 2010. Food quality and induces of failure. In G.L. Roberton, (ed.). Food packaging and shelf life: A practical guide, (pp. 17-30). Boca Raton: CRC Press.

Science of meat. 1990. What make juicy and tender?. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.exploratorium.edu/cooking/meat/INT-what-makes-juicy.html

# ภาคผนวก ก

วิธีการหาค่าดัชนีการพองตัว

**วิธีการหาค่าดัชนีการพองตัว** (ประยุกต์จากวิธี Seed displacement)

**อุปกรณ์**

1. ถ้วยปากเรียบ
2. กระบอกตวง (Cylinder)
3. สเปคตูลา (Spectula)

**วิธีการ**

1. นำเมล็ดงาเทลงในถ้วยปากเรียบให้เต็มและปาดให้เรียบ นำไปวัดปริมาณโดยใช้กระบอกตวง (ปริมาตรของเมล็ดงา)

2. นำแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปหนัก 30 กรัม ใส่ลงในถ้วยใบเดิม นำเมล็ดงาใส่ไปจนเต็ม และปาดให้เรียบ แยกเอาชิ้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปออก จากนั้นนำเมล็ดงาไปวัดปริมาณโดยใช้กระบอกตวง นำปริมาตรที่วัดได้ลบกับปริมาตรของเมล็ดงา จะได้เป็นปริมาตรของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป

3. ปริมาตรของแคบหมูมีวิธีการทำเช่นเดียวกันกับข้อ 2 เพียงแต่เปลี่ยนจากแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปเป็นแคบหมูที่ผ่านการอบแล้ว (ปริมาตรของแคบหมู)

4. คำนวณหาดัชนีการพองตัว

$$\text{ดัชนีการพองตัว} = \frac{\text{ปริมาตรของแคบหมู}}{\text{ปริมาตรของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป}}$$

# ภาคผนวก ข

ผลการศึกษาคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบพร้อมรับประทานระหว่างการเก็บรักษา

**ตารางผนวกที่ 1** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ค่าความสว่าง (L*) | | | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) | | | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C |
| 0 | 66.94±0.59$^{ab}$ | 66.94±0.59$^{cd}$ | 66.94±0.59$^{cd}$ | 4.50±0.12$^{gh}$ | 4.50±0.12$^{e}$ | 4.50±0.12$^{ef}$ | 20.01±0.47$^{g}$ | 20.01±0.47$^{g}$ | 20.01±0.47$^{f}$ |
| 10 | 66.96±1.03$^{ab}$ | 68.23±1.01$^{abc}$ | 67.97±0.36$^{bc}$ | 4.24±0.16$^{h}$ | 4.03±0.19$^{f}$ | 4.14±0.15$^{f}$ | 20.06±0.35$^{g}$ | 23.76±0.32$^{d}$ | 20.87±1.15$^{f}$ |
| 20 | 65.08±0.70$^{c}$ | 64.80±0.58$^{e}$ | 66.83±0.60$^{cd}$ | 4.78±0.07$^{ef}$ | 5.32±0.37$^{cd}$ | 4.89±0.34$^{de}$ | 20.89±0.55$^{f}$ | 21.15±0.45$^{f}$ | 20.60±1.09$^{f}$ |
| 30 | 66.59±0.12$^{abc}$ | 66.94±0.59$^{cd}$ | 67.40±0.93$^{c}$ | 4.96±0.16$^{de}$ | 5.36±0.18$^{cd}$ | 4.67±0.25$^{def}$ | 23.96±0.47$^{e}$ | 22.39±0.61$^{e}$ | 25.85±0.60$^{cd}$ |
| 40 | 67.28±0.53$^{ab}$ | 66.98±0.85$^{cd}$ | 66.80±0.36$^{cd}$ | 5.23±0.21$^{cd}$ | 5.63±0.12$^{bc}$ | 5.60±0.34$^{bc}$ | 26.05±0.56$^{d}$ | 26.97±0.38$^{bc}$ | 24.12±0.71$^{e}$ |
| 50 | 66.89±0.64$^{ab}$ | 69.13±0.71$^{a}$ | 67.68±2.24$^{bc}$ | 5.52±0.15$^{c}$ | 5.12±0.34$^{d}$ | 5.55±0.17$^{bc}$ | 25.45±0.80$^{d}$ | 25.82±0.36$^{c}$ | 25.36±0.71$^{d}$ |
| 60 | 68.30±0.89$^{a}$ | 68.31±1.32$^{ab}$ | 69.27±1.61$^{ab}$ | 4.88±0.12$^{de}$ | 5.09±0.26$^{d}$ | 5.16±0.63$^{cd}$ | 26.02±0.06$^{d}$ | 25.75±0.67$^{c}$ | 25.21±0.80$^{de}$ |
| 70 | 67.52±0.26$^{ab}$ | 67.79±0.77$^{bcd}$ | 69.21±0.79$^{ab}$ | 5.47±0.33$^{c}$ | 5.72±0.27$^{bc}$ | 5.67±0.40$^{abc}$ | 27.27±0.18$^{c}$ | 27.13±0.35$^{b}$ | 25.86±0.96$^{cd}$ |
| 80 | 67.50±2.43$^{ab}$ | 69.17±0.54$^{a}$ | 69.65±0.52$^{a}$ | 5.49±0.15$^{c}$ | 5.18±0.23$^{d}$ | 5.08±0.24$^{cde}$ | 26.87±0.26$^{c}$ | 26.58±0.20$^{bc}$ | 26.72±0.55$^{bc}$ |
| 90 | 66.21±2.11$^{bc}$ | 67.91±0.81$^{a-d}$ | 69.87±0.83$^{a}$ | 5.18±0.29$^{cd}$ | 5.45±0.26$^{cd}$ | 5.24±0.33$^{cd}$ | 26.90±0.13$^{c}$ | 26.74±0.67$^{bc}$ | 26.25±0.39$^{cd}$ |
| 100 | 67.76±0.26$^{ab}$ | 66.85±0.87$^{d}$ | 67.43±0.46$^{c}$ | 5.93±0.14$^{b}$ | 5.63±0.50$^{bc}$ | 6.24±0.38$^{a}$ | 28.05±0.32$^{ab}$ | 27.66±1.97$^{b}$ | 28.08±0.32$^{a}$ |
| 110 | 66.13±0.29$^{bc}$ | 66.92±0.41$^{cd}$ | 70.04±1.18$^{a}$ | 6.48±0.43$^{a}$ | 5.97±0.33$^{b}$ | 6.06±0.30$^{ab}$ | 27.60±0.80$^{bc}$ | 26.68±1.29$^{bc}$ | 27.93±0.42$^{a}$ |
| 120 | 66.12±1.14$^{bc}$ | 66.76±1.18$^{d}$ | 69.89±1.11$^{a}$ | 6.27±0.44$^{ab}$ | 6.78±0.20$^{a}$ | 6.07±0.85$^{ab}$ | 28.58±0.82$^{a}$ | 29.35±0.42$^{a}$ | 27.57±1.04$^{ab}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 2** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา | ค่าความสว่าง (L*) | | | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) | | | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (วัน) | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C |
| 0 | 66.94±0.59$^{bcd}$ | 66.94±0.59$^{de}$ | 66.94±0.59$^{f}$ | 4.50±0.12$^{g}$ | 4.50±0.12$^{f}$ | 4.50±0.12$^{e-g}$ | 20.01±0.47$^{h}$ | 20.01±0.47$^{f}$ | 20.01±0.47$^{e}$ |
| 10 | 68.61±1.23$^{a}$ | 67.31±0.53$^{cde}$ | 67.30±2.17$^{ef}$ | 4.61±0.12$^{fg}$ | 5.31±0.32$^{cd}$ | 3.86±0.87$^{g}$ | 20.09±0.50$^{h}$ | 20.32±0.47$^{f}$ | 20.27±0.19$^{e}$ |
| 20 | 66.49±0.53$^{cde}$ | 66.55±0.98$^{e}$ | 67.15±0.49$^{ef}$ | 4.61±0.22$^{fg}$ | 4.93±0.33$^{def}$ | 4.63±0.72$^{c-g}$ | 24.62±0.40$^{g}$ | 24.58±0.59$^{e}$ | 23.28±2.88$^{d}$ |
| 30 | 68.46±0.47$^{a}$ | 69.83±1.20$^{a}$ | 68.61±1.49d$^{ef}$ | 5.07±0.07$^{e}$ | 5.00±0.32$^{def}$ | 4.10±0.39$^{fg}$ | 25.29±0.25$^{f}$ | 26.05±0.52$^{cd}$ | 25.53±0.20$^{abc}$ |
| 40 | 66.30±0.77$^{de}$ | 68.46±0.46$^{abc}$ | 69.28±1.48$^{c-f}$ | 4.73±0.27$^{efg}$ | 4.91±0.23$^{def}$ | 4.60±0.20$^{d-g}$ | 26.32±0.20$^{e}$ | 25.99±0.61$^{cd}$ | 23.79±0.94$^{cd}$ |
| 50 | 67.02±1.44$^{bcd}$ | 68.38±1.30$^{a-d}$ | 69.44±0.69$^{cde}$ | 5.13±0.23$^{e}$ | 5.03±0.34$^{def}$ | 4.77±0.12$^{b-f}$ | 26.12±0.22$^{e}$ | 25.40±0.48$^{de}$ | 25.26±0.74$^{a-d}$ |
| 60 | 67.33±1.32$^{a-d}$ | 69.16±1.31$^{ab}$ | 71.00±1.26$^{bcd}$ | 4.96±0.26$^{ef}$ | 4.70±0.29$^{ef}$ | 5.47±0.18$^{abc}$ | 25.41±0.43$^{f}$ | 25.90±1.20$^{cd}$ | 24.01±0.85$^{cd}$ |
| 70 | 66.69±0.93$^{bcd}$ | 68.21±1.39$^{bcd}$ | 70.08±0.91$^{cd}$ | 6.18±0.30$^{c}$ | 5.07±0.13$^{de}$ | 5.13±0.73$^{a-e}$ | 26.34±0.20$^{e}$ | 26.66±0.29$^{bc}$ | 25.15±0.96$^{a-d}$ |
| 80 | 68.61±0.50$^{a}$ | 68.68±0.56$^{abc}$ | 71.60±2.30$^{a}$ | 5.69±0.36$^{d}$ | 5.91±0.45$^{b}$ | 5.52±0.62$^{ab}$ | 27.21±0.49$^{d}$ | 26.24±0.49$^{cd}$ | 23.71±1.96$^{cd}$ |
| 90 | 67.95±1.40$^{abc}$ | 68.17±0.48$^{bcd}$ | 70.95±1.99$^{bcd}$ | 5.77±0.54$^{cd}$ | 5.69±0.34$^{bc}$ | 5.30±0.36$^{a-e}$ | 26.96±0.69$^{d}$ | 27.41±0.41$^{b}$ | 24.95±1.16$^{a-d}$ |
| 100 | 68.08±0.44$^{ab}$ | 67.81±0.55$^{b-d}$ | 71.07±1.62$^{bc}$ | 6.02±0.40$^{cd}$ | 6.14±0.25$^{b}$ | 5.42±0.51$^{a-d}$ | 28.49±0.49$^{c}$ | 27.25±1.20$^{b}$ | 26.19±1.54$^{ab}$ |
| 110 | 66.62±0.46$^{cd}$ | 66.42±1.04$^{e}$ | 72.79±1.61$^{a}$ | 7.15±0.12$^{a}$ | 6.16±0.45$^{b}$ | 5.29±0.24$^{a-e}$ | 29.14±0.44$^{b}$ | 27.32±0.27$^{b}$ | 24.55±1.52$^{bcd}$ |
| 120 | 67.23±0.34$^{a-d}$ | 68.01±0.76$^{bcd}$ | 72.68±1.49$^{b}$ | 6.67±0.23$^{b}$ | 7.47±0.55$^{a}$ | 5.80±0.76$^{a}$ | 29.91±0.38$^{a}$ | 29.70±0.58$^{a}$ | 26.95±1.19$^{a}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 3** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ความชื้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป (ร้อยละ) | | | ความชื้นแคบหมู (ร้อยละ) | | | ดัชนีการพองตัว (เท่า) | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง ns | 40 °C ns | 50 °C ns | อุณหภูมิห้อง ns | 40 °C ns | 50 °C |
| 0 | 7.48±0.09$^{a}$ | 7.48±0.09$^{a}$ | 7.48±0.09$^{a}$ | 2.11±0.03$^{ab}$ | 2.11±0.03$^{a}$ | 2.11±0.03$^{a}$ | 6.22±1.11 | 6.22±1.11 | 6.22±1.11 | 17.81±1.51 | 17.81±1.51 | 17.81±1.51$^{a}$ |
| 10 | 7.45±0.08$^{a}$ | 6.65±0.06$^{b}$ | 5.76±0.15$^{b}$ | 2.24±0.14$^{a}$ | 1.89±0.04$^{a-d}$ | 1.98±0.07$^{ab}$ | 6.29±0.19 | 6.46±0.31 | 7.58±0.23 | 17.63±3.12 | 17.41±2.50 | 17.46±3.58$^{a}$ |
| 20 | 6.89±0.30$^{b}$ | 5.73±0.37$^{c}$ | 2.68±0.06$^{c}$ | 2.17±0.07$^{a}$ | 1.89±0.14$^{a-d}$ | 1.89±0.14$^{abc}$ | 6.44±0.06 | 6.69±2.38 | 7.56±2.47 | 17.61±1.26 | 17.50±2.21 | 17.34±1.90$^{ab}$ |
| 30 | 6.47±0.23$^{c}$ | 5.09±0.09$^{d}$ | 2.28±0.05$^{d}$ | 2.09±0.08$^{ab}$ | 2.06±0.05$^{ab}$ | 2.00±0.16$^{ab}$ | 6.31±0.43 | 6.55±0.76 | 7.73±1.15 | 17.59±1.80 | 16.86±1.37 | 16.51±1.73$^{abc}$ |
| 40 | 6.51±0.21$^{bc}$ | 4.60±0.12$^{e}$ | 1.93±0.02$^{e}$ | 2.17±0.09$^{a}$ | 1.87±0.25$^{a-d}$ | 1.91±0.05$^{abc}$ | 6.45±0.96 | 7.19±0.33 | 7.55±1.65 | 17.83±2.48 | 17.36±1.60 | 16.37±2.73$^{a-d}$ |
| 50 | 6.57±0.35$^{bc}$ | 3.69±0.02$^{f}$ | 1.94±0.02$^{e}$ | 2.18±0.08$^{a}$ | 1.95±0.07$^{abc}$ | 1.81±0.15$^{bcd}$ | 6.44±0.61 | 7.28±1.40 | 7.68±0.22 | 18.75±1.10 | 17.35±2.17 | 16.13±2.22$^{a-d}$ |
| 60 | 6.25±0.17$^{c}$ | 3.46±0.11$^{f}$ | 1.87±0.10$^{ef}$ | 2.17±0.05$^{a}$ | 2.08±0.05$^{ab}$ | 1.88±0.06$^{bc}$ | 6.38±0.21 | 7.28±0.70 | 7.52±2.77 | 18.76±2.62 | 17.35±1.54 | 15.86±2.51$^{a-d}$ |
| 70 | 6.44±0.22$^{c}$ | 3.05±0.13$^{g}$ | 1.68±0.02$^{g}$ | 2.10±0.09$^{ab}$ | 2.00±0.02$^{abc}$ | 1.74±0.05$^{cde}$ | 6.24±0.89 | 7.35±0.41 | 7.38±1.19 | 18.41±1.96 | 17.75±2.41 | 15.99±3.45$^{a-d}$ |
| 80 | 6.34±0.38$^{c}$ | 2.85±0.07$^{gh}$ | 1.78±0.03$^{fg}$ | 1.99±0.04$^{abc}$ | 2.07±0.15$^{ab}$ | 1.65±0.01$^{de}$ | 6.31±0.65 | 7.00±0.26 | 7.34±0.96 | 18.33±1.99 | 17.56±1.88 | 14.70±2.41$^{cde}$ |
| 90 | 6.39±0.15$^{c}$ | 3.01±0.13$^{gh}$ | 1.68±0.09$^{g}$ | 2.05±0.15$^{abc}$ | 2.03±0.16$^{abc}$ | 1.64±0.06$^{de}$ | 6.41±0.90 | 7.17±0.60 | 7.50±1.01 | 18.29±2.39 | 18.06±1.93 | 14.90±2.18$^{b-e}$ |
| 100 | 5.68±0.23$^{d}$ | 2.77±0.14$^{h}$ | 1.42±0.05$^{h}$ | 1.79±0.03$^{cd}$ | 1.84±0.20$^{bcd}$ | 1.61±0.22$^{de}$ | 6.32±0.97 | 7.03±0.80 | 7.81±0.60 | 18.50±2.57 | 18.16±2.94 | 13.96±2.12$^{de}$ |
| 110 | 5.68±0.19$^{d}$ | 2.23±0.16$^{i}$ | 1.49±0.07$^{h}$ | 1.89±0.14$^{bcd}$ | 1.66±0.22$^{d}$ | 1.69±0.22$^{cde}$ | 6.28±0.25 | 7.28±0.98 | 7.96±1.06 | 18.44±2.91 | 17.77±2.37 | 13.45±2.41$^{ef}$ |
| 120 | 5.74±0.10$^{d}$ | 2.32±0.07$^{i}$ | 1.37±0.01$^{h}$ | 1.71±0.39$^{d}$ | 1.79±0.11$^{cd}$ | 1.57±0.06$^{d}$ | 6.36±0.97 | 7.36±0.49 | 7.87±0.13 | 18.10±2.19 | 18.05±2.56 | 11.63±1.42$^{f}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 4** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ความชื้นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูป (ร้อยละ) | | | ความชื้นแคบหมู (ร้อยละ) | | | ดัชนีการพองตัว (เท่า) | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง ns | 40 °C ns | 50 °C ns | อุณหภูมิห้อง ns | 40 °C ns | 50 °C |
| 0 | 7.48±0.09$^{a}$ | 7.48±0.09$^{a}$ | 7.48±0.09$^{a}$ | 2.11±0.03$^{a}$ | 2.11±0.03$^{a}$ | 2.11±0.03$^{a}$ | 6.22±1.11 | 6.22±1.11 | 6.22±1.11 | 17.81±1.51 | 17.81±1.51 | 17.81±1.51$^{a}$ |
| 10 | 6.96±0.26$^{b}$ | 6.52±0.10$^{b}$ | 5.62±0.26$^{b}$ | 2.19±0.12$^{a}$ | 2.12±0.05$^{a}$ | 2.18±0.15$^{a}$ | 6.48±0.20 | 7.45±0.69 | 7.75±0.45 | 17.99±3.89 | 18.04±2.22 | 17.54±2.19$^{ab}$ |
| 20 | 6.84±0.23$^{b}$ | 6.66±0.12$^{b}$ | 3.71±0.29$^{c}$ | 2.00±0.13$^{ab}$ | 1.92±0.02$^{abc}$ | 2.04±0.11$^{ab}$ | 7.16±0.58 | 7.50±2.81 | 7.71±1.36 | 18.40±1.60 | 17.62±1.88 | 17.61±2.17$^{a}$ |
| 30 | 6.86±0.36$^{b}$ | 5.59±0.28$^{c}$ | 2.25±0.06$^{d}$ | 2.15±0.08$^{a}$ | 2.14±0.06$^{a}$ | 1.84±0.00$^{bc}$ | 7.21±0.78 | 7.54±1.38 | 8.24±1.52 | 18.41±1.29 | 17.56±2.13 | 16.24±2.31$^{abc}$ |
| 40 | 7.00±0.25$^{b}$ | 5.38±0.26$^{c}$ | 1.69±0.04$^{e}$ | 2.05±0.15$^{a}$ | 2.06±0.10$^{ab}$ | 2.04±0.25$^{ab}$ | 7.19±0.33 | 7.43±0.72 | 8.22±1.39 | 17.95±2.10 | 16.95±3.13 | 15.91±2.96$^{a-d}$ |
| 50 | 6.93±0.04$^{b}$ | 4.08±0.07$^{d}$ | 1.69±0.04$^{e}$ | 2.17±0.07$^{a}$ | 2.00±0.11$^{ab}$ | 1.78±0.09$^{c}$ | 6.80±1.08 | 7.49±0.83 | 8.11±0.80 | 18.55±3.14 | 16.70±2.76 | 15.84±1.52$^{a-d}$ |
| 60 | 7.02±0.10$^{b}$ | 3.28±0.13$^{e}$ | 1.44±0.09$^{f}$ | 2.05±0.06$^{a}$ | 1.98±0.23$^{ab}$ | 1.74±0.07$^{c}$ | 6.90±1.31 | 7.44±1.09 | 8.07±1.21 | 18.37±2.58 | 17.50±1.81 | 15.25±3.10$^{bcd}$ |
| 70 | 6.18±0.14$^{cd}$ | 3.10±0.05$^{e}$ | 1.28±0.01$^{fg}$ | 2.21±0.05$^{a}$ | 2.03±0.17$^{ab}$ | 1.69±0.29$^{cd}$ | 7.11±0.56 | 7.45±0.60 | 7.90±0.87 | 18.78±2.43 | 16.91±2.02 | 15.32±3.31$^{bcd}$ |
| 80 | 6.34±0.16$^{c}$ | 3.21±0.10$^{e}$ | 1.31±0.03$^{fg}$ | 2.18±0.12$^{a}$ | 1.85±0.04$^{abc}$ | 1.71±0.14$^{c}$ | 6.87±0.98 | 7.21±1.03 | 8.14±0.64 | 18.87±2.92 | 16.65±2.04 | 15.24±1.27$^{bcd}$ |
| 90 | 6.46±0.22$^{c}$ | 2.84±0.07$^{f}$ | 1.46±0.13$^{f}$ | 2.22±0.06$^{a}$ | 1.93±0.04$^{abc}$ | 1.63±0.05$^{cd}$ | 6.75±0.60 | 7.28±0.53 | 8.31±0.67 | 18.45±2.51 | 16.33±2.40 | 14.43±1.82$^{cde}$ |
| 100 | 5.88±0.03$^{d}$ | 2.66±0.15$^{f}$ | 1.27±0.07$^{fg}$ | 2.18±0.10$^{a}$ | 1.79±0.41$^{bc}$ | 1.61±0.05$^{cd}$ | 6.77±0.98 | 7.23±1.06 | 8.64±0.81 | 18.09±1.70 | 15.73±2.31 | 13.73±2.98$^{def}$ |
| 110 | 6.16±0.06$^{cd}$ | 2.65±0.03$^{f}$ | 1.12±0.06$^{g}$ | 2.06±0.28$^{a}$ | 1.80±0.11$^{bc}$ | 1.65±0.10$^{cd}$ | 6.88±0.70 | 7.58±0.12 | 8.93±0.59 | 18.10±1.87 | 15.54±2.28 | 12.33±1.41$^{ef}$ |
| 120 | 5.82±0.30$^{d}$ | 1.98±0.19$^{g}$ | 1.14±0.04$^{g}$ | 1.77±0.26$^{b}$ | 1.64±0.10$^{c}$ | 1.45±0.06$^{d}$ | 6.97±0.33 | 7.67±0.82 | 9.05±0.31 | 18.26±2.01 | 15.21±2.48 | 12.24±1.58$^{f}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 5** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ค่าความสว่าง (L*) | | | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) | | | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C |
| 0 | 65.33±0.81$^{bcd}$ | 65.33±0.81$^{b}$ | 65.33±0.81$^{b}$ | 5.63±0.20$^{b}$ | 5.63±0.20$^{c}$ | 5.63±0.20$^{c}$ | 20.22±0.37$^{e}$ | 20.22±0.37$^{c}$ | 20.22±0.37$^{d}$ |
| 10 | 65.13±1.05$^{cd}$ | 64.92±0.19$^{b}$ | 65.94±0.51$^{ab}$ | 5.64±0.14$^{b}$ | 6.41±0.15$^{b}$ | 5.62±0.16$^{c}$ | 21.42±0.59$^{d}$ | 21.60±0.56$^{b}$ | 21.36±0.26$^{c}$ |
| 20 | 64.31±1.32$^{d}$ | 62.79±1.37$^{c}$ | 64.53±1.43$^{b}$ | 6.56±0.30$^{a}$ | 7.01±0.08$^{a}$ | 6.64±0.11$^{b}$ | 25.17±0.14$^{c}$ | 28.86±0.47$^{a}$ | 28.09±0.29$^{b}$ |
| 30 | 66.83±1.08$^{ab}$ | 65.26±0.79$^{b}$ | 67.13±0.66$^{a}$ | 6.29±0.53$^{a}$ | 6.75±0.19$^{ab}$ | 7.08±0.26$^{a}$ | 27.48±0.88$^{b}$ | 29.27±0.23$^{a}$ | 29.66±0.54$^{a}$ |
| 40 | 66.01±0.69$^{abc}$ | 67.44±0.89$^{a}$ | | 6.46±0.23$^{a}$ | 6.86±0.45$^{a}$ | | 28.36±0.30$^{a}$ | 28.70±0.72$^{a}$ | |
| 50 | 67.05±1.04$^{a}$ | | | 7.07±0.28$^{a}$ | | | 28.35±0.68$^{a}$ | | |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 6** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | | การพองตัว | | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | | กลิ่นรสหืน | | ความชอบรวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns |
| 0 | 7.20±1.03 | 7.20±1.03 | 7.60±0.84 | 7.60±0.84 | 8.00±0.82 | 8.00±0.82 | 7.70±0.82$^{a}$ | 7.60±0.84 | 7.50±1.08 | 7.50±1.08 |
| 10 | 7.40±0.97 | 7.60±0.70 | 7.50±0.85 | 7.40±0.84 | 7.50±0.97 | 8.00±0.82 | 7.60±0.84$^{a}$ | 7.80±0.79 | 7.10±0.88 | 7.50±0.53 |
| 20 | 7.00±0.94 | 6.80±1.23 | 7.30±0.95 | 7.20±0.92 | 7.80±0.92 | 7.50±1.08 | 7.30±0.82$^{ab}$ | 7.10±0.57 | 7.00±0.82 | 7.00±0.47 |
| 30 | 7.10±0.88 | 7.10±0.74 | 7.00±0.82 | 7.00±0.82 | 7.70±0.95 | 7.50±0.85 | 7.40±1.07$^{a}$ | 7.40±0.97 | 7.40±0.84 | 7.40±0.70 |
| 40 | 7.50±1.35 | 7.50±0.97 | 7.20±0.92 | 7.20±1.23 | 7.60±0.84 | 7.40±0.84 | 7.50±0.85$^{a}$ | 7.30±0.67 | 7.40±0.70 | 7.30±0.67 |
| 50 | 7.20±0.92 | 7.10±0.99 | 6.90±0.74 | 7.10±1.37 | 7.50±0.85 | 7.20±1.14 | 7.50±0.71$^{a}$ | 6.70±1.16 | 7.20±1.03 | 7.00±0.94 |
| 60 | 7.40±0.52 | 7.40±0.84 | 6.60±0.84 | 6.80±1.23 | 7.30±0.95 | 7.50±0.85 | 7.20±0.79$^{a}$ | 6.90±0.57 | 7.10±0.88 | 7.30±0.67 |
| 70 | 7.70±0.67 | 7.60±0.70 | 7.50±0.71 | 7.40±0.70 | 7.90±0.57 | 7.00±1.33 | 7.40±1.26$^{a}$ | 6.90±1.45 | 7.70±0.48 | 6.80±1.14 |
| 80 | 7.00±0.67 | 7.10±0.88 | 6.70±0.82 | 7.20±0.79 | 7.10±0.88 | 7.60±0.84 | 7.30±1.57$^{a}$ | 7.40±0.70 | 7.10±0.74 | 7.40±0.70 |
| 90 | 7.20±0.63 | 6.80±1.23 | 6.40±1.43 | 6.70±1.06 | 7.60±0.97 | 7.40±0.84 | 7.00±0.82$^{ab}$ | 6.80±0.92 | 7.50±0.97 | 6.90±0.74 |
| 100 | 7.40±0.70 | 7.00±1.56 | 6.80±0.63 | 6.90±1.29 | 6.50±1.43 | 6.50±2.01 | 7.00±0.67$^{ab}$ | 6.20±1.93 | 6.50±1.43 | 6.30±1.89 |
| 110 | 7.50±0.71 | 7.60±0.84 | 7.60±0.97 | 7.70±0.82 | 7.60±1.17 | 7.50±0.97 | 6.90±0.88$^{ab}$ | 7.30±1.16 | 7.60±0.97 | 7.30±1.06 |
| 120 | 7.40±1.07 | 7.20±1.23 | 6.90±1.29 | 6.80±1.55 | 7.70±0.95 | 7.40±1.65 | 6.10±1.52$^{b}$ | 6.80±1.81 | 7.40±1.17 | 7.10±1.52 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 7** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | | การพองตัว | | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | | กลิ่นรสหืน | | ความชอบรวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns |
| 0 | 7.20±1.03 | 7.20±1.03 | 7.60±0.84 | 7.60±0.84 | 8.00±0.82 | 8.00±0.82 | 7.60±0.84 | 7.60±0.84 | 7.50±1.08 | 7.50±1.08 |
| 10 | 7.70±0.95 | 7.30±1.06 | 7.50±0.85 | 7.40±0.84 | 7.80±0.79 | 7.80±0.79 | 7.30±1.25 | 7.50±0.71 | 7.10±1.29 | 7.30±0.67 |
| 20 | 6.80±1.14 | 7.20±0.92 | 7.20±1.03 | 7.20±0.92 | 7.60±1.07 | 7.40±1.07 | 7.00±1.25 | 7.00±0.82 | 7.20±0.92 | 6.70±1.16 |
| 30 | 7.80±0.42 | 7.10±0.74 | 7.00±0.82 | 6.70±0.67 | 7.80±0.79 | 7.50±0.97 | 7.20±0.79 | 7.30±0.82 | 7.50±0.85 | 7.30±0.67 |
| 40 | 7.20±1.40 | 7.50±0.97 | 7.30±0.67 | 7.20±1.23 | 7.90±0.74 | 7.30±1.49 | 7.40±0.84 | 7.00±1.05 | 7.40±0.70 | 7.10±1.10 |
| 50 | 7.10±1.37 | 7.20±0.92 | 6.80±1.23 | 6.70±1.83 | 7.30±1.42 | 7.20±1.03 | 6.70±1.16 | 6.90±0.74 | 6.70±1.25 | 6.60±1.17 |
| 60 | 7.00±1.25 | 7.40±0.84 | 6.60±0.84 | 6.90±1.29 | 7.20±0.92 | 7.40±1.51 | 6.80±1.14 | 7.40±0.52 | 7.00±0.82 | 7.40±0.70 |
| 70 | 7.70±0.48 | 7.70±0.48 | 7.30±0.67 | 7.30±0.48 | 7.10±1.37 | 7.20±1.40 | 7.40±0.70 | 7.10±0.74 | 7.40±0.70 | 6.90±1.10 |
| 80 | 7.00±0.82 | 7.10±1.37 | 6.80±1.14 | 7.20±1.62 | 7.20±1.81 | 7.00±1.56 | 7.40±1.35 | 7.30±0.95 | 7.40±1.43 | 7.40±0.97 |
| 90 | 6.60±1.65 | 7.50±0.85 | 6.60±1.78 | 6.70±1.16 | 7.00±1.56 | 7.30±0.95 | 7.10±1.10 | 6.90±0.99 | 6.80±1.62 | 7.10±0.88 |
| 100 | 7.50±0.97 | 7.20±0.63 | 6.80±1.14 | 7.20±0.63 | 6.80±1.69 | 6.90±2.08 | 6.00±2.00 | 6.80±1.93 | 6.10±1.91 | 6.90±2.08 |
| 110 | 8.10±0.88 | 7.70±0.82 | 7.80±1.03 | 7.40±0.84 | 6.70±2.00 | 7.00±1.05 | 6.80±1.69 | 6.90±1.52 | 6.90±1.66 | 7.10±0.88 |
| 120 | 7.20±0.92 | 7.10±1.37 | 6.70±1.34 | 6.60±1.51 | 7.40±0.97 | 7.20±1.32 | 7.10±1.29 | 6.80±1.23 | 7.20±1.03 | 7.10±0.99 |

**หมายเหตุ** : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

**ตารางผนวกที่ 8** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | | การพองตัว | | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | | กลิ่นรสหืน | | ความชอบรวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns |
| 0 | 7.20±1.03 | 7.20±1.03 | 7.60±0.84 | 7.60±0.84 | 8.00±0.82$^{a}$ | 8.00±0.82$^{a}$ | 7.60±0.84$^{a}$ | 7.60±0.84$^{a}$ | 7.50±1.08 | 7.50±1.08 |
| 10 | 7.20±1.48 | 7.60±1.07 | 7.30±0.95 | 7.60±0.84 | 7.80±0.79$^{a}$ | 7.80±1.03$^{ab}$ | 7.30±0.82$^{ab}$ | 7.50±0.97$^{a}$ | 7.00±1.49 | 7.20±1.14 |
| 20 | 7.30±0.67 | 7.10±0.99 | 7.30±0.82 | 7.30±0.95 | 7.40±1.17$^{ab}$ | 7.50±1.08$^{ab}$c | 7.50±0.85$^{ab}$ | 7.50±0.85$^{a}$ | 6.50±0.71 | 6.90±0.88 |
| 30 | 7.50±0.53 | 7.50±0.53 | 7.30±0.67 | 7.10±0.57 | 7.30±1.16$^{ab}$ | 7.60±0.97$^{abc}$ | 7.30±0.82$^{ab}$ | 7.20±1.03$^{a}$ | 7.50±0.53 | 7.40±0.97 |
| 40 | 7.50±1.51 | 7.50±0.85 | 7.50±0.53 | 7.30±0.67 | 7.30±1.16$^{ab}$ | 7.30±0.95$^{abc}$ | 7.20±0.79$^{ab}$ | 7.10±0.88$^{a}$ | 7.20±0.92 | 7.20±0.63 |
| 50 | 7.00±1.25 | 6.90±1.29 | 7.00±1.05 | 6.70±1.34 | 7.60±0.84$^{ab}$ | 6.90±0.99$^{abc}$ | 6.80±0.92$^{abc}$ | 7.20±0.79$^{a}$ | 6.60±1.26 | 6.40±1.35 |
| 60 | 7.40±0.97 | 6.60±1.17 | 7.00±0.82 | 6.40±1.35 | 7.20±0.79$^{abc}$ | 7.00±1.41$^{abc}$ | 7.10±0.74$^{abc}$ | 6.90±1.52$^{ab}$ | 7.40±0.70 | 6.70±1.16 |
| 70 | 7.70±0.82 | 7.50±0.85 | 7.10±0.74 | 7.10±0.74 | 7.20±0.79$^{abc}$ | 7.10±2.13$^{abc}$ | 6.50±1.08$^{abc}$ | 7.00±0.94$^{ab}$ | 6.70±1.42 | 6.80±1.48 |
| 80 | 6.90±1.20 | 7.50±0.85 | 7.20±1.40 | 7.60±0.52 | 6.70±1.57$^{abc}$ | 7.20±1.03$^{abc}$ | 6.70±1.49$^{abc}$ | 6.60±1.90$^{abc}$ | 6.80±1.75 | 7.10±1.20 |
| 90 | 6.60±1.51 | 6.70±1.25 | 6.80±1.14 | 6.90±0.74 | 6.90±1.45$^{abc}$ | 6.70±1.95$^{a-d}$ | 6.60±2.01$^{abc}$ | 6.80±0.92$^{abc}$ | 6.50±1.08 | 6.50±1.08 |
| 100 | 7.20±1.03 | 6.80±1.14 | 7.20±0.79 | 7.00±0.82 | 6.40±1.90$^{bc}$ | 6.50±1.18$^{bcd}$ | 6.50±1.51$^{abc}$ | 6.60±1.07$^{abc}$ | 6.60±2.17 | 6.70±2.11 |
| 110 | 7.70±0.67 | 7.10±1.20 | 7.50±0.97 | 6.90±0.99 | 6.30±2.3$^{bc}$ | 6.30±1.95$^{cd}$ | 6.40±1.07$^{bc}$ | 6.00±1.25$^{bc}$ | 6.10±1.60 | 5.90±0.88 |
| 120 | 7.20±0.92 | 7.10±0.99 | 6.70±1.57 | 7.00±0.82 | 5.90±1.73$^{c}$ | 5.60±0.70$^{d}$ | 6.00±1.25$^{c}$ | 5.80±1.14$^{c}$ | 6.60±1.26 | 7.00±1.05 |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 9** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | | การพองตัว | | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | | กลิ่นรสหืน | | ความชอบรวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ |
| 0 | 7.60±0.52 | 7.60±0.52 | 7.70±0.82 | 7.70±0.82 | 7.80±0.79$^{a}$ | 7.80±0.79$^{a}$ | 7.40±1.17$^{a}$ | 7.40±1.17$^{a}$ | 7.40±0.70$^{a}$ | 7.40±0.70$^{a}$ |
| 10 | 7.20±1.03 | 7.20±0.79 | 7.40±1.26 | 7.30±1.16 | 7.70±0.95$^{a}$ | 7.40±0.90$^{ab}$ | 7.20±1.03$^{ab}$ | 7.30±0.82$^{ab}$ | 6.70±1.25$^{ab}$ | 6.40±1.17$^{a}$ |
| 20 | 6.70±0.95 | 7.00±0.94 | 6.80±0.92 | 6.60±0.84 | 6.40±1.71$^{b}$ | 6.90±1.10$^{abc}$ | 6.20±1.48$^{abc}$ | 6.80±0.79$^{ab}$ | 6.10±1.29$^{abc}$ | 6.40±0.84$^{a}$ |
| 30 | 6.80±1.32 | 7.00±0.67 | 6.70±0.48 | 6.90±0.32 | 6.40±1.51$^{b}$ | 6.40±2.17$^{bc}$ | 5.80±1.32$^{bc}$ | 6.30±1.16$^{ab}$ | 5.70±1.16$^{bc}$ | 6.30±1.06$^{a}$ |
| 40 | 6.20±1.14 | 6.40±1.51 | 6.80±1.78 | 6.40±1.35 | 5.90±1.97$^{b}$ | 5.90±1.10$^{cd}$ | 5.30±1.95$^{c}$ | 6.10±1.60$^{bc}$ | 5.70±1.70$^{bc}$ | 6.30±1.77$^{a}$ |
| 50 | 6.70±1.57 | 6.90±1.29 | 6.50±1.32 | 6.90±1.37 | 4.40±1.17$^{c}$ | 5.00±1.56$^{de}$ | 5.00±1.83$^{c}$ | 5.10±1.97$^{cd}$ | 5.20±1.69$^{c}$ | 5.00±1.89$^{b}$ |
| 60 | | 6.70±0.82 | | 6.90±0.88 | | 3.80±1.62$^{e}$ | | 4.20±1.62$^{d}$ | | 4.10±1.52$^{b}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 10** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | | การพองตัว | | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | | กลิ่นรสหืน | | ความชอบรวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ |
| 0 | 7.60±0.52$^{a}$ | 7.60±0.52 | 7.70±0.82 | 7.70±0.82 | 7.80±0.79$^{a}$ | 7.80±0.70$^{a}$ | 7.40±1.17$^{a}$ | 7.40±1.17$^{a}$ | 7.40±0.70$^{a}$ | 7.40±0.70$^{a}$ |
| 10 | 7.40±0.84$^{a}$ | 7.20±0.92 | 7.30±0.95 | 7.30±1.16 | 7.50±0.85$^{ab}$ | 7.50±1.08$^{ab}$ | 7.20±1.2$^{ab}$ | 7.40±0.84$^{a}$ | 6.40±1.17$^{ab}$ | 6.60±0.97$^{abc}$ |
| 20 | 6.80±0.79$^{ab}$ | 6.60±1.07 | 7.00±1.05 | 6.90±1.20 | 6.60±1.43$^{abc}$ | 7.20±1.2$^{abc}$ | 6.00±1.15$^{bc}$ | 6.70±0.82$^{ab}$ | 6.00±1.94$^{bc}$ | 6.20±1.03$^{abc}$ |
| 30 | 6.40±1.58$^{b}$ | 7.00±0.82 | 6.90±0.74 | 7.00±0.47 | 6.50±1.96$^{bc}$ | 7.20±0.92$^{abc}$ | 5.90±1.60$^{bc}$ | 6.40±1.51$^{ab}$ | 5.40±1.58$^{bc}$ | 6.80±1.14$^{ab}$ |
| 40 | 6.20±1.40$^{b}$ | 6.60±1.51 | 6.60±1.71 | 6.80±1.62 | 5.40±1.71$^{c}$ | 7.00±1.33$^{a-d}$ | 4.70±1.95$^{c}$ | 6.70±1.16$^{ab}$ | 4.90±1.73$^{c}$ | 6.40±1.35$^{abc}$ |
| 50 | 7.60±0.52$^{a}$ | 6.90±1.29 | 7.70±0.82 | 6.90±1.37 | 7.80±0.79$^{a}$ | 6.80±1.48$^{a-d}$ | 7.40±1.17$^{a}$ | 6.00±1.41$^{ab}$ | 7.40±0.70$^{a}$ | 6.40±1.35$^{abc}$ |
| 60 | | 6.70±1.06 | | 7.10±0.74 | | 6.70±1.70$^{a-e}$ | | 6.20±1.32$^{ab}$ | | 6.10±1.37$^{abc}$ |
| 70 | | 7.50±0.85 | | 7.30±0.48 | | 6.50±1.51$^{a-e}$ | | 5.70±2.00$^{bc}$ | | 6.40±1.51$^{abc}$ |
| 80 | | 7.30±1.06 | | 6.90±0.88 | | 6.30±1.64$^{b-e}$ | | 5.50±1.18$^{bc}$ | | 6.00±1.76$^{abc}$ |
| 90 | | 7.80±1.03 | | 7.00±1.33 | | 6.00±1.70$^{cde}$ | | 5.70±2.06$^{bc}$ | | 5.60±1.90$^{bcd}$ |
| 100 | | 6.90±0.99 | | 6.70±0.82 | | 5.70±2.06$^{de}$ | | 5.50±1.78$^{bc}$ | | 5.40±1.35$^{bcd}$ |
| 110 | | 6.70±1.34 | | 7.10±1.20 | | 5.30±2.00$^{cf}$ | | 5.30±2.06$^{bc}$ | | 5.20±1.93$^{cd}$ |
| 120 | | 6.30±1.57 | | 6.60±1.58 | | 4.20±1.23$^{f}$ | | 4.20±1.48$^{c}$ | | 4.50±1.43$^{d}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 11** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา และแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | | การพองตัว | | เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) | | กลิ่นรสหืน | | ความชอบรวม | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา ns | บรรจุสุญญากาศ ns | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ | บรรจุธรรมดา | บรรจุสุญญากาศ |
| 0 | 7.60±0.52$^{a}$ | 7.60±0.52$^{a}$ | 7.70±0.82 | 7.70±0.82 | 7.80±0.79 | 7.80±0.79 | 7.40±1.17$^{a}$ | 7.40±1.17$^{a}$ | 7.40±0.70$^{a}$ | 7.40±0.70$^{a}$ |
| 10 | 7.40±0.97$^{ab}$ | 7.30±0.95$^{a}$ | 7.60±0.84 | 7.30±1.06 | 7.60±0.97 | 7.70±0.95 | 7.20±0.79$^{a}$ | 7.30±0.82$^{a}$ | 6.30±1.34$^{ab}$ | 6.60±0.84$^{ab}$ |
| 20 | 6.90±0.74$^{bc}$ | 6.50±0.97$^{b}$ | 6.80±0.92 | 7.00±1.05 | 6.90±1.66 | 7.40±1.17 | 5.80±1.62$^{b}$ | 5.50±1.43$^{b}$ | 5.10±0.99$^{bc}$ | 5.40±1.51$^{b}$ |
| 30 | 6.70±0.82$^{c}$ | 7.10±0.74$^{ab}$ | 7.10±0.74 | 6.90±0.57 | 6.90±1.37 | 6.90±1.10 | 4.60±2.07$^{b}$ | 4.80±1.75$^{b}$ | 4.40±2.01$^{c}$ | 5.30±1.70$^{b}$ |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 12** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านค่าสีของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ค่าความสว่าง (L*) | | | ค่าความเข้มของสีแดง (a*) | | | ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C |
| 0 | 65.33±0.81$^{bc}$ | 65.33±0.81$^{de}$ | 65.33±0.81$^{b}$ | 5.63±0.20$^{c}$ | 5.63±0.20$^{h}$ | 5.63±0.20$^{c}$ | 20.22±0.37$^{c}$ | 20.22±0.37$^{f}$ | 20.22±0.37$^{d}$ |
| 10 | 64.53±0.82$^{bc}$ | 64.89±0.23$^{e}$ | 63.67±1.16$^{c}$ | 5.23±0.30$^{d}$ | 6.18±0.25$^{fg}$ | 6.37±0.09$^{ab}$ | 20.19±0.65$^{c}$ | 22.02±0.36$^{e}$ | 22.03±0.59$^{c}$ |
| 20 | 64.08±1.05$^{c}$ | 63.55±0.93$^{f}$ | 65.86±0.63$^{ab}$ | 5.49±0.20$^{cd}$ | 6.23±0.36$^{efg}$ | 6.20±0.29$^{b}$ | 26.34±0.40$^{b}$ | 27.10±0.44$^{d}$ | 27.81±0.15$^{b}$ |
| 30 | 65.95±0.78$^{b}$ | 66.10±1.22$^{cd}$ | 67.04±1.34$^{a}$ | 6.02±0.18$^{b}$ | 6.16±0.24$^{g}$ | 6.58±0.06$^{a}$ | 26.66±0.36$^{b}$ | 28.22±0.46$^{c}$ | 28.93±0.14$^{a}$ |
| 40 | 65.19±1.40$^{bc}$ | 65.78±0.83$^{cde}$ | | 5.74±0.25$^{bc}$ | 6.28±0.15$^{d-g}$ | | 26.48±0.75$^{b}$ | 28.11±1.71$^{c}$ | |
| 50 | 67.94±0.78$^{a}$ | 66.52±0.39$^{cd}$ | | 5.76±0.08$^{bc}$ | 6.46±0.13$^{c-g}$ | | 27.87±0.35$^{a}$ | 28.95±0.40$^{bc}$ | |
| 60 | 68.07±0.53$^{a}$ | 66.02±1.09$^{cde}$ | | 6.89±0.22$^{a}$ | 6.53±0.16$^{b-f}$ | | 28.11±0.89$^{a}$ | 28.98±0.63$^{bc}$ | |
| 70 | | 66.42±0.82$^{cd}$ | | | 6.63±0.22$^{bcd}$ | | | 28.80±0.49$^{bc}$ | |
| 80 | | 66.37±0.63$^{cd}$ | | | 6.64±0.09$^{bcd}$ | | | 28.62±0.49$^{bc}$ | |
| 90 | | 66.76±0.85$^{bc}$ | | | 6.58±0.13$^{b-e}$ | | | 29.38±0.57$^{ab}$ | |
| 100 | | 66.96±0.17$^{bc}$ | | | 6.85±0.40$^{b}$ | | | 29.41±0.55$^{ab}$ | |
| 110 | | 68.33±0.41$^{a}$ | | | 6.72±0.18$^{bc}$ | | | 30.08±0.41$^{a}$ | |
| 120 | | 67.85±0.50$^{ab}$ | | | 7.29±0.20$^{a}$ | | | 29.66±0.47$^{ab}$ | |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 13** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบธรรมดา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ความชื้น (ร้อยละ) | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C | อุณหภูมิห้อง | 40 °C ns | 50 °C |
| 0 | 1.72±0.06[b] | 1.72±0.06[b] | 1.72±0.06[ab] | 16.88±1.61[b] | 16.88±1.61 | 16.88±1.61[b] |
| 10 | 2.11±0.05[a] | 1.61±0.08[b] | 1.27±0.08[c] | 16.59±3.37[b] | 16.41±3.92 | 16.34±2.63[b] |
| 20 | 2.14±0.16[a] | 2.08±0.03[a] | 1.64±0.01[b] | 17.84±2.86[b] | 17.67±2.23 | 17.85±1.67[ab] |
| 30 | 2.16±0.06[a] | 2.04±0.06[a] | 1.76±0.04[a] | 18.22±2.27[b] | 18.73±1.83 | 19.45±1.64[a] |
| 40 | 2.16±0.11[a] | 2.10±0.12[a] | | 19.15±4.70[b] | 18.94±1.94 | |
| 50 | 2.14±0.10[a] | | | 23.79±4.09[a] | | |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

**ตารางผนวกที่ 14** การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคบหมูบรรจุถุงพลาสติกไนลอนที่สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

| ระยะเวลา (วัน) | ความชื้น (ร้อยละ) | | | ลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C ns | อุณหภูมิห้อง | 40 °C | 50 °C ns |
| 0 | 1.72±0.06$^{b}$ | 1.72±0.06$^{f}$ | 1.72±0.06 | 16.88±1.61$^{d}$ | 16.88±1.61$^{cd}$ | 16.88±1.61 |
| 10 | 1.68±0.07$^{b}$ | 1.28±0.05$^{g}$ | 1.17±0.05 | 17.13±2.82$^{cd}$ | 16.65±2.69$^{d}$ | 17.00±3.02 |
| 20 | 2.16±0.04$^{a}$ | 1.67±0.07$^{f}$ | 1.48±0.03 | 17.58±2.64$^{cd}$ | 17.55±1.88$^{cd}$ | 17.43±2.28 |
| 30 | 2.18±0.03$^{a}$ | 1.61±0.03$^{f}$ | 1.64±0.74 | 20.00±3.02$^{c}$ | 18.47±2.03$^{cd}$ | 18.90±2.48 |
| 40 | 2.16±0.10$^{a}$ | 2.00±0.03$^{de}$ | | 17.97±2.95$^{cd}$ | 19.56±3.88$^{cd}$ | |
| 50 | 2.17±0.05$^{a}$ | 1.90±0.14$^{e}$ | | 23.59±3.19$^{b}$ | 19.56±3.88$^{cd}$ | |
| 60 | 2.18±0.05$^{a}$ | 2.04±0.25$^{de}$ | | 26.73±4.17$^{a}$ | 19.33±2.97$^{cd}$ | |
| 70 | | 1.99±0.03$^{de}$ | | | 19.39±2.87$^{cd}$ | |
| 80 | | 2.15±0.07$^{cd}$ | | | 19.54±1.87$^{cd}$ | |
| 90 | | 2.09±0.08$^{cd}$ | | | 20.08±3.85$^{c}$ | |
| 100 | | 2.23±0.06$^{c}$ | | | 24.46±3.48$^{b}$ | |
| 110 | | 2.46±0.11$^{b}$ | | | 25.56±4.42$^{b}$ | |
| 120 | | 2.70±0.01$^{a}$ | | | 31.90±4.67$^{a}$ | |

**หมายเหตุ** : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

# ภาคผนวก ค

ตารางเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และผลการดำเนินการตลอดโครงการ

**ตารางผนวกที่ 15** เปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้ ผลที่คาดว่าจะได้รับ และผลการดำเนินการตลอดโครงการ

| กิจกรรม (ตามแผน) | ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผน) | ผลการดำเนินงาน | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. สำรวจเตาอบแบบแก๊สและเตาอบไฟฟ้าที่มีใช้ทั่วไปตามครัวเรือน | 1. ทราบข้อมูลพื้นฐานเตาอบแบบแก๊สและเตาอบไฟฟ้าที่มีใช้ทั่วไปตามครัวเรือน | 1. ทราบข้อมูลพื้นฐานเตาอบแบบแก๊สและเตาอบไฟฟ้าที่มีใช้ทั่วไปตามครัวเรือน | |
| 2. พัฒนากระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของหนังหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมู | 2. ทราบกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของหนังหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมู | 2. ทราบกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของหนังหมูกึ่งสำเร็จรูปและแคบหมู | |
| 3. ศึกษากระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 3. ทราบกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 3. ทราบกระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | |
| 4. พัฒนาสูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 4. ทราบสูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 4. ทราบสูตรเพื่อปรับปรุงรสชาติแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | |
| 5.ศึกษาบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูอบพร้อมรับประทานและแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 5. ทราบบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูอบพร้อมรับประทานและแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | 5. ทราบบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุที่เหมาะสมสำหรับแคบหมูอบพร้อมรับประทานและแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ | |
| 6. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูสำหรับเตาอบ | 6. ทราบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูสำหรับเตาอบ | 6. ทราบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์แคบหมูสำหรับเตาอบ | |
| 7. สรุปโครงการและทำรายงานฉบับสมบูรณ์ | 7. รายงานฉบับสมบูรณ์ | 7. ได้รายงานฉบับสมบูรณ์ | |

# ภาคผนวก ง

## บทความวิจัยฉบับสำหรับการเผยแพร่

(บทความสำหรับเผยแพร่ตามวารสาร ผู้วิจัยจักแบ่งเนื้อหาจากรายงานฉบับสมบูรณ์เป็นฉบับย่อยส่งตามความเหมาะสม)

แคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบจากโครงการวิจัยการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ เป็นแคบหมูที่เปลี่ยนกระบวนการผลิตจากการทอดในน้ำมันเป็นการอบในตู้อบลมร้อนให้พองตัว ผลการวิจัยพบว่าการอบเพื่อลดความชื้นของหนังหมูที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และการอบให้แคบหมูพองตัวที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ทำให้ได้แคบหมูที่มีคุณภาพการพองตัวดีที่สุด โดยแคบหมูที่ผ่านการผลิตด้วยวิธีการอบมีอายุการเก็บในสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์หรือถุงพลาสติกไนลอนได้นานกว่า 3 เดือน เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบกับแคบหมูทั่วไป พบว่าแคบหมูที่ผลิตด้วยวิธีการอบมีปริมาณไขมันร้อยละ 14.59 ซึ่งน้อยกว่าแคบหมูทั่วไปที่มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 33.24–45.66 (อรทัยและคณะ, 2548) แคบหมูที่ได้จากงานวิจัยจึงมีข้อดี คือ ปริมาณไขมันน้อยกว่า และลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งจากน้ำมันทอดซ้ำ ส่งผลให้แคบหมูมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบให้แก่ผู้ประกอบการเพื่อทำเป็นธุรกิจการค้า และได้ทดสอบตลาดโดยใช้แบบสอบถามร่วมกับการสัมภาษณ์ พบว่ามีผู้บริโภคบางส่วนที่ไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ และไม่แน่ใจในการที่จะยอมรับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไม่ชอบกลิ่นของผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหนังหมูแรงและมีกลิ่นหืน) และรสชาติยังไม่เป็นที่พอใจ ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว พบว่าสาเหตุมาจากแหล่งที่มาของหนังหมูที่แตกต่างจากงานวิจัย การใช้หนังหมูในการผลิตระดับอุตสาหกรรมมักใช้ในปริมาณที่มากกว่าส่งผลให้แหล่งที่มาของหนังหมูที่ใช้ค่อนข้างหลากหลาย หนังหมูแต่ละแหล่งที่มามีกลิ่นของหนังหมูและปริมาณไขมันแตกต่างกันไป และจากการนำแคบหมูทดสอบตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่าผู้บริโภคมีความต้องการให้ผู้ประกอบการจำหน่ายแคบหมูในลักษณะกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถนำเข้าเตาอบแก๊ส เตาอบไฟฟ้า หรือเตาไมโครเวฟที่มีใช้ตามครัวเรือนมากกว่าแคบหมูพร้อมรับประทาน เนื่องจากประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง สะดวกต่อการบริโภค และสามารถได้รับประทานแคบหมูที่มีความสดใหม่ ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาแคบหมูมีกลิ่นหืน และรสชาติยังไม่เป็นที่ยอมรับและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคด้านลักษณะแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถอบให้พองตัวด้วยเตาอบที่มีใช้ตามครัวเรือน ซึ่งเป็นเตาอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาอบแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าทำให้อาหารสุก จึงวิจัยพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดกลิ่นหืนของแคบหมู และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาดโดยใช้ฐานองค์ความรู้จากงานวิจัยเดิมการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบในตู้อบลมร้อนแบบถาด (อรทัย และคณะ, 2548) ซึ่งใช้หลักการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนระหว่างลมร้อนกับอาหาร และงานวิจัยแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับไมโครเวฟ (อรทัย และคณะ, 2549) ซึ่งเป็นการทำให้แคบหมูพองตัวด้วยคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่สูงทำให้โมเลกุลของน้ำในอาหารเกิดการสั่นสะเทือนและชนโมเลกุลอื่น จนเกิดเป็นพลังงานจลน์กลายสภาพเป็นพลังงานความร้อนภายในอาหาร ซึ่งแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปของงานวิจัยทั้ง 2 โครงการ ไม่ได้ศึกษามาเพื่อการพองตัวด้วยเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้า ซึ่งอาศัยความร้อนจาก

แหล่งความร้อน เช่น ขดลวดหรือเปลวไฟเพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปทดสอบการพองตัวด้วยเตาอบ ดังกล่าวจึงมีการพองตัวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จักช่วยให้แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปที่สามารถพองตัวด้วยวิธีการอบแทนการทอดในน้ำมันมีความสมบูรณ์มากขึ้น แคบหมูมีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับ สามารถอบให้พองตัวด้วยเตาอบได้หลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น เพิ่มความสะดวกในการอบแคบหมูเพื่อรับประทานสำหรับผู้บริโภคได้มากขึ้น การพัฒนาคุณภาพแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบแก๊ส และเตาอบไฟฟ้าในรูปแบบใหม่นี้ จักสามารถตอบโจทย์ของผู้ประกอบการได้มากขึ้น รวมทั้งการสร้างความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้มากขึ้น เพื่อเป็นการกระตุ้นตลาดและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาสินค้าเพื่อสุขภาพ ส่งผลให้สามารถขยายกลุ่มผู้บริโภคแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปให้ครอบคลุมมากขึ้น ปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปเข้ามามีบทบาทในชีวิตของคนเรามากขึ้น เนื่องจากใช้เวลาไม่นานก็นำมารับประทานได้ และสามารถซื้อไว้ติดครัวได้ ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตได้มากขึ้นจากเดิม หรือสามารถส่งออกจำหน่ายไปแข่งขันกับตลาดการค้าต่างประเทศได้ และเป็นแนวทางหนึ่งของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดย่อม (Small Medium Enterprise, SMEs) ทำให้มีความเข้มแข็งด้วยตนเองอย่างยั่งยืน สามารถแข่งขันกับสินค้าต่างประเทศได้ตามนโยบายของรัฐบาล และเป็นแนวทางใหม่สำหรับการพัฒนารูปแบบแคบหมูให้แก่ผู้ประกอบการแคบหมูเพื่อทำเป็นธุรกิจการค้าต่อไป

จากการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตแคบหมูด้วยวิธีการอบ เพื่อให้แคบหมูมีคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น และสามารถอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบที่มีจำหน่าย และใช้ในครัวเรือนได้หลากหลายมากขึ้น จากการวิจัยได้กระบวนการผลิตที่เหมาะสม คือ การนำหนังหมูล้างทำความสะอาด จากนั้นต้มในสารละลายเกลือผสมน้ำส้มสายชูอัตราส่วน 1:1 ความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ในขั้นตอนการหมักหนังหมูด้วยเครื่องปรุงรสมีการเติมสารกันหืน BHT (Butylated Hydroxy Toluene) ความเข้มข้นร้อยละ 0.01 ของน้ำหนักหนังหมู นำหนังหมูหลังหมักไปอบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และนำหนังหมูต้มในน้ำมันที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2.5 ชั่วโมง ได้เป็นแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับอบให้พองตัวได้ด้วยเตาอบ

จากการพัฒนาด้านสีและรสชาติของแคบหมู โดยทำการประเมินคุณภาพแบบ Ratio Profile Test โดยการพัฒนาคุณภาพทีละครั้งจนกว่าจะได้สูตรที่มีลักษณะปัจจัยต่างๆใกล้เคียงกับค่าในอุดมคติ (Ideal) ของผู้ทดสอบ และค่าอุดมคติมีค่าเข้าใกล้หรือเท่ากับ 1 หรืออยู่ในระดับที่ผู้ทดสอบสามารถยอมรับได้ ได้สูตรที่เหมาะสม คือ หนังหมู 1 กิโลกรัม ปรุงรสด้วยพริกไทย 0.15 กรัม เกลือป่น 1.00 กรัม และผงปรุงรส 1.20 กรัม

แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 7.48 75.59 2.58 9.44 0.13 และ 4.78 ตามลำดับ สำหรับแคบหมูที่ผ่านการอบให้พองตัวมี

ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย และเถ้า เท่ากับร้อยละ 2.11 80.98 9.28 2.48 0.18 และ 4.97 ตามลำดับ ซึ่งแคบหมูที่ผลิตได้จากการอบด้วยเตาอบมีปริมาณไขมันที่น้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน การเก็บรักษาแคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบบรรจุถุงพลาสติกไนลอนสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานมากกว่า 4 เดือน แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบมีต้นทุนการผลิต โดยไม่รวมราคาของบรรจุภัณฑ์ประมาณ 500 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ราคาของต้นทุนการผลิตจะแปรผันตามราคาของหนังหมูสดเป็นหลัก

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป โดยการให้ผู้บริโภคชิมแคบหมูอบพร้อมรับประทาน ผู้บริโภคได้ให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ตามความรู้สึกของตนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมากมีคะแนนเฉลี่ย คือ 7.24 7.16 7.83 7.67 และ 7.63 ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับร้อยละ 95.00 หากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูอบพร้อมรับประทาน ผู้บริโภคร้อยละ 89.47 จะซื้อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ สะดวกในการรับประทาน และเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ตามลำดับ และหากมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์แคบหมูกึ่งสำเร็จรูปสำหรับเตาอบ ผู้บริโภคร้อยละ 82.74 จะซื้อผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุผลในการตัดสินใจซื้อ คือ ปลอดภัยจากน้ำมันทอดซ้ำ เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่น่าสนใจ มีปริมาณไขมันน้อยกว่าแคบหมูที่ผ่านการทอดในน้ำมัน สำหรับเป็นของฝาก สะดวกในการรับประทาน เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี และเก็บไว้ได้นาน สะดวกในการพกพา ไม่ยุ่งยากในการนำไปทอด ตามลำดับ

.