

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันโดยวิธีการนวดสุญญากาศ

สุภาพร โพนตุแสง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ชื่อเรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักกรรมควันโดยวิธีการนวดสุญญากาศ

โดย

สุภาพร โพนตุงแสง

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร ศิริพันธ์)

วันที่ 8 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล)

วันที่ 8 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

กรรมการที่ปรึกษา

วิภา แสงเปา

(อาจารย์ ดร.วิจิตรา แสงปรก)

วันที่ 8 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

(อาจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล)

วันที่ 8 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 10 เดือน มีนาคม พ.ศ. 49

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันโดยวิธีการนวด สุญญากาศ
ชื่อผู้เขียน	นางสาวสุภาพร โพนตุแสง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร สิริพิณฑุ์

บทคัดย่อ

จากการศึกษาวิธีการนวดเนื้อ 2 วิธีคือ นวดต่อเนื่อง (นวด 3 ชั่วโมง) และนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) เปรียบเทียบกับการไม่นวดเนื้อเลยในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน โดยวิเคราะห์ค่า L^* , a^* และ b^* แรงด้านการเคี้ยว ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุก พบว่าการนวดเนื้อทั้ง 2 วิธีมีส่วนช่วยในการทำให้สีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นวดเนื้อ ($a^*=3.16$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ให้ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ($a^*=5.95$) ดีกว่าการนวดแบบต่อเนื่อง ($a^*=5.03$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไม่พบความแตกต่างด้านปริมาณผลผลิตและแรงด้านการเคี้ยว ($p > 0.05$) จากข้อมูลเบื้องต้นจึงเลือกวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ เพื่อศึกษาต่อโดยศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ คือ นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีโดยมีระยะเวลาทั้งหมดเท่ากันคือ 6 ชั่วโมง โดยวิเคราะห์ค่า L^* , a^* และ b^* แรงด้านการเคี้ยว ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุก พบว่าผลิตภัณฑ์ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีค่าสีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และพบว่าแรงด้านการเคี้ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าด้านแรงเคี้ยวเท่ากับ 14.25 และ 12.58 นิวตัน ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีมีปริมาณผลผลิตสูง และการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกต่ำกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 77.79 และ 72.24 ตามลำดับ และการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกเท่ากับร้อยละ 38.02 และ 43.92 ตามลำดับ และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีมากกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* ค่าเนื้อสัมผัส กรดไขมันอิสระ และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีในผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 7 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี มีอายุการเก็บ 5 สัปดาห์และพบว่าเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มค่าสี L^* a^* ลดลง ค่าสี b^* เพิ่มขึ้น ค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นและมีเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ในสัปดาห์ที่ 6



Title	Development of Smoke-Cured Pork Loin Using Vacuum Tumbling Method
Author	Miss Supaporn Phontusang
Degree of	Master of Science in Food Technology
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Umaporn Siripin

ABSTRACT

Two tumbling methods, continuous tumbling (3 hours) and intermittent tumbling (30-minute tumbling with 30-minute resting for a total time of 6 hours) as compared to no tumbling (control), were investigated in this study that was aimed to identify colour (L^* , a^* and b^*), shear value, yield and cooking loss. Results indicated that the two tumbling methods significantly ($p \leq 0.05$) improved the colour of smoke-cured pork loins. Smoke-cured pork loin from intermittent tumbling method had better colour ($a^* = 5.95$) than smoke-cured pork loin from the continuous tumbling ($a^* = 5.03$). Moreover, the tumbling of smoke-cured pork loins had no significant effect ($p > 0.05$) on yield and shear value of the products. The resting time of intermittent tumbling condition studied consisted of 10-minute tumbling with 50-minute resting for a total time of 6 hours and 30-minute tumbling with 30-minute resting for a total time of 6 hours. This particular study was conducted to identify colour (L^* , a^* and b^*), shear value, yield cooking loss and sensory evaluation. The result indicated that resting time had no significant effect ($p > 0.05$) on the colour of smoke-cured pork loins but had significant effect ($p \leq 0.05$) on shear value at 14.25 and 12.58 N, respectively. The 10-minute tumbling with 50-minute resting for a total time of 6 hours significantly ($p \leq 0.05$) caused higher yield and lower cooking loss as compared to 30-minute tumbling with 30-minute resting for a total time of 6 hours, with 77.79% and 72.24% yield, respectively and cooking loss of 38.02% and 43.92%, respectively. The sensory evaluation of smoke-cured pork loin from 10-minute tumbling with 50-minute resting for a total time of 6 hours significantly ($p \leq 0.05$) showed better tenderness and juiciness than 30-minute tumbling with 30-minute resting for a total time of 6 hours.

The shelf-life of the smoke-cured pork loins at 4 °C was studied to identify colour (L^* , a^* and b^*), shear value, thiobarbituric acid and total plate count for every 7 days. Shelf-life of smoke-cured pork loins using two tumbling methods was 5 weeks. For longer storage time, both of the products tended to have a decreased L^* and a^* value but increased b^* value and thiobarbituric acid. In addition, storage time at 6 weeks, microbial counts were found to be of higher hygienic standard.



กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุมาพร ศิริพินทุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา จัดหาทุนในการทำวิจัย และคอยติดตามการทำงานและแนะนำ
แก้ไขงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. วิจิตรา แดงปรก และอาจารย์ ดร. สุธยา พิมพ์พิไล กรรมการ
ที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่าง
สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์
เครื่องมือ และให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ อุปกรณ์ สารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย และเพื่อน ๆ
น้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ ที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายใน
การศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณทุก ๆ คนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้
ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

ศุภาพร โพนตุแฉ่ง

มีนาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	3
การถนอมอาหาร โดยวิธีการหมักเกลือและรมควัน	3
การนวดขึ้นเนื้อ	9
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการหมัก	13
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	15
อุปกรณ์	15
วิธีการศึกษา	17
สถานที่ดำเนินการทำวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	22
1. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนวดแบบต่อเนื่องและการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ	
ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์	22
2. การศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุด	
เป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์และการศึกษา	
อายุการเก็บผลิตภัณฑ์	26

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	55
1. สรุปผล	55
2. ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	62
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	63
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	71
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์	74
ภาคผนวก ง แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอก	
หมักรมควัน	76
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	78
ภาคผนวก ช การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน	83
ประวัติผู้วิจัย	87

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า	
1	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี	23
2	ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี	24
3	ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี	25
4	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	27
5	ปริมาณไนไตรต์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	28
6	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	29
7	ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	29
8	ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	30
9	คะแนนเฉลี่ยของผู้ทดสอบชิมที่ให้คะแนนในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	32
10	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log ₁₀ cfu/g) ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	34
11	ค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	37
12	ค่ากรดไขมันอิสระ (mg malonaldehyde/kg) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	40
13	แรงต้านการเคี้ยว (N) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	42
14	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะการเก็บรักษา 5 สัปดาห์	44

ตาราง

หน้า

15	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาเก็บรักษา 5 สัปดาห์	46
16	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาเก็บรักษา 5 สัปดาห์	48
17	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาเก็บรักษา 5 สัปดาห์	50
18	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาเก็บรักษา 5 สัปดาห์	52
19	คะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาเก็บรักษา 5 สัปดาห์	54
20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผลผลิตในการศึกษาผลของการ นวดเนื้อ 3 วิธี	79
21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกในการศึกษาผลของการ นวดเนื้อ 3 วิธี	79
22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื้อสัมผัสในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี	79
23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี	80
24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี	80
25	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี	80
26	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสี L^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี	81
27	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสี a^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี	81
28	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสี b^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี	81
29	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี	82
30	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกในการศึกษาผลของการ นวดเนื้อ 2 วิธี	82
31	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเนื้อสัมผัสในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี	82

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงของไมโอโกลบิน	6
2	วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน	18
3	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่าน การนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	33
4	ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	35
5	ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	36
6	ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	36
7	ค่ากรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่าน การนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	39
8	แรงต้านการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่าน การนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์	41
9	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่าน การนวดทั้ง 2 วิธี	43
10	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	45
11	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	47
12	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	49
13	คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่าน การนวดทั้ง 2 วิธี	51
14	คะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี	53

ภาพที่		หน้า
15	การฉีดยาเกลือเข้าชั้นเนื้อ	84
16	เนื้อหมูสันนอกที่ผ่านการนวดเนื้อโดยใช้เครื่องนวดสุญญากาศ	84
17	เนื้อหมูสันนอกที่ผ่านการรมควัน	85
18	การบรรจุผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันโดยเครื่องปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ	85
19	น้ำหมักที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน	86



บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

สุกรเป็นสัตว์เลี้ยงที่ใช้เป็นอาหารที่สำคัญของคนเกือบทั้งโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรในแถบเอเชียที่นิยมบริโภคเนื้อสุกรมากกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น ๆ ประเทศไทยมีแนวโน้มการบริโภคเนื้อสุกรเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าในปี 2546 มีการใช้เนื้อสุกรเพื่อการบริโภค 10.05 ล้านตัวและเพิ่มขึ้นเป็น 10.29 ล้านตัวในปี 2547 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ม.ป.ป.) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคนไทยมีการบริโภคเนื้อสุกรเพิ่มขึ้น แต่สำหรับการส่งออกสุกร หรือเนื้อสุกรไปยังตลาดต่างประเทศยังมีไม่มากนัก เนื่องจากโรคระบาดในสัตว์ เช่น โรคปากและเท้าเปื่อย โรคอหิวาตกโรค เป็นต้น รวมทั้งโรงฆ่าและชำแหละในประเทศยังไม่ได้มาตรฐาน จึงทำให้ตลาดต่างประเทศไม่ยอมรับการนำเข้าเนื้อสุกรจากประเทศไทย (สุวิมล, 2540) ดังนั้นทางออกหนึ่งสำหรับการส่งออกสุกร คือ การพัฒนาและแปรรูปเนื้อสุกร โดยเนื้อสุกรที่ส่งออกต้องทำให้สุกโดยมีอุณหภูมิใจกลางเนื้อไม่ต่ำกว่า 70 องศาเซลเซียส ซึ่งมีแนวโน้มการส่งออกได้ดีกว่า (สัญญาชัย, 2543) แต่ตลาดส่งออกผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ยังมีน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ขาดคุณภาพ เช่น มีการใช้สารเคมีเกินมาตรฐานในผลิตภัณฑ์ ขาดการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม และการแปรรูปผลิตภัณฑ์ยังขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสม (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2540)

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ผ่านการหมักและหรือรมควันเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคเพราะให้รสชาติ กลิ่น และรสชาติที่ดี สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเนื้อสดหรือเนื้อสุกที่ไม่ได้ผ่านการหมักเกลือและหรือรมควัน เพราะในการหมักและการรมควันทำให้เกิดสารเคมีที่นอกจากจะให้รสชาติ กลิ่น และรสชาติที่ดีแล้วยังสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (สัญญาชัย, 2543; ลักขณา, 2533) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ของไทยที่ผ่านการหมักและหรือรมควันที่ผลิตจำหน่ายกันแล้วมีเพียงไม่กี่ชนิด เช่น แหนม มั้ม ไส้กรอกอีสาน และไส้อ้ว เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อหมักรมควันจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ให้หลากหลายมากขึ้น

ในการทำเนื้อหมัก ถ้าต้องการให้เนื้อหมักมีคุณภาพดีมักต้องใช้เวลาในการหมักเนิ่นนานเพื่อให้เครื่องปรุงแทรกซึมได้อย่างทั่วถึง การนำวิธีการนวดขึ้นเนื้อ (tumbling or massaging) มาใช้ในกระบวนการหมักเนื้อ จะช่วยให้เนื้ออ่อนตัวและเครื่องปรุงแทรกซึมได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึงขึ้น (ลักขณา, 2533) ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการนวดจะส่งผลให้เนื้อเยื่อเซลล์ถูกทำลายทำให้ส่วนประกอบ

ของน้ำหมักสามารถกระจายได้ทั่วชิ้นเนื้อ ส่งผลถึงการสกัดโปรตีนในเนื้อสัตว์ที่สามารถละลายได้ในน้ำเกลือ ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะมีบทบาทในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น ในด้านความนุ่มเนื้อ (tenderness) ความชุ่มน้ำ (juiciness) รวมทั้งช่วยเพิ่มผลผลิต (yield) ของผลิตภัณฑ์ที่ได้อีกด้วย (Weiss, 1973) นิยมทำในแฮม ดังนั้นการนำวิธีการนวดเนื้อมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยให้เครื่องปรุงมีการกระจายได้ทั่วถึงและส่งผลให้เกิดการสกัดโปรตีนในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อหมักรมควัน จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่กำลังจะช่วยให้การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อหมักของไทยให้มีคุณภาพดีได้อีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันหมักรมควัน โดยใช้เครื่องนวดสุญญากาศในการปรับปรุงกระบวนการผลิต
2. เพื่อศึกษาเทคนิคและวิธีการนวดเนื้อที่เหมาะสมโดยใช้เครื่องนวดสุญญากาศ
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน
4. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาผลของการนวดเนื้อโดยใช้เครื่องนวดสุญญากาศที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อหมูหมักรมควัน โดยใช้ส่วนเนื้อหมูสันนอกในการผลิตผลิตภัณฑ์ และศึกษาคุณภาพด้านปริมาณผลผลิต (yield) และการยอมรับของผู้บริโภค
2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์โดยวิเคราะห์ค่าสี เนื้อสัมผัส ค่ากรดไขมันอิสระและเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ทุก ๆ 7 วัน โดยประเมินผลอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นดัชนีที่ระดับ 10^6 cfu/g และค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 1 mg malonaldehyde/kg

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรและเทคนิควิธีการที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน
2. สามารถนำเทคนิควิธีการผลิตที่ได้ไปเผยแพร่ความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่บุคคลทั่วไปที่สนใจจะนำไปผลิตเชิงพาณิชย์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การถนอมอาหารโดยวิธีการหมักเกลือและรมควัน

การหมักเกลือ

การหมักเกลือ คือการใช้เกลือเป็นสารหมักกับเนื้อสัตว์เพื่อถนอมหรือเก็บรักษาเนื้อให้นานขึ้น โดยเกลือจะทำหน้าที่ป้องกันและยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในระหว่างกระบวนการหมัก เกลือจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อสัตว์ในขณะที่น้ำบางส่วนในเนื้อจะไหลซึมออกมาเนื่องจากค่าแรงดันออสโมติกที่แตกต่างกันของสารละลายเกลือและน้ำที่อยู่ในเนื้อ (meat juice) การปล่อยให้เนื้อหมักอยู่กับเกลือเป็นเวลานาน ทำให้ความชื้นของชิ้นเนื้อลดลงและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็ม การหมักเกลือต้องทำควบคู่ไปกับการใช้ห้องเย็นเพื่อให้เนื้อสัตว์มีรสชาติสม่ำเสมอ ลดการเน่าเสียและความเปรี้ยวที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อขณะหมัก (เขาวลัษณ์, 2536) ในการหมักเกลือจะใช้ส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ชนิดคือ เกลือ และไนไตรต์ (nitrite) นอกจากนี้อาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ เข้าไปอีก เช่น เกลือของกรดอะซิโบริกเพื่อสร้างและรักษาสีของเนื้อให้คงทนนาน หรือสารประกอบฟอสเฟตเพื่อให้เนื้อมีรสชาติและลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก เป็นต้น (ชัยณรงค์, 2529)

วิธีการหมักเกลือ

การหมักเนื้อด้วยเกลือมี 4 วิธีคือ

1. การหมักดอง (wet curing, wet immersion brining, pickle curing)

การหมักดองเริ่มจากการเตรียมน้ำเกลือ ซึ่งน้ำเกลือประกอบด้วยน้ำตาลและเครื่องเทศต่าง ๆ เมื่อเตรียมน้ำเกลือในส่วนที่ต้องการแล้ว นำมาบรรจุในถังหรือภาชนะทรงสูง นำเนื้อที่จะหมักจุ่มลงในภาชนะดังกล่าว ช่วงที่เนื้อจุ่มในน้ำเกลือ น้ำที่มีในเนื้อจะไหลออกมาและน้ำเกลือจะเข้าไปแทนที่

2. การหมักแห้ง (dry curing)

การหมักแห้งเป็นการใช้เกลือ ดินประสิว หรือโปตัสเซียมไนเตรด และโซเดียมไนไตรต์ เครื่องเทศ น้ำตาล ในรูปผงทาหรือคลุกเคล้าให้ทั่ววัตถุดิบที่จะทำการหมัก ซึ่งเวลาที่ใช้ในการหมักจะขึ้นกับความหนาของชิ้นเนื้อและโดยทั่วไปมักใช้เวลานานกว่าการหมักวิธีอื่น (เขาวลัทธิ, 2536)

3. การหมักเกลือโดยการฉีดน้ำเกลือ (arterial method or brine injection)

การหมักเกลือโดยการฉีดน้ำเกลือทำได้ 2 แบบคือ ฉีดเข้าเส้นเลือด (artery pumping or stitch pumping) และฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (multiple injection) ซึ่งทำได้โดยฉีดน้ำเกลือเข้ากล้ามเนื้อหรือระบบเลือดโดยใช้เข็มฉีด ทั้งนี้เข็มฉีดที่ใช้อาจเป็นชนิดที่มีเข็มเดียวหรือหลายเข็ม ส่วนปริมาณที่ฉีดเข้าไปนั้นสามารถทราบได้จากน้ำหนักเนื้อที่เพิ่มขึ้น การฉีดน้ำเกลือเข้ากล้ามเนื้อ เป็นวิธีที่นิยมเพราะสะดวกและสิ้นเปลืองเวลาน้อยกว่า

4. การหมักเนื้อโดยทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion method)

การหมักเนื้อโดยทำให้เกิดอิมัลชันเป็นวิธีที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่มีการหมัก เช่น แพรงเฟอร์เตอร์ เป็นต้น วิธีการคือ สับเนื้อกับเกลือไนเตรด ไนไตรต์ และน้ำแข็ง ซึ่งจะทำให้การหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ชิ้นส่วนเนื้อสุกรที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อ

ในการตัดแต่งซากสุกรสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ก็คือการตัดแต่งเป็นเนื้อชิ้นส่วนใหญ่ และการตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนย่อย เพื่อให้เหมาะสมกับการบรรจุหีบห่อ หรือสะดวกในการนำไปทำอาหาร การตัดแต่งชิ้นส่วนย่อยและการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์มีดังนี้ (สัญญาชัย, 2547)

1. เนื้อหมูขาหลัง (ham) สามารถนำไปทำแฮมรมควัน (smoked ham) หรือตัดเนื้อให้หนา 1 นิ้ว เพื่อไปทำสเต็ก หรือทอดกระดุกแล้วม้วน ใช้เชือกมัดให้แน่นแล้วนำไปอบ
2. เนื้อหมูสัน (loins) สามารถนำไปหมักแล้วรมควัน เป็น Canadian style bacon หรือนำเนื้อหมูสันทั้งชิ้นที่ทอดกระดุก ม้วนกลม แล้วนำไปอบหรือที่เรียกว่า loin roast
3. เนื้อส่วนบนของไหล่ (boston shoulder) ตัดเป็นแว่น ๆ นำไปทำสเต็กเรียก blade steak
4. เนื้อขาหน้า (picnic) สามารถนำมาหมักและรมควันได้เรียกว่า smoked picnic shoulder
5. เนื้อหมูสามชั้น (bacon) สามารถนำมาหมักและรมควันได้เรียกว่า smoked bacon

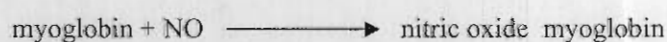
ส่วนผสมที่ใช้ในการหมัก

1. เกลือแกง (sodium chloride) เกลือทำหน้าที่ให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (water activity) การลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีผลทำให้การเจริญของจุลินทรีย์ลดลง นอกจากนี้เกลียยังทำหน้าที่ละลายพวกไมโอไฟบริลลาโปรตีน (myofibrillar protien) (Siegel and Schmidt, 1979) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ โดยโปรตีนเหล่านี้จะมีบทบาทที่สำคัญในการห่อหุ้มน้ำ ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์

2. สารประกอบฟอสเฟต (phosphate) สารประกอบฟอสเฟตทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของเนื้อสัตว์โดยฟอสเฟตสามารถเพิ่มความเป็นกรด-เบสของเนื้อให้สูงขึ้นห่างจากจุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point; pI) ทำให้ประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีนเพิ่มขึ้นและสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี และไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปเมื่อได้รับความร้อน (อารยา และ ถึงหนาท, 2542; Sheard *et al.*, 1999) เป็นผลให้เนื้อมีความนุ่ม ชุ่มน้ำ และมีรสชาติดีขึ้น

3. สารประกอบไนไตรต์ (nitrite) และหรือสารไนเตรต (nitrate) เป็นสารป้องกันการหืน (Gray and Pearson, 1978) และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีสีแดงน่ารับประทาน การใช้ไนไตรต์และไนเตรตจะต้องคำนึงถึงปริมาณของไนไตรต์ที่ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย เนื่องจากไนไตรต์จะสามารถรวมตัวกับสารประกอบเอมีน (amine) เกิดเป็นสารไนโตรซามีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลองหลายชนิด (เรณูและคณะ, 2543) กฎหมายกำหนดให้ใช้สารไนเตรตได้ในปริมาณไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และสารไนไตรต์ได้ไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน (ppm) (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84, 2527)

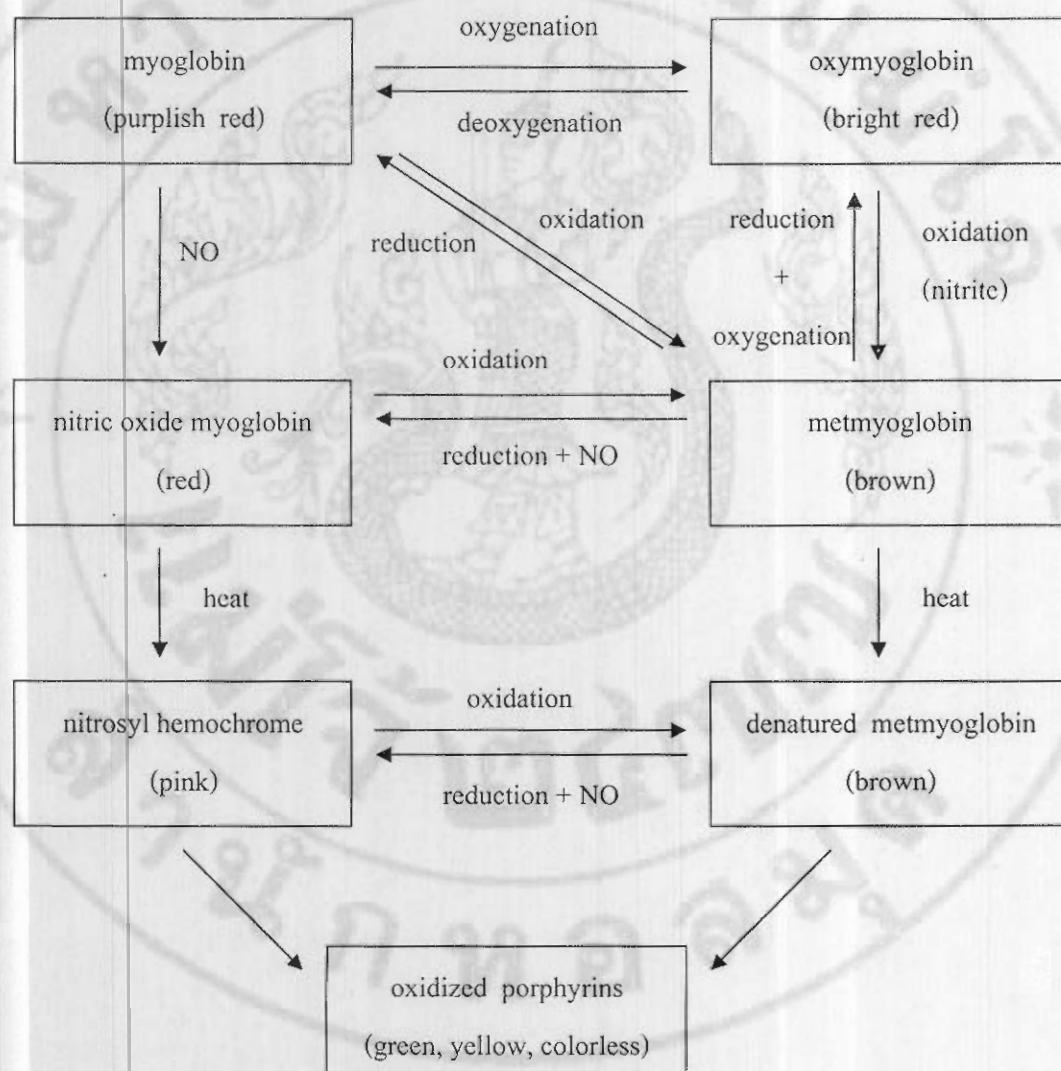
หน้าที่ของสารไนไตรต์และหรือสารไนเตรตในปฏิกิริยาการหมักเนื้อ ส่งผลให้เกิดสีได้ดังนี้ โดยในช่วงเวลาแรก ๆ ของการหมักไนเตรตจะถูกรีดิวซ์ให้เป็นไนไตรต์โดยแบคทีเรียที่สามารถรีดิวซ์ไนเตรตเป็นไนไตรต์ได้ (nitrate reducing bacteria) จากนั้นไนไตรต์ถูกรีดิวซ์ต่อเป็นไนตริกออกไซด์ (NO) และไนตริกออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน (myoglobin) ในเนื้อกลายเป็นไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน (nitric oxide myoglobin) อธิบายได้ดังนี้



สารไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน เป็นสารสีแดงของเนื้อที่บ่มด้วยเกลือและยังไม่สุก (uncooked meat) ซึ่งเมื่อทำให้สุกจะให้ผลดังนี้



สารไนโตรซิลฮีโมโครม (nitrosyl hemochrome) ที่ได้จะให้สีชมพูที่มีความคงตัวของเนื้อที่ผ่านการหมักด้วยเกลือ ซึ่งผ่านความร้อนแล้วดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของไมโอโกลบิน

ที่มา: Price and Schweigert (1978)

4. น้ำตาล (sugar) น้ำตาลทำหน้าที่ให้รสชาติ ทำให้ความเค็มของอาหารลดลง เมื่อน้ำตาลทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนของโปรตีนในระหว่างการให้ความร้อน จะเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อและมองดูน่ารับประทานยิ่งขึ้น

5. เครื่องเทศ (spice) เครื่องเทศช่วยเพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้เครื่องเทศบางชนิดยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ด้วย เช่น พริกไทยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (อรวรรณ, 2540) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เครื่องเทศในปริมาณปกติในการปรุงอาหารจะไม่มีฤทธิ์ป้องกันจุลินทรีย์อย่างเห็นได้ชัด แต่อาจช่วยเสริมฤทธิ์ของสารอื่น

6. เกลือของกรดแอสคอร์บิกและอีรีโทรบิก (ascorbate and erythroate) เกลือของกรดแอสคอร์บิกและอีรีโทรบิก ส่วนมากจะใช้ในรูปของเกลือโซเดียม ทำหน้าที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดไนตริกออกไซด์ให้เร็วขึ้น จึงเร่งอัตราการหมักและการเกิดสีแดงในเนื้อให้เร็วขึ้นและทำให้มีปริมาณสารไนเตรดและสารไนไตรต์เหลือตกค้างในผลิตภัณฑ์น้อยส่งผลให้ลดการเกิดสารไนโตรซามีนซึ่งอาจทำให้เกิดมะเร็งได้ ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการหืนของไขมันและช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่คงตัว

การรมควัน (smoking)

การรมควันเป็นการใช้ความร้อนและควันไฟควบคู่กันไป เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งและมีกลิ่นรสของควันไฟ นอกจากนี้ความร้อนที่ใช้ในการรมควันจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีน้ำตาลบนผิวหน้า เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard) ขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาเมลลาร์ดเป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลที่มีในควันไฟกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของกรดอะมิโนหรือโปรตีน (วรรณ, 2534) การรมควันเป็นการถนอมอาหารวิธีหนึ่ง เนื่องจากการรมควันเป็นการใช้ความร้อนจึงทำให้อาหารแห้ง ลดการเจริญของจุลินทรีย์ และถ้าการรมควันใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลานาน จะมีผลให้เอนไซม์และจุลินทรีย์ก็ถูกทำลายด้วย นอกจากนี้องค์ประกอบของควันไฟมีคุณสมบัติเป็นสารกันเสียด้วย เช่น ฟีนอล จึงช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ โดยควันไม้นี้จะใช้ได้ผลกับเซลล์ที่กำลังเจริญมากกว่าสปอร์ (ลักษณะ, 2533)

คุณสมบัติและลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการรมควัน

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการรมควันควรเป็นไม้เนื้อแข็ง และเป็นไม้ที่ไม่มียาง นอกจากนี้อาจใช้ กาบมะพร้าว ชานอ้อย ชังข้าวโพด ขี้เลื่อย หรือแกลบ

วิธีการรมควัน

วิธีการรมควัน โดยทั่วไปมี 2 วิธีคือ

1. การรมควันเย็น (cold smoking) ใช้อุณหภูมิช่วง 30-40 องศาเซลเซียส การรมควันวิธีนี้มักใช้ในประเทศแถบหนาว ผลิตภัณฑ์ที่รมควันโดยวิธีนี้จะยังคงดิบอยู่
2. การรมควันร้อน (hot smoking) วิธีนี้ใช้อุณหภูมิสูง และอาจเพิ่มให้สูงขึ้นถึงมากกว่า 93 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรมควันโดยวิธีนี้มักจะสุกหรืออาจจะสุกบางส่วน สำหรับเนื้อสัตว์อาจใช้อุณหภูมิในช่วง 43-71 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมงถึงหลายวันก็ได้

สารประกอบในควันที่ใช้อรมอาหาร

สารประกอบในควันที่ใช้อรมอาหารประกอบไปด้วยสารหลายชนิด ได้แก่

1. กรด (acids) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดการหมักหรือบ่มและเป็นตัวควบคุมกลิ่นรส ทำให้โปรตีนในเนื้อเกิดการตกตะกอน
2. ฟีนอล (phenol) มีผลต่อกลิ่นและรสชาติของอาหาร ฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับสารคาร์โบนิลเพื่อเกิดเป็นสารที่เคลือบอยู่ภายนอกของผลิตภัณฑ์ที่รมควันนั้น
3. คาร์บอนิล (carbonyls) สารประกอบคาร์บอนิลที่มีอยู่ในควันไฟจะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหรือโปรตีนในอาหารทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้อาหารรมควันมีสีน้ำตาล

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เนื่องจากการทำให้สุก

ความร้อนที่ใช้กับเนื้อและผลิตภัณฑ์ จะมีผลยับยั้งและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (ชวลิตร์, 2531) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ด้วย (ชัยณรงค์, 2529) ดังนี้คือ

1. การเปลี่ยนแปลงของโปรตีน เมื่อโปรตีนของเนื้อสัตว์ได้รับความร้อนสูงกว่า 64 องศาเซลเซียสจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denature) ทำให้เกิดการตกตะกอน (coagulation) ทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลายน้ำ มีการแข็งตัวมากขึ้นและส่งผลให้ความเหนียวเพิ่มขึ้น
2. การเปลี่ยนแปลงโปรตีนคอลลาเจน โปรตีนคอลลาเจนเป็นโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการเสียสภาพ โดยคอลลาเจนจะเกิดการหดตัวเมื่ออุณหภูมิเนื้อสัตว์ได้ 56 องศาเซลเซียส และถ้าให้ความร้อนแบบเปียกต่อไป คอลลาเจนจะอมน้ำไว้ได้มากและจะ

เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลเซชัน (hydrolysis) ได้เจลาติน (gelatin) ซึ่งการให้ความร้อนแบบเปียกจะช่วยให้ออสตาเจนสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้นและเนื้ออ่อนนุ่มขึ้น

3. การเปลี่ยนแปลงของสารระเหยได้ ในเวลาที่เนื้อถูกความร้อนนั้นจะมีสารระเหยได้บางอย่างถูกขับออกมาและทำให้เกิดกลิ่นหอมมารับประทาน สารระเหยนี้ได้แก่สารจำพวกซัลเฟอร์และไนโตรเจน นอกจากนี้ยังมีพวกไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์และกรดด้วย

4. เกิดปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มเอมีนของโปรตีนและน้ำตาลรีดิคิง (Maillard reaction) เมื่อได้รับความร้อนทำให้เกิดสีน้ำตาล (นิธิยา, 2543) ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เนื้อมีสี กลิ่นและรสชาติอร่อย

การนวดชิ้นเนื้อ (Tumbling and massaging)

การนวดชิ้นเนื้อเป็นการใช้เครื่องมือที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีการกระจายตัวของเครื่องปรุงได้อย่างทั่วถึง ทั้งนี้เพราะเครื่องมือช่วยให้เนื้ออ่อนตัวและเครื่องปรุงแทรกซึมได้อย่างรวดเร็ว โดยเนื้อจะถูกนำเข้าเครื่องนวดและเครื่องจะนวดไปมา ผลสุดท้ายเครื่องจะทำให้โครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือเกิดฉีกขาด ส่งผลให้สกัดโปรตีนที่ละลายน้ำเกลือที่อยู่ภายในโครงสร้างกล้ามเนื้อได้ดี แล้วโปรตีนที่ละลายน้ำเกลือจะแยกออกมาเคลือบอยู่ภายนอกของก้อนเนื้อนั้น ๆ เมื่อเนื้อถูกความร้อนโปรตีนก็จะตกตะกอน เกิดเป็นลักษณะที่เกิดการเชื่อมระหว่างกล้ามเนื้อแต่ละชิ้น ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Theno *et al.*, 1978b; Theno *et al.*, 1978c) วิธีการนวดนี้สามารถนำไปใช้กับวิธีการหมักแบบฉีดน้ำเกลือได้โดย ฉีดน้ำเกลือเข้าไปแล้วตามด้วยการเคล้าและนวดไปมา ฉีดน้ำเกลือบางส่วนแล้วตามด้วยการเคล้าและนวดกับน้ำเกลือที่เหลือให้ทั่วหรือนำเนื้อกับน้ำเกลือทั้งหมดรวมเข้าไปในเครื่องนวด (ลักขณา, 2533)

ข้อดีของการนวด

การนวดเนื้อสัตว์ช่วยสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ โดยเฉพาะพวกไมโอไฟบริลลาโปรตีน (myofibrillar protein) เช่น แอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) ให้เคลือบอยู่บนผิวหน้าเนื้อ ซึ่งเมื่อนำเนื้อไปผ่านการให้ความร้อนจะทำให้โปรตีนเหล่านี้เชื่อมกัน ส่งผลให้เก็บกักน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความฉ่ำน้ำ ปริมาณผลผลิตสูง และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอเนื่องจากการกระจายตัวของสารประกอบในน้ำหมักได้อย่างทั่วถึงเนื้อ (Weiss, 1973 cited by Krause *et al.*, 1978a) โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการนวดเนื้อและไม่นวดเนื้อ พบว่าการ

นวดเนื้อช่วยให้มีการกระจายตัวของสารประกอบในน้ำหมักต่อพื้นที่ได้มากกว่าการไม่นวด (Ockerman and Organisciak, 1978a) นอกจากนี้การนำวิธีการนวดเนื้อไปใช้กับเนื้อที่ยังไม่เกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (prerigor) พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อที่ผ่านการบ่มแล้ว ซึ่งทำให้ลดต้นทุนในการผลิตในด้านการใช้ความเย็นในการบ่มเนื้อสัตว์ (Bedinghaus *et al.*, 1992) และมีการใช้วิธีการนวดเนื้อแบบสุญญากาศมาช่วยเร่งเวลาการหมักในการทำแฮมแบบหมักแห้ง พบว่าการนวดมีส่วนช่วยเร่งให้เกิดการหมักแห้งได้เร็วขึ้น โดยแฮมที่ผ่านการนวดเนื้อใช้เวลาหมักแห้งเพียง 36 วัน ในขณะที่แฮมที่ไม่ได้ผ่านการนวดใช้เวลาในการหมักแห้ง 70 วัน (Marriott *et al.*, 1984)

วิธีการนวดชิ้นเนื้อ

การนวดชิ้นเนื้อ มี 2 แบบ คือ (Paul and Edward, 1979)

1. **tumbling** เป็นวิธีการทางฟิสิกส์ นิยมใช้กับเนื้อที่มีความแน่น เช่น เนื้อโค เนื้อแกะ หรือเนื้อที่มีขนาดใหญ่ เป็นการใช้พลังงานซึ่งมีผลทำให้ชิ้นเนื้อกระทบกับภาชนะบรรจุที่หมุนอยู่ตลอดเวลา (rotating drum) หรือกระทบกับพาย (paddles และ baffles) ทำให้มีการเคลื่อนย้ายพลังงานจลน์เข้าสู่ชิ้นเนื้อ ในระยะต่อมาเมื่อเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นมีการดัดแปลงโดยใช้ความดันสุญญากาศควบคู่ไปด้วย ซึ่งจะช่วยให้สารประกอบกระจายสม่ำเสมอและป้องกันการเกิดโคมของโปรตีน การเกิดโคมของโปรตีนนี้จะทำให้การเชื่อมกันระหว่างชิ้นเนื้อลดลง (Solomon *et al.*, 1980; Sartell, 2004)

2. **massaging** เป็นวิธีการที่ไม่มีการใช้พลังงานรุนแรงเท่า tumbling วิธีการนวดแบบนี้จะเกี่ยวข้องกับพลังงานจากแรงต้าน (frictional energy) มากกว่าพลังงานที่เกิดจากการกระทบ เครื่องที่ใช้เป็นถึงขนาดต่าง ๆ กัน มีเครื่องผสมที่มีการหมุนอยู่ตลอดเวลาและกลางยังมีแกนซึ่งเชื่อมติดอยู่กับไม้พาย ทำให้ชิ้นเนื้อเสียดสีกันเอง เสียดสีกับไม้พายและเสียดสีกับด้านข้างของถังที่ใช้ผสม

การนวดเนื้อ มี 2 ลักษณะคือ นวดต่อเนื่อง (continuous tumbling) และนวดหยุดเป็นพัก ๆ (intermittent tumbling) (Gillett *et al.*, 1981; Bedinghaus *et al.*, 1992) การนวดหยุดเป็นพัก ๆ จะมีช่วงเวลาของการหยุด ซึ่งช่วงเวลาของการหยุดนี้จะช่วยให้เกิดการกระจายตัวของน้ำหมักเข้าไปในชิ้นเนื้อได้อย่างทั่วถึง และช่วยให้สากัดโปรตีนให้ออกมาอยู่บนผิวหน้าเนื้อได้ดี (Krause *et al.*, 1978a) โดยจากการศึกษาเปรียบเทียบในระยะเวลาการนวดรวมที่เท่ากัน

(tumbling time basis) ของการนวดต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง เช่น นวดต่อเนื่อง 3 ชั่วโมงและนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ โดยนวด 10 นาทีต่อชั่วโมงเป็นเวลา 18 ชั่วโมง (ระยะเวลาการนวด 3 ชั่วโมงเท่ากัน) พบว่าการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการนวดแบบต่อเนื่องและให้ปริมาณผลผลิต (yield) ที่สูงกว่า (Cassidy *et al.*, 1978) แต่การนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ จะไม่มีส่วนในการปรับปรุงคุณภาพเมื่อเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตเท่ากัน (total time basis) แต่ระยะเวลาหยุดต่างกัน เช่น การนวดแบบต่อเนื่อง 18 ชั่วโมง และนวดหยุดเป็นพัก ๆ คือ พัก 10, 20 และ 40 นาทีต่อชั่วโมง เป็นเวลาที่ใช้ทั้งหมด 18 ชั่วโมง (เวลารวม 18 ชั่วโมงเท่ากัน) พบว่าการทำแฮมโดยนวดแบบต่อเนื่อง 18 ชั่วโมงให้ผลในการปรับปรุงคุณภาพได้ดีกว่าการนวดหยุดแบบเป็นพัก ๆ และการทดลองที่มีการพักน้อยที่สุดให้ผลในการปรับปรุงคุณภาพได้ดีกว่าการทดลองที่พักนานขึ้น (Gillett *et al.*, 1982)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของการนวดเนื้อที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อ

Siegel *et al.* (1978a) ได้ศึกษาผลของโปรตีนในกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลาการนวดต่าง ๆ และที่ระดับความเข้มข้นของเกลือและสารประกอบฟอสเฟตที่ระดับต่าง ๆ ของแฮมชิ้นรูป (sectioned and formed ham) ในแต่ละชั่วโมงของการนวดจะเก็บน้ำที่ไหลซึมออกมาที่ผิวหน้ามาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนแอคติน (actin) และไมโอซิน (myosin) โดยวิธี SDS - PAGE (sodium dodecylsulfate polyacrylamide gel electrophoresis) จากผลการทดลองพบว่าการใช้เกลือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ร่วมกับการใช้และไม่ใช้สารประกอบฟอสเฟตจะให้ผลการสกัดโปรตีนที่ต่างกัน โดยพบว่าเกลือที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 และใช้สารประกอบฟอสเฟตร่วมด้วยจะมีผลในการสกัดโปรตีนแอคตินและไมโอซินได้ดีกว่าเกลือที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ เนื่องจากสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ จะมีค่าความแรงของไอออน (ionic strength) สูง ซึ่งจะทำให้โปรตีนทั้งสองชนิดนี้ละลายออกมาอยู่ในสารละลายเกลือที่มีความแรงของไอออนสูงได้ดีกว่าสารละลายเกลือที่มีความแรงของไอออนต่ำ ส่วนการนวดมีผลในด้านการทำให้สารละลายเกลือกระจายไปทุกส่วนทั่วชิ้นเนื้อส่งผลให้เกิดการละลายของโปรตีนในปริมาณที่มากพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น

Siegel *et al.* (1978b) ได้ศึกษาผลของการนวดร่วมกับการใช้เกลือและสารประกอบฟอสเฟตต่อการสูญเสีย น้ำหลังการทำให้สุก (cooking loss) ค่าการยึดเกาะของแฮมชิ้นรูป และศึกษาองค์ประกอบของน้ำที่ไหลซึมออกมาบนผิวเนื้อ (exudate) โดยใช้เกลือและฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาการนวดเพิ่มขึ้นปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้นและความเข้มข้นของเกลือที่ร้อยละ 2 ร่วมกับการใช้สารประกอบฟอสเฟตร้อยละ 0.5 และนวด 8

ชั่วโมง ช่วยให้แฮมขึ้นรูปที่ได้มีค่าการสูญเสีย น้ำหลังการทำให้สุกต่ำและค่าการยืดเกาะสูง การทดลองนี้สรุปว่าการนวดขึ้นเนื้อมีผลทำให้เนื้อเยื่อของเนื้อถูกทำลาย ส่งผลให้สารประกอบในน้ำหมักสามารถที่จะกระจายเข้าไปในชิ้นเนื้อได้อย่างทั่วถึงและส่งผลให้โปรตีนในกล้ามเนื้อที่ละลายได้ในสารละลายเกลือ ละลายออกมาอยู่บนผิวหน้าเนื้อและเชื่อมยึดติดกันเมื่อมีการให้ความร้อน ส่งผลให้ชิ้นเนื้อยึดติดกันได้ดี ทำให้ค่าการยืดเกาะสูง และมีการสูญเสีย น้ำน้อยในระหว่างการทำให้สุกต่ำ โดยการสกัดโปรตีนจะทำได้ดีต้องใช้เกลือและสารประกอบฟอสเฟตร่วมกับการนวดด้วย จึงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น

Theno *et al.* (1976a) ได้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของแฮมที่ผ่านการนวดและไม่ได้นวด พบว่าแฮมที่ผ่านการนวดมีสีที่ดีกว่าแฮมที่ไม่ได้นวด เนื่องจากการนวดเป็นการทำลายเนื้อเยื่อ ซาร์โคเลมมา (sarcolemma) ซึ่งเนื้อเยื่อนี้ทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อไว้ และภายในเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีไมโอโกลบินอยู่ภายใน ซึ่งเมื่อเนื้อเยื่อนี้ถูกทำลายจะทำให้ไนโตรเจนออกไซด์ สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินภายในโครงสร้างได้ดีจึงมีสีที่ดีกว่าการทดลองที่ไม่ได้นวด

Krause *et al.* (1978b) ได้ศึกษาผลของการนวดเนื้อ (นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ 10 นาทีต่อชั่วโมงเป็นเวลา 18 ชั่วโมง) เปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่ได้นวดเนื้อต่อการกระจายตัวของเกลือและไนโตรเจนในเนื้อหมู พบว่าการนวดเนื้อทำให้มีการกระจายตัวของเกลือและไนโตรเจนในเนื้อหมูได้ดีกว่าการทดลองที่ไม่ได้นวดและพบว่าผลิตภัณฑ์มีสีที่ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นวด

Gillett *et al.* (1981) ได้ศึกษาการนวดแบบต่อเนื่องในเวลาที่ต่างกันคือ 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมงในการทำแฮม พบว่าเมื่อเวลาการนวดเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สีดีขึ้นและปริมาณผลผลิตสูงขึ้น (การสูญเสีย น้ำหลังการทำให้สุกต่ำ) และผลิตภัณฑ์มีความแน่นเนื้อมากขึ้น

นอกจากการนวดจะมีผลในการช่วยสกัดโปรตีนในเนื้อได้ดีแล้ว ลักษณะการนวดก็มีผลเช่นกัน โดย Ockerman and Organisciak (1978a) ได้ศึกษาลักษณะการนวดโดยเปรียบเทียบการนวดแบบต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง และการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ 10 นาทีต่อชั่วโมงเป็นเวลา 18 ชั่วโมงต่อการกระจายของส่วนประกอบน้ำหมักเข้าไปในชิ้นเนื้อ จากการทดลองเมื่อนำผลการวิเคราะห์หาค่าการกระจายของส่วนผสมในน้ำหมักต่อพื้นที่ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าการนวด 2 ชั่วโมงขึ้นไปทำให้มีความแตกต่างของการกระจายตัวของสารประกอบในน้ำหมักต่อพื้นที่ และพบว่าการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ จะทำให้มีการกระจายของส่วนประกอบในน้ำหมักเข้าไปในชิ้นเนื้อได้ดีกว่าการนวดแบบต่อเนื่อง เนื่องจากการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ จะส่งผลให้น้ำหมักกระจายเข้าไปได้ดีในช่วงที่หยุดพัก ซึ่งการกระจายของสารประกอบในน้ำหมักเข้าไปด้วยทั่วถึงนี้ จะส่งผลถึงการสกัดโปรตีนที่ได้ผลดีเช่นกัน

Kraus *et al.* (1978a) ได้ศึกษาผลการนวดและวิธีการนวดที่มีผลต่อคุณภาพของแฮม พบว่าการนวดเนื้อช่วยให้ลักษณะปรากฏภายนอก สีภายใน ค่าแรงเคียน รสชาติ กลิ่น และปริมาณผลผลิตของแฮมที่ผ่านการนวดดีกว่าแฮมที่ไม่ได้ผ่านการนวด ส่วนความคงตัวและสีด้านนอกที่เห็นไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นเวลาการนวดก็มีผลต่อปริมาณผลผลิต โดยหากเวลาที่ใช้นวดเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์ แต่ถ้าเวลาที่ใช้นวดน้อยเกินไปจะทำให้ปริมาณผลผลิตไม่เปลี่ยนแปลง โดย Ockerman *et al.* (1978) ได้ศึกษาผลของการนวดเนื้อ 30 นาทีในการทำแฮมกระป๋อง พบว่าการนวดไม่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านปริมาณผลผลิต (yield) และลักษณะเนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการหมัก

ผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านการหมัก เช่น แฮม เบคอน และไส้กรอก เป็นต้น อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาหรือการจำหน่ายได้ ลักษณะคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปมีดังนี้คือ

1. ผิวหน้าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แสงสว่างและอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของไนโตรซิลฮีโมโครม (nitrosyl hemochrome) โดยแสงสามารถแยกไนตริกออกไซด์จากฮีโม (heme) ในไมโอโกลบินได้ ซึ่งอากาศจะออกซิไดซ์ไนตริกออกไซด์และกลุ่มฮีโม ส่งผลให้เกิดเป็นสีน้ำตาลหรือคล้ำลง (Gregg *et al.*, 1993) จึงควรบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาพสุญญากาศหรือการใช้ฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและไม่โดนแสงมากเกินไป (อุมาพร, 2546)
2. สีซีดจาง เนื่องจากการบ่มไม่เพียงพอ การบ่มไม่เพียงพอเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ เช่น เวลาที่ใช้บ่มเนื้อและการทำให้เนื้อสุกน้อยเกินไป อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มเนื้อต่ำเกินไป ปริมาณไนโตรดที่ใช้ในการหมักน้อยเกินไป ทำให้การหมักไม่สมบูรณ์ (อุมาพร, 2546)
3. สีซีดจางในระหว่างการเก็บรักษา สีของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเทาอมชมพูซีด สาเหตุใหญ่เกิดจาก 2 สาเหตุคือ แสงและออกซิเจนในอากาศ ดังนั้นจึงควรป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ถูกแสงและสัมผัสกับออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนทำให้เกิดการซีดจางของสีได้โดยออกซิเจนไปทำให้ไนโตรซิลฮีโมโครมเกิดการออกซิเดชันไปเป็นสารประกอบอื่นได้ การป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์สัมผัสกับออกซิเจนทำได้โดยการบรรจุแบบสุญญากาศ (อุมาพร, 2546)
4. เกิดการเหม็นหืนเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ไขมันในผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับออกซิเจน จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนและยังทำให้สีของผลิตภัณฑ์ซีดจาง

นอกจากนี้ไขมันที่มีค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide) สูงมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีไม่คงทน (นงลักษณ์, 2527; งามทิพย์, 2537) การวัดการเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ ซึ่งการหาค่าเปอร์ออกไซด์เป็นการหาผลิตภัณฑ์แรกของการเกิดออกซิเดชันที่เหมาะสมกับไขมันหรือน้ำมัน และการวัดค่าไทโอบาร์บิทูริก (TBA) ซึ่งเป็นการหาปริมาณของมาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน การหาค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก นิยมใช้ประเมินคุณภาพทางด้านการเหม็นหืนของเนื้อมากกว่าไขมันหรือน้ำมัน โดยอาศัยการกลั่น (Warriss, 2000; Ulu, 2004) หลักการวิเคราะห์ค่ากรดไทโอบาร์บิทูริก อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง TBA จำนวน 2 โมเลกุลกับมาโลนัลดีไฮด์ภายใต้สภาวะความเป็นกรด (pH 1.1-1.5) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารสีแดง โดยความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวบ่งบอกว่าปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ที่มีผลิตภัณฑ์ ถ้ามีปริมาณมากแสดงว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเหม็นหืนมาก (สุทัศน์ และ อิศรพงษ์, 2543; Pilar *et al.*, 1999)

5. ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์อาจมีสีเขียวเนื่องจากมีไนไตรต์มากเกินไป เรียกลักษณะนี้ว่า nitrite burn หรืออาจเกิดสีเขียวเนื่องจากแบคทีเรียและการผลิตไม่สะอาด การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่าจะช่วยยับยั้งการเกิดสีเขียวบนผิวหน้าผลิตภัณฑ์ได้ (อุมาพร, 2546)

6. เกิดรสเปรี้ยว มักเกิดขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้หลายวัน หรือเกิดจากการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตไม่เพียงพอ ทำให้จุลินทรีย์หลงเหลืออยู่ การเกิดรสเปรี้ยวเนื่องจากแบคทีเรียพวกที่ไม่ต้องการอากาศ เช่น แลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria) โดยแบคทีเรียเหล่านี้จะย่อยสลายองค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตในเนื้อสัตว์ เช่น แป้ง น้ำตาล และเกิดกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติกซึ่งทำให้เกิดรสเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น (อุมาพร, 2546)

7. เกิดการเหม็นเน่า กลิ่นดังกล่าวเกิดจากการที่แบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้ (proteolytic bacteria) เช่น *Proteus* sp. และ *Pseudomonas* sp. เป็นต้น ย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในเนื้อสัตว์ ทำให้เกิดเป็นสารที่ระเหยได้ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) แอมโมเนีย (ammonia) และเอมีน (amines) เป็นต้น ซึ่งสารระเหยเหล่านี้เป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นเน่าในผลิตภัณฑ์ (อุมาพร, 2546)

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 เนื้อหมูสันนอก (ซื้อมาจากบริษัทเบทาโกร จังหวัดเชียงใหม่)
- 1.2 น้ำตาลทราย
- 1.3 เกลือแกงผสม โซเดียมไนไตรต์ (NaCl 99.04%+ NaNO_2 0.96%)
- 1.4 แอคคอร์ด (accord)
- 1.5 พริกแห้ง ตราคนอร์ (สูตรไม่ใส่ผงชูรส)
- 1.6 เครื่องเทศ ได้แก่ กระเทียม พริกไทย

2. สารเคมี

- 2.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- 2.2 กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
- 2.3 กรดโซโอบาร์บิฟูริก ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2\text{S}_2$)
- 2.4 กรดบอริก (H_3BO_3)
- 2.5 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
- 2.6 กรดอะซิติก (CH_3COOH)
- 2.7 ปีโตรเลียมอีเธอร์ (Petroleum ether)
- 2.8 ซัลฟานิลาไมด์ ($\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$)
- 2.9 อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate count agar

3. อุปกรณ์สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

- 3.1 เครื่องนวดสุญญากาศ ยี่ห้อ Vakona รุ่น 100-950
- 3.2 เครื่องฉีดน้ำเกลือแบบเข็มฉีด ยี่ห้อ Dick lakespitze รุ่น 90050000

- 3.2 ตู้รวมควัน ยี่ห้อ Nuvo รุ่น ESR-500
- 3.3 เครื่องหั่นเนื้อ ยี่ห้อ Berkel รุ่น 800
- 3.4 เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ ยี่ห้อ Multivac รุ่น 300A/lb
- 3.5 ถังพลาสติกชนิดไนลอนซึ่งลามิเนตด้วยโพลีโพรพิลีน

4. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- 4.1 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Termarks รุ่น TS 800
- 4.2 เครื่องกลั่นหาโปรตีน ยี่ห้อ Tecator รุ่น 1026 Distilling unit
- 4.3 เครื่องย่อยโปรตีน ยี่ห้อ Tecator รุ่น 2012 Digester
- 4.4 เครื่องวิเคราะห์หาไขมัน ยี่ห้อ Soxhlet System รุ่น HT 6
- 4.5 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น AC 210
- 4.6 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ

5. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- 5.1 เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Juki Tri-Stimulus Colorimeter รุ่น JC 801
- 5.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Lloyd Universal Testing Machines รุ่น L series&Lr series
- 5.3 เครื่องวัดคอเตอร์แอกติวิตี ยี่ห้อ Novasina

6. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- 6.1 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ยี่ห้อ Harayama รุ่น HV 50
- 6.2 เครื่องตีผสมตัวอย่างอาหาร รุ่น Stomacher 400
- 6.3 ตู้บ่มเพาะเชื้อ ยี่ห้อ Termarks รุ่น B 8000
- 6.4 เครื่องเขย่า ยี่ห้อ Minishaker รุ่น KMS 1
- 6.5 อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ

วิธีการศึกษา

1. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนวดแบบต่อเนื่องและการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์

สูตรน้ำมันก้นต่อหน้า 1 ลิตร

เกลือแกงผสมโซเดียมไนไตรต์	20	กรัม
น้ำตาล	5	กรัม
พริกไทย	3	กรัม
ซีอิ๊วขาว	36	กรัม
ผงหมักหมู	2.5	กรัม
แอสคอร์บิค	3	กรัม
กระเทียม	10	กรัม

นำเนื้อหมูสันนอกมาล้างตัดแต่งให้ชิ้นเนื้อมีน้ำหนักระหว่าง 1,000-1,200 กรัม จากนั้นนำไปลิดน้ำเกลือให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ของน้ำหนักชิ้นเนื้อ จากนั้นนำชิ้นเนื้อที่ผ่านการลิดน้ำเกลือแล้วมานวดในเครื่องนวดสุญญากาศ โดยศึกษาการนวด 3 วิธีคือ ไม่นวดเนื้อ (ตัวอย่างควบคุม) นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมง) (Marriott *et al.*, 1984) และนวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง) (Ockerman and Organisciak, 1978a) โดยควบคุมอุณหภูมิในห้องหมักที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่อนวดเสร็จแล้วหมักต่อข้ามคืนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมารมควันและให้ความร้อนจนอุณหภูมิภายในชิ้นเนื้อวัดได้ประมาณ 72 องศาเซลเซียส รอให้เย็นแล้วจึงบรรจุในถุงไนลอนที่ลามิเนตด้วยโพลีโพรพิลีน ปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพต่อไป โดยคุณภาพที่ตรวจสอบมีดังนี้คือ

1.1 วัดสี โดยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Juki Tri-Stimulus Colorimeter รุ่น JC 801 โดยตัดตัวอย่างอาหารขนาด 15x15 มิลลิเมตร นำไปวางในช่องที่แสงผ่านตัวอย่างอาหารขนาด 10 มิลลิเมตร (ดัดแปลงจาก Gillett *et al.*, 1981)

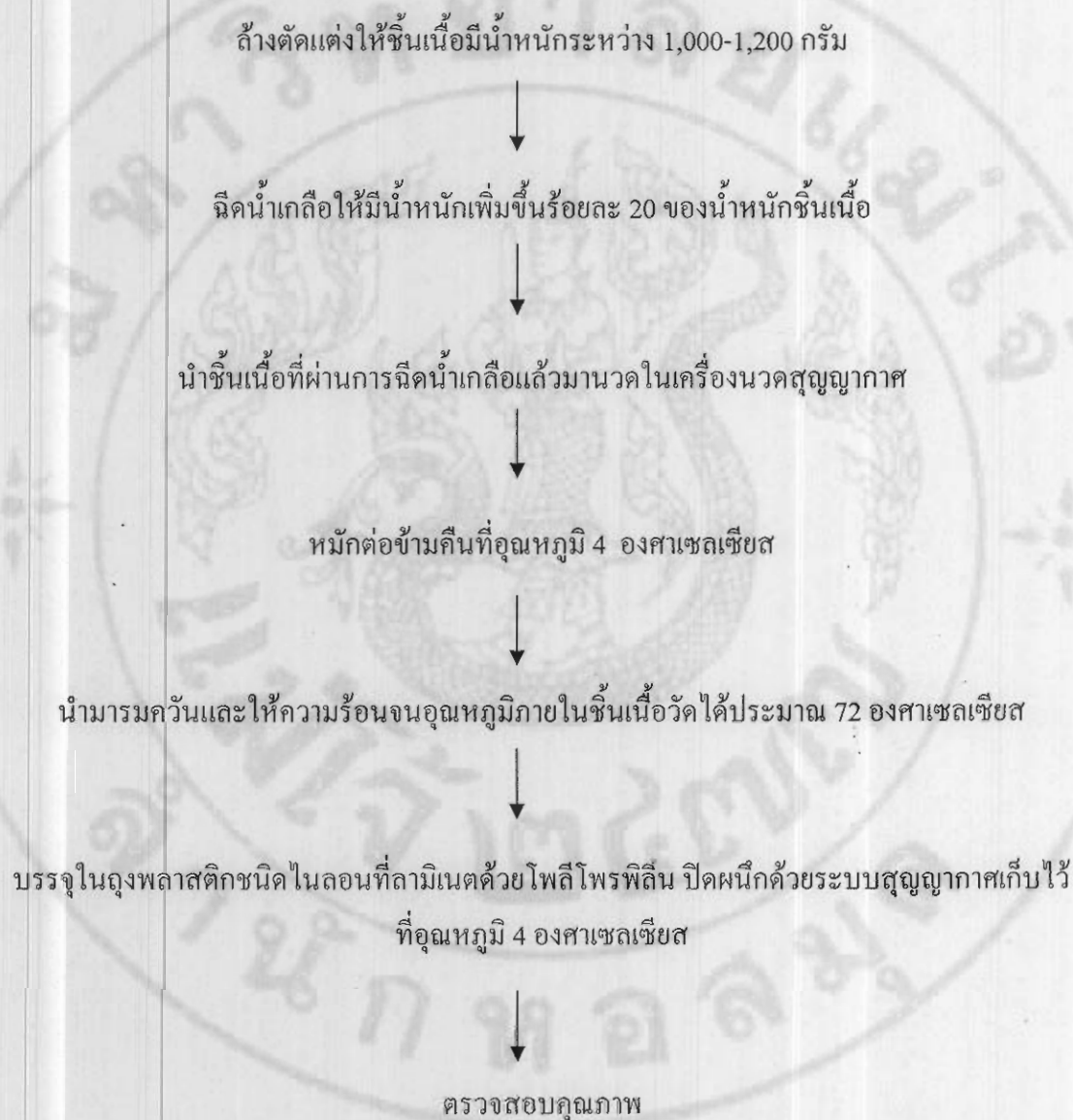
1.2 วัดเนื้อสัมผัส โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Lloyd Universal Testing Machines โดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด 10x10x10 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) นำไปวัดโดยใช้หัวกด บันทึกแรงที่ใช้ในการกดเป็นนิวตัน (N) (ดัดแปลงจาก Lachowicz *et al.*, 2003) ภาคผนวก ข

1.3 วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (% process yield) ตามวิธีของ Pietrasik and Shand (2004)

ภาคผนวก ข

1.4 วิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (% cooking loss) ตามวิธีของ Babji *et al.*

(1982) ภาคผนวก ข



ภาพที่ 2 วิธีการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยศึกษา 3 ทรีตเมนต์คือ ไม่นวด นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) และนวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์แบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. การศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์และศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

นำเนื้อหมูสันนอกมาล้างตัดแต่งให้ชิ้นเนื้อมีน้ำหนักระหว่าง 1,000-1,200 กรัม จากนั้นนำไปจืดน้ำเกลือให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ของน้ำหนักชิ้นเนื้อ จากนั้นนำชิ้นเนื้อที่ผ่านการจืดน้ำเกลือแล้วมานวดในเครื่องนวดสุญญากาศ โดยศึกษาการนวด 2 วิธีคือนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง และนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Ockerman and Organisciak, 1978b) โดยควบคุมอุณหภูมิในห้องหมักที่ 25 องศาเซลเซียสเมื่อนวดเสร็จแล้วนำมาหมักต่อข้ามคืนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมารวมวันและให้ความร้อนจนอุณหภูมิภายในชิ้นเนื้อวัดได้ประมาณ 72 องศาเซลเซียส รอให้เย็นแล้วจึงบรรจุในถุงไนลอนที่لامีเนตด้วยโพลิโพรพิลีน ปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพและศึกษาอายุการเก็บ

วางแผนการทดลองแบบการเปรียบเทียบแบบกลุ่ม (Group Comparison) โดยศึกษา 2 ทรีตเมนต์คือ นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง ทำการทดลอง 3 ซ้ำและทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพเคมีและกายภาพแบบ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.1 คุณภาพทางเคมี

2.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน ไขมันและความชื้นดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

2.1.2 วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีโดยเครื่องวัดวอเตอร์แอกติวิตี ยี่ห้อ Novasina โดยตัดตัวอย่างขนาด 25×25×2 มิลลิเมตร นำไปวางไว้ในกล่องใส่ตัวอย่างประมาณ 30 นาทีโดยปิดฝาไว้ จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี

2.1.3 วิเคราะห์ปริมาณไนโตรดที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ตามวิธีของ AOAC (1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

2.2.1 วัดสี ทำตามวิธีดังระบุในข้อ 1.1

2.2.2 วัดเนื้อสัมผัส โดยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Lloyd Universal Testing Machines โดยตัดตัวอย่างรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร หนา 15 มิลลิเมตร ใช้หัวตัดแบบใบมีดขนาด 70 องศาเซลเซียส ใช้แรงกดเพื่อตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกันบันทึกแรงที่ใช้ในการกดเป็นนิวตัน (N) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข

2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณผลผลิต ทำตามวิธีดังระบุในข้อ 1.3 และวิเคราะห์การสูญเสีย น้ำหนักหลังทำให้สุก ทำตามวิธีดังระบุในข้อ 1.4

2.2.4 ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale (ไพโรจน์, 2545) โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน คุณลักษณะที่ทดสอบมีดังนี้คือ สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ดังรายละเอียดของแบบทดสอบอยู่ในภาคผนวก ง

2.3 การศึกษาอายุการเก็บ โดยนำผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีที่ผลิตแล้วข้างต้น มาประเมินผลอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นดัชนีที่ระดับ 10^6 cfu/g (รพีพร, 2544) การเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์โดยใช้ค่ากรดไขมันเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 1 mg malonaldehyde/1 kg เป็นดัชนี (Weiss, 1973) และนำคะแนนความชอบของผู้บริโภคมาพิจารณาประกอบ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันทุก ๆ 7 วัน ดังนี้

2.3.1 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ (total plate count) ตามวิธีของ Roberts *et al.* (1995) ภาคผนวก ก

2.3.2 วัดสี ทำตามวิธีดังระบุในข้อ 1.1

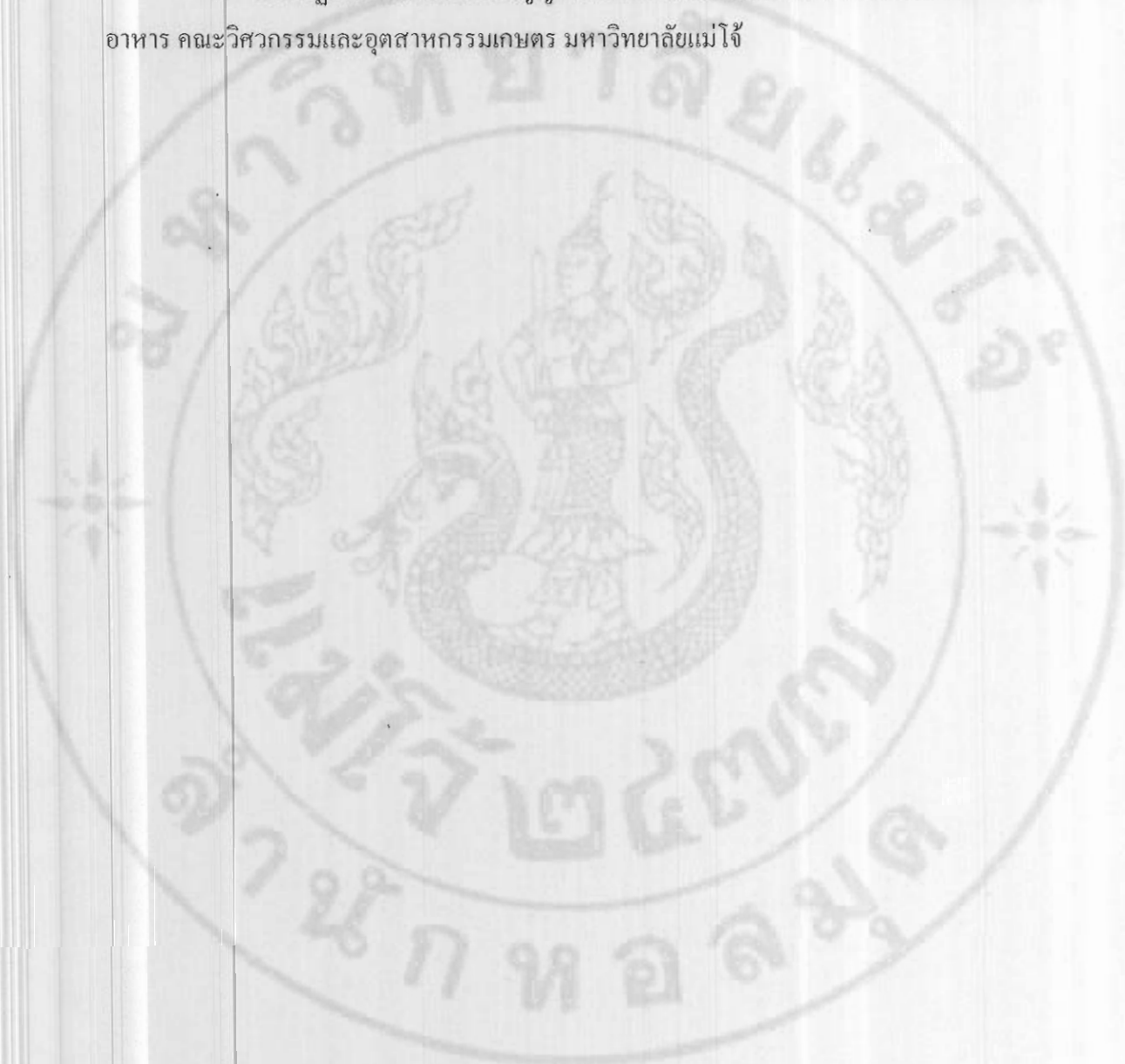
2.3.3 ค่ากรดไขมันเปอร์ออกไซด์ ตามวิธีของ Kirk (1991) ภาคผนวก ก

2.3.4 วัดเนื้อสัมผัส ทำตามวิธีดังระบุในข้อ 2.2.2

2.3.5 ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ 9-point hedonic scale ทำตามวิธีดังระบุในข้อ 2.2.4

สถานที่ดำเนินการทำวิจัย

1. ห้องปฏิบัติการผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาคารโรงงานนาร่อง ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการนักศึกษาปริญญาโท อาคารพนม สมิตานนท์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้



บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนวดแบบต่อเนื่องและการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์

1.1 คุณภาพทางด้านสี

จากการวิเคราะห์ค่าสี ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดในแต่ละวิธีพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธีคือ ไม่นวดเลย นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีสลับกันเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) และนวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง) มีค่า a^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตาราง 1 โดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีคือนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ และนวดแบบต่อเนื่อง มีค่า a^* สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นวดซึ่งค่า a^* ที่สูงกว่าแสดงความเป็นสีแดงมากกว่า ดังแสดงในตาราง 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krause *et al.* (1978a), Gillett *et al.* (1981) และ Knip *et al.* (1981) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดจะมีค่า a^* ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นวด การที่ผลิตภัณฑ์ที่นวดมีค่า a^* สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่นวด เป็นผลเนื่องจากการนวดเนื้อมีส่วนทำให้เนื้อเยื่อไขมันแตกตัว จึงทำให้ไมโอโกลบินที่อยู่ภายในโครงสร้างกล้ามเนื้อทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ได้ดีจึงทำให้สามารถวัดค่าความเป็นสีแดงได้มากกว่า (Theno *et al.*, 1976a; Chow *et al.*, 1986) ซึ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อหมักมีการใช้สารประกอบไนโตรเจนซึ่งสารประกอบไนโตรเจนนี้ถูกวิธีต่อไปเป็นไนตริกออกไซด์ และไนตริกออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินได้สารไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน และสารไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน เมื่อได้รับความร้อนจะได้สารไนโตรซิลฮีโมโครม ซึ่งสารนี้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูน่ารับประทาน ซึ่งการวัดสีของผลิตภัณฑ์จึงเทียบเคียงกับค่า a^* ส่วนผลิตภัณฑ์ที่นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ มีค่า a^* สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่นวดแบบต่อเนื่องนั้น เนื่องจากการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ มีการกระจายตัวของสารประกอบไนโตรเจนได้อย่างสม่ำเสมอว่าการทดลองนวดแบบต่อเนื่อง (Ockerman and Organisciak, 1978a) จึงทำให้ไนตริกออกไซด์ทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินได้อย่างสม่ำเสมอ จึงทำให้มีค่า a^* มากกว่า (Dzudie and Okubanjo, 1999)

ตาราง 1 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี

วิธีการนวด	L* ^{ns}	a*	b*
1	65.81±4.52	3.46 ^a ±1.22	7.26 ^b ±1.10
2	65.69±3.49	5.95 ^c ±0.91	8.22 ^c ±0.72
3	64.17±1.51	5.02 ^b ±0.76	7.45 ^a ±0.68

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1 หมายถึง ไม่นวดเลย

2 หมายถึง นวดแบบหุคเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีและพัก 30 นาทีสลับกันเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง)

3 หมายถึง นวดต่อเนื่อง (นวด 3 ชั่วโมง)

ค่า L* หมายถึง ความสว่าง (ค่า=0, ขาว=100)

a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)

b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

1.2 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส

จากการวัดความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์โดยใช้แรงกด พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธีคือ ไม่นวดเลย นวดแบบหุคเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) และนวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง) พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันมีความนุ่มเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าแรงกดเท่ากับ 89.96, 83.05 และ 95.68 นิวตัน ตามลำดับดังแสดงในตาราง 2 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดควรมีความนุ่มเนื้อดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นวดเนื้อ ซึ่งความนุ่มของเนื้อดังกล่าวเป็นผลเนื่องจากโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อฉีกขาด การที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างความนุ่มเนื้อในการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธีนี้ ได้ผ่านการให้ความร้อน (อุณหภูมิสูงถึง 72 องศาเซลเซียส) ในระหว่างการทำให้สุก ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้โปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการตกตะกอน เป็นผลให้เนื้อเหนียวขึ้น (ชัยณรงค์, 2529) ซึ่งคาดว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์มากกว่าปัจจัยจากการนวด จึงไม่พบความแตกต่างของความนุ่มเนื้อ

ตาราง 2 ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี

วิธีการนวด	แรงกด (N) ^{ns}
1	89.96±41.72
2	83.05±52.79
3	95.68±49.78

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1 หมายถึง ไม่นวดเลย

2 หมายถึง นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีและพัก 30 นาทีสลับกันเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง)

3 หมายถึง นวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง)

1.3 ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสียหลังจากทำให้สุก

จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี คือ ไม่นวดเลย นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) และนวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง) พบว่ามีปริมาณผลผลิตเท่ากับร้อยละ 79.62, 71.24 และ 71.34 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี มีปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตาราง 3 การที่การนวดเนื้อไม่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพด้านปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันนั้น จัดว่าขัดแย้งกับผลการทดลองของงานวิจัยอื่นที่พบว่าการนวดเนื้อมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำไปขึ้นรูปใหม่หลังจากการนวดเนื้อ เช่น การทำแฮมขึ้นรูป (Pearson and Gillett, 1999; Siegel *et al.*, 1978a; Knipe, 2004) สาเหตุที่การนวดโดยทั่วไปมีส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณผลผลิตนั้นเนื่องมาจากการนวดมีส่วนช่วยในการสกดโปรตีนให้มาอยู่บนผิวหน้าเนื้อนั้น ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนกาวที่ไปประสานก้อนเนื้อระหว่างก้อนเนื้อให้มีความแน่นเนื้อดีกว่าเดิมและเก็บกักน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์ได้สูงจึงทำให้ปริมาณผลผลิตสูงตามไปด้วย (ลักษณะ, 2533) อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ Robert *et al.* (1981) ที่นำการนวดเนื้อไปใช้ในเบคอน (ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นำไปขึ้นรูป) และพบว่าไม่มีความแตกต่างของปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านและไม่ผ่านการนวดเนื้อ และค่าการสูญเสียหลังจากทำให้สุกของการทดลองที่นวดมีค่าที่สูงกว่าการทดลองที่ไม่ได้นวดเนื้อ

จากการวิเคราะห์หาค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธีคือ ไม่นวด นวดแบบหุคเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) และนวดแบบต่อเนื่อง (3 ชั่วโมง) พบว่ามีค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกเท่ากับร้อยละ 31.94, 37.86 และ 38.64 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธีมีค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตาราง 3 จะเห็นได้ว่าปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือเมื่อค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกต่ำลง จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น แต่จากการทดลองทั้ง 3 นี้ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 3 ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 3 วิธี

วิธีการนวด	ปริมาณผลผลิต ^{ns} (ร้อยละ)	การสูญเสีย น้ำหลังทำให้สุก ^{ns} (ร้อยละ)
1	79.62±6.45	31.94±3.31
2	71.24±9.00	37.86±5.59
3	71.36±5.07	38.64±3.66

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1 หมายถึง ไม่นวดเลย

2 หมายถึง นวดแบบหุคเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีและพัก 30 นาทีสลับกันเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง)

3 หมายถึง นวดแบบต่อเนื่อง (นวด 3 ชั่วโมง)

จากการศึกษาวิธีการนวดพบว่าวิธีการนวดมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านสี แต่ไม่ปรับปรุงคุณภาพผลผลิต และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการนวดแบบต่อเนื่องและการนวดแบบหุคเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เนื้อสันนอกหมักรมควันพบว่าวิธีการนวดแบบหุคเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) มีผลในการปรับปรุงคุณภาพทางด้านสีดีกว่าการนวดแบบต่อเนื่อง (นวด 3 ชั่วโมง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) จึงเป็นเหตุผลให้เลือกวิธีการนวดแบบหุคเป็นพัก ๆ ในการศึกษาต่อไปโดยทั้งนี้จะศึกษาปัจจัยของช่วงเวลาการนวดและการหยุดพักที่มีระยะเวลาารวม 6 ชั่วโมง

2. การศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์และการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

2.1 ผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี มีปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีความชื้นที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง แสดงดังตาราง 4 การที่ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีความชื้นสูงกว่า อาจเนื่องมาจากการนวดลักษณะนี้มีช่วงเวลาในการพักนานกว่าคือ 50 นาที ซึ่งในช่วงที่พักระยะนี้จะมีการกระจายตัวหรือดูดซึมของน้ำหมักเข้าไปได้มากกว่า และพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้งสองวิธีมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีโปรตีนร้อยละ 25.9 และผลิตภัณฑ์ที่นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีโปรตีนร้อยละ 30.28 ซึ่งการที่มีปริมาณโปรตีนที่ต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากว่าผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นสูงจะทำให้มีค่าโปรตีนน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dzudie and Okubanjo (1999) และพบว่าปริมาณไขมันและค่าคอเลสเตอรอลไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงมีปริมาณไขมันร้อยละ 1.28 และ 1.36 ตามลำดับ ส่วนคอเลสเตอรอลมีค่าเท่ากัน กล่าวคือมีค่าเท่ากับ 0.92 ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

วิธีการนวด	โปรตีน (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ) ^{ns}	ค่าออกเทอร์แอคติวิตี ^{ns}
1	25.93 ^a ±0.45	67.46 ^a ±0.34	1.28±0.14	0.92±0.82
2	30.28 ^b ±0.87	64.54 ^b ±0.88	1.36±0.91	0.92±0.84

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2.1.2 ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เหลือในผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ตามตาราง 5 การสูญเสียของไนโตรเจนส่วนหนึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากการให้ความร้อนหรือการทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน และพบว่าไนโตรเจนที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีนี้อยู่ในระดับที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคตามที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้มีไนโตรเจนอยู่ในผลิตภัณฑ์สำเร็จไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน (ppm) (ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84, 2527)

ตาราง 5 ปริมาณไนไตรต์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

วิธีการนวด	ปริมาณไนไตรต์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ (ppm) ^{ns}
1	75.99±41.27
2	64.33±24.69

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2.2 ผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

2.2.1 คุณภาพทางด้านสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ คือ นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวดทั้ง 2 วิธีมีค่า a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเป็นผลเนื่องจากวิธีการนวดทั้งสองมีช่วงเวลาที่หยุดพักที่เพียงพอทำให้สารประกอบในน้ำหมักแทรกซึมเข้าไปในก้อนเนื้อได้ และการนวดเนื้อทำให้เนื้อเยื่อซาโคเลมมาฉีกขาดและทำให้ไมโอโกลบินที่อยู่ในโครงสร้างกล้ามเนื้อทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ได้ดีพอกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีแดงใกล้เคียงกัน จึงไม่พบความแตกต่างของค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

วิธีการนวด	L^{*ns}	a^{*ns}	b^{*ns}
1	76.03±1.81	12.11±1.49	5.17±0.91
2	73.13±1.68	11.71±1.15	5.16±0.94

หมายเหตุ: ^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมง

ค่า L^{*} หมายถึง ความสว่าง (ดำ=0, ขาว=100)

a^{*} หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)

b^{*} หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

2.2.2 คุณภาพด้านเนื้อสัมผัส

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยวัดแรงด้านการเคี้ยวในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ คือ นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมงและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีแรงด้านการเคี้ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

วิธีการนวด	แรงด้านการเคี้ยว (นิวตัน)
1	14.25 ^a ±2.25
2	12.58 ^b ±2.65

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลา รวม 6 ชั่วโมง

2.2.3 ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสียน้ำหลังทำให้สุก

จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาดแบบหุคเป็นพัก ๆ คือ ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง และขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตาราง 8 โดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าการทดลองที่ขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง การที่มีปริมาณผลผลิตสูงกว่าเนื่องมาจากว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาที เป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงมีช่วงพักที่นานกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงและช่วงที่พักระยะนี้ส่งผลให้มีการดูดซึมของน้ำหมักได้ดี โดยในส่วนประกอบของน้ำหมักมีฟอสเฟตเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ซึ่งฟอสเฟตมีหน้าที่ช่วยให้โปรตีนจับกับน้ำได้ดี เป็นผลให้เนื้อมีการอุ้มน้ำได้ดี ทำให้เนื้อไม่สูญเสียน้ำหนักมากเกินไปในขณะที่ให้ความร้อน (ชัยณรงค์, 2529; Sheard *et al.*, 1999; Siegel, 1978b) และจากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงมีค่าการสูญเสียน้ำหลังทำให้สุกต่ำกว่าการทดลองที่ขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่มีในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีที่มีปริมาณสูงกว่าเนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาที เป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง เมื่อความชื้นสูงหรือมีน้ำในผลิตภัณฑ์สูง ปริมาณผลผลิตจึงสูงตามไปด้วย

ตาราง 8 ปริมาณผลผลิตและค่าการสูญเสียน้ำหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

วิธีการนวด	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)	ค่าการสูญเสียน้ำหลังทำให้สุก (ร้อยละ)
1	77.79 ^a ±4.21	38.02 ^a ±2.37
2	72.24 ^b ±4.33	43.92 ^b ±4.50

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวดัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1 หมายถึง ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง ขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2.2.4 คุณภาพด้านประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี โดยใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน คุณลักษณะที่ทดสอบมีดังนี้คือ สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่น รสชาติและความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนน สี รสชาติ กลิ่นและความชอบรวม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความนุ่มและความชุ่มฉ่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีคะแนนความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำสูงกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง ดังแสดงในตาราง 9 จะเห็นได้ว่าคะแนนคุณภาพด้านประสาทสัมผัสซึ่งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงมากกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงนั้น อาจเนื่องมาจากการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีมีช่วงของการหยุดพักนานกว่าจึงดูดซึมน้ำหนักได้ดีกว่า จึงมีน้ำในผลิตภัณฑ์สูงและส่งผลให้ปริมาณผลผลิตสูง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่มีในผลิตภัณฑ์ที่พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีมีปริมาณความชื้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เมื่อมีน้ำในผลิตภัณฑ์สูงผลิตภัณฑ์จึงมีความฉ่ำน้ำ คะแนนความชอบด้านความชุ่มฉ่ำจึงสูงกว่า

ตาราง 9 คะแนนเฉลี่ยของผู้ทดสอบชิมที่ให้คะแนนในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

วิธีการนวด	สี ^{ns}	ความนุ่ม	ความชุ่มฉ่ำ	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบรวม ^{ns}
1	6.23±1.04	6.80 ^a ±0.92	6.73 ^a ±0.79	6.25±1.00	6.62±0.73	6.82±0.98
2	6.18±0.78	6.37 ^b ±1.01	6.25 ^b ±1.04	6.62±0.70	6.45±0.85	6.52±0.66

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

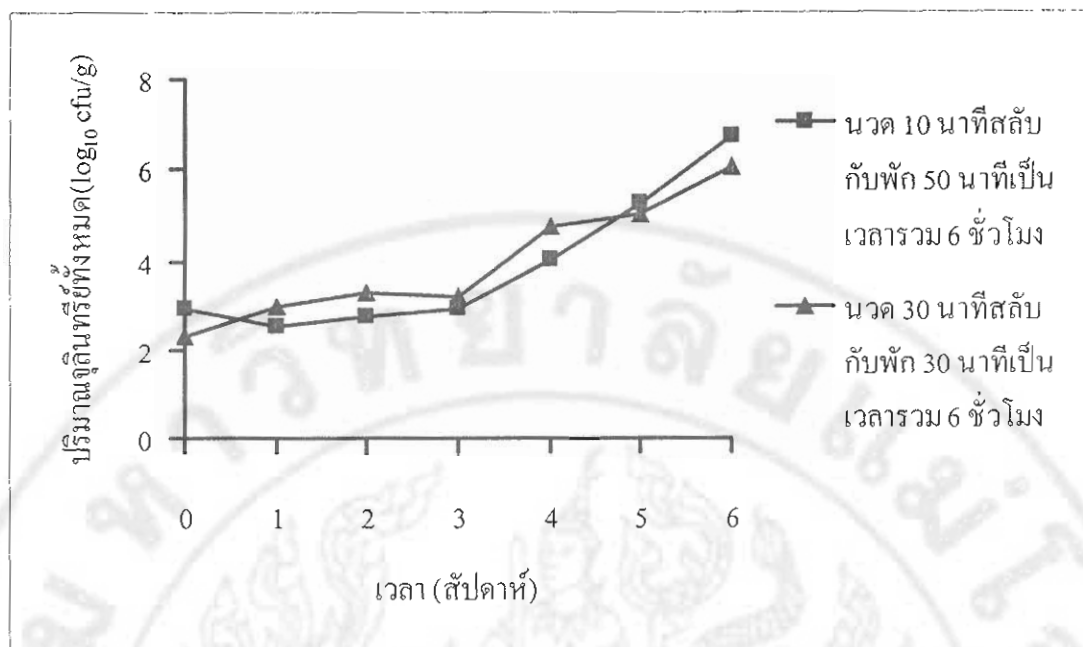
1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2.3 การศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ โดยประเมินผลอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์เป็นดัชนีที่ระดับ 10^6 cfu/g (รพีพร, 2544) และการหมื่นหื่นของผลิตภัณฑ์โดยมีค่ากรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 1 mg malonaldehyde/l kg (Weiss, 1973) และตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันทุก ๆ 7 วันดังนี้

2.3.1 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count)

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีพบว่าแต่ละผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดแต่ละวิธีมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ค่อนข้างคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 0-3 และในสัปดาห์ที่ 4-6 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และในสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีมากจนถึง 10^6 cfu/g ดังแสดงในตาราง 10 ซึ่งมาตรฐานด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปพร้อมรับประทานกำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 10^6 cfu/g (รพีพร, 2544) ดังนั้นจึงพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดแต่ละวิธีนี้มีอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์



ภาพที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี
ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

ตาราง 10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ($\log_{10}$ cfu/g) ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

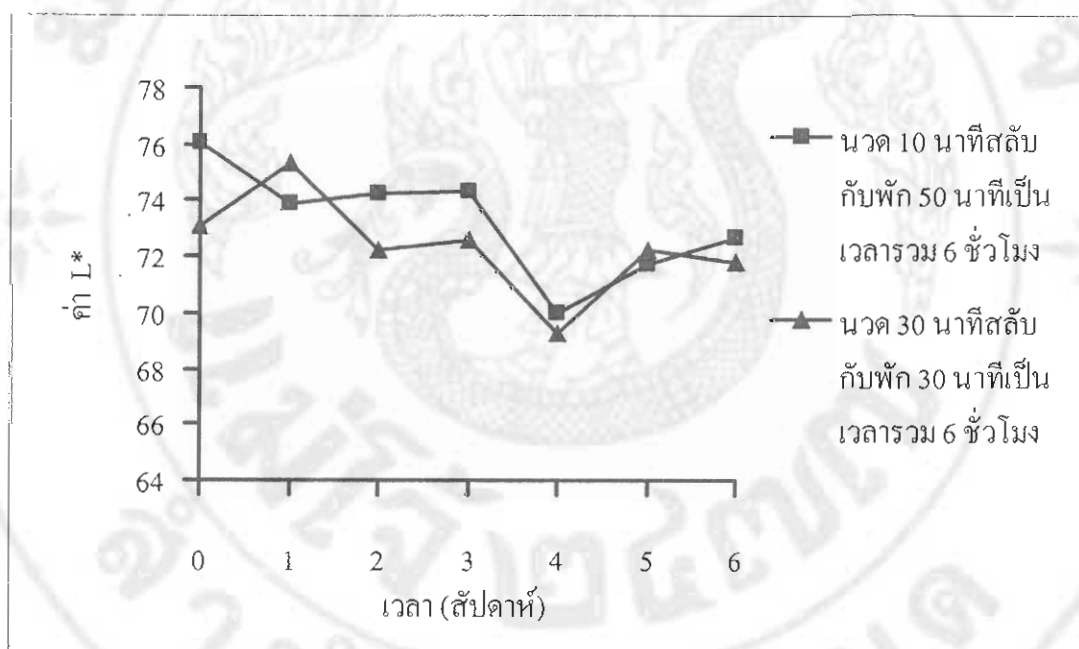
วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
1	2.35	2.53	2.76	2.93	4.04	5.23
2	2.31	2.98	3.29	3.19	4.74	5.03

หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

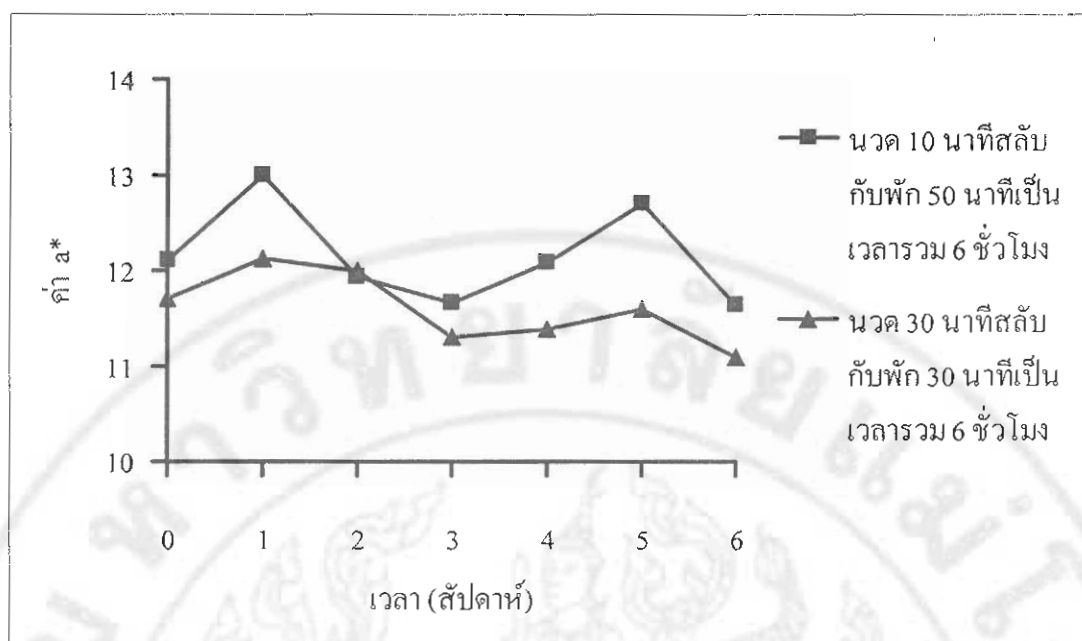
2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2.3.2 สี

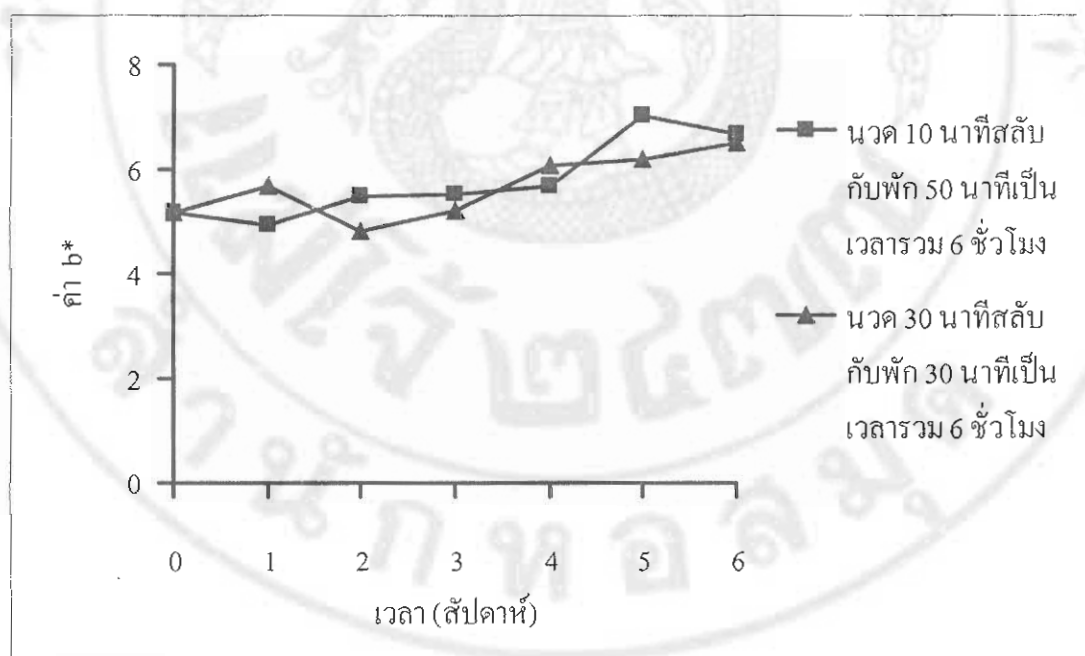
จากการวิเคราะห์ค่า L^* a^* b^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 2 วิธีคือ นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่นวดทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มค่า L^* ลดลงเล็กน้อยหรือมีความสว่างลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้พบว่าผิวหน้าเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อาจผลเนื่องมาจากแสงสว่างและอากาศ โดยปัจจัยดังกล่าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของไนโตรซิลฮีโมโครม (nitrosyl hemochrom) ซึ่งแสงสามารถแยกไนตริกออกไซด์จากฮีโม (heme) ในไมโอโกลบินได้ และอากาศจะออกซิไดซ์ไนตริกออกไซด์และกลุ่มฮีโม ส่งผลให้เกิดเป็นสีน้ำตาลหรือคล้ำลง (Gregg *et al.*, 1993) และค่า a^* ลดลงเล็กน้อยและค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4-6 และในตาราง 11



ภาพที่ 4 ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์



ภาพที่ 5 ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์



ภาพที่ 6 ค่า b^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

ตาราง 11 ค่าสียงผลิตภัณฑ์เนื้อหมูส่วนนอกหมักม้วนผ่านกระบวนการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

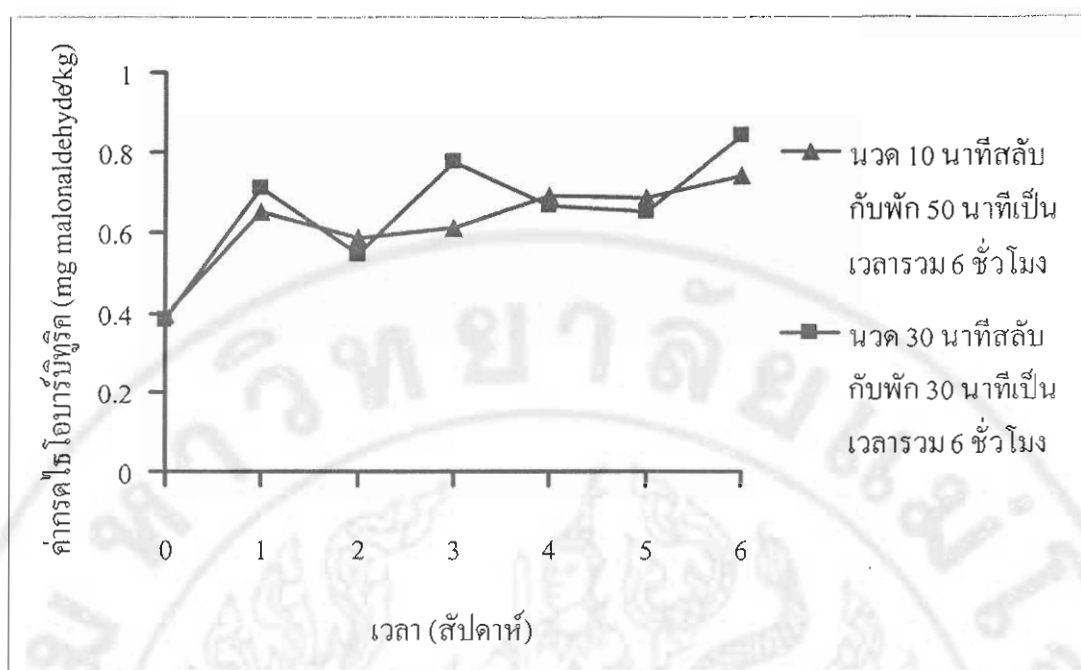
ค่าสี	วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)						
		0	1	2	3	4	5	6
L*	1	76.03	72.89	74.25	74.30	69.99	71.7	72.69
	2	73.13	75.32	72.23	72.55	69.25	72.23	71.76
a*	1	12.11	12.98	11.93	11.66	12.22	12.70	11.65
	2	11.71	12.13	12.00	11.29	11.39	11.63	11.08
b*	1	5.17	4.92	5.50	5.54	5.69	7.00	6.64
	2	5.16	5.70	4.82	5.21	6.09	6.21	6.52

หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2.3.3 ค่ากรดไลโอบาร์บิทรिक

จากการวิเคราะห์การหมื่นหื่นของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน โดยการวิเคราะห์ค่ากรดไลโอบาร์บิทรिक พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีแนวโน้มค่ากรดไลโอบาร์บิทรिकเพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ดังภาพที่ 7 และจากตาราง 12 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีเริ่มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยผลิตภัณฑ์ที่มีค่ากรดไลโอบาร์บิทรिकมากกว่า 0.5 mg malonaldehyde/kg แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เริ่มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Warriss, 2000) การวิเคราะห์ค่ากรดไลโอบาร์บิทรिक เป็นการหาปริมาณของมาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้จากการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (สุทัศน์ และ อิศรพงษ์, 2543; Pilar *et al.*, 1999) โดยการเกิดออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เป็นผลเนื่องมาจากออกซิเจนและแสงสว่าง โดยแสงสว่างจะเป็นตัวเร่งให้ไขมันเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นนี้จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน) เกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์และสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์นี้เป็นสารที่ไม่อยู่ตัวจะสลายตัวให้สารประกอบที่จำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยลง เช่น อัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งสารเหล่านี้ระเหยได้จึงทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหื่นขึ้นในผลิตภัณฑ์ (ศศิเกษม และ พรธณี, 2530) แต่จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีมีค่ากรดไลโอบาร์บิทรिकในผลิตภัณฑ์ ซึ่งยังยอมรับได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีค่ากรดไลโอบาร์บิทรिकเกิน 1 mg malonaldehyde/kg บ่งบอกว่าผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหื่นไม่เป็นที่ยอมรับ (Warriss, 2000)



ภาพที่ 7 ค่ากรดไขมันเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

2.3.4 เนื้อสัมผัส

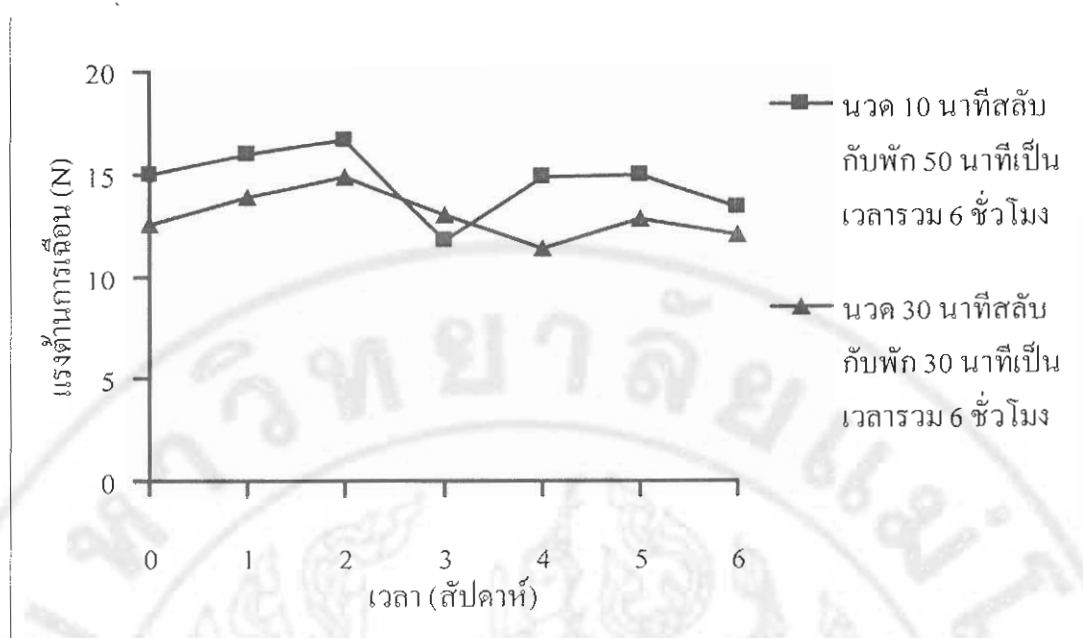
จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้แรงด้านการเคี้ยวในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดในแต่ละวิธีมีแนวโน้มแรงด้านการเคี้ยวลดลงเล็กน้อยหรือนิ่มลงเล็กน้อยดังแสดงในภาพที่ 8 และตาราง 13 อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียพวกที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีน (proteolytic bacteria) ได้ ซึ่งจะย่อยโมเลกุลของโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มีโมเลกุลเล็กลง จึงทำให้เนื้อนุ่ม (เขาวลักษณะ, 2536)

ตาราง 12 ค่ากรดไลโอบาร์บิฟูริก (mg malonaldehyde/1 kg) ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสุกนอกหมกมึนที่ผ่านกระบวนการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)						
	0	1	2	3	4	5	6
1	0.39	0.64	0.58	0.69	0.69	0.60	0.68
2	0.38	0.71	0.54	0.77	0.66	0.64	0.84

หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 8 แรงด้านการเลื้อยของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีใน
ระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

ตาราง 13 แรงต้านการเคลื่อนไหว (N) ของผลิตภัณฑ์เพื่อหุ่นยนต์ออกกำลังกาย 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 สัปดาห์

วิธีการวัด	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
1	14.24	13.57	16.33	11.84	14.76	13.36
2	12.58	13.88	15.08	13.08	11.38	11.23

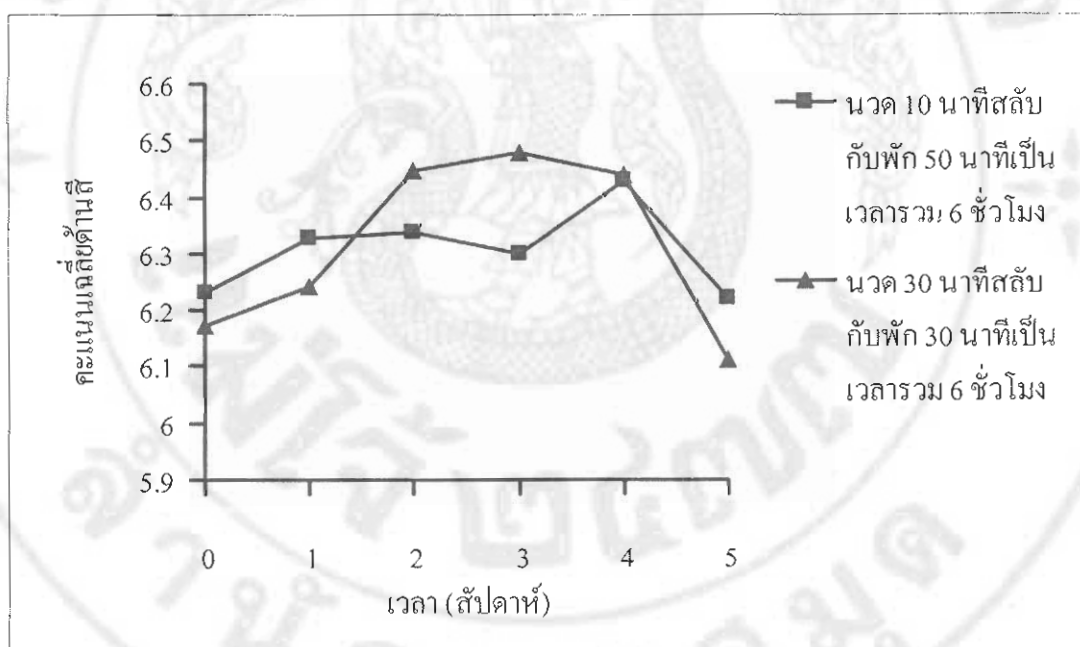
หมายเหตุ: 1 หมายถึง ขนาด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง ขนาด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2.3.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีที่เก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คนให้คะแนนความชอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ทุก ๆ 7 วันโดยให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.3.5.1 สี จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และให้คะแนนความชอบทางด้านสีพบว่าในสัปดาห์ที่ 5 ผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มการให้คะแนนความชอบทางด้านสีลดลง ดังแสดงในภาพที่ 9 และตาราง 14 การที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนลดลงอาจเนื่องมาจากว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้นานผลิตภัณฑ์มีสีชมพูจางลงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มการให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* ในภาพที่ 3 ซึ่งพบว่าค่า a^* มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน



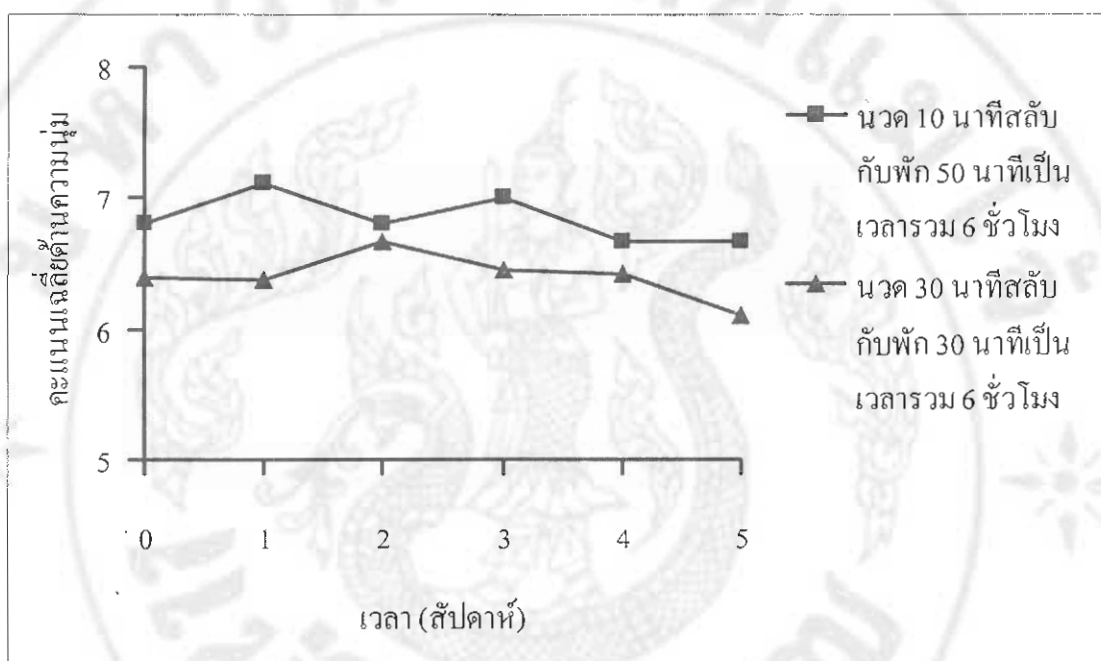
ภาพที่ 9 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

ตาราง 14 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านสิ่งของผลิตภัณฑ์เนื้อหุสันนอกหมักรวมควัฒ์พัฒนาการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
1	6.23	6.33	6.34	6.30	6.43	6.22
2	6.18	6.24	6.45	6.48	6.44	6.11

หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง
 2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง
 ความหมายของคะแนน 9-ชอบมากที่สุด 8-ชอบมาก 7-ชอบปานกลาง 6-ชอบเล็กน้อย 5-เฉย ๆ 4-ไม่ชอบเล็กน้อย 3-ไม่ชอบปาน 2-ไม่ชอบมาก 1-ไม่ชอบมากที่สุด

2.3.5.2 ความนุ่ม จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และให้คะแนนความชอบทางด้านความนุ่มเนื้อ พบว่าผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มการให้คะแนนความชอบทางด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีลดลงเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 10 และตาราง 15 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เมื่อเก็บรักษาไว้นาน ๆ จะเกิดการสลายของพันธะเคมีภายในเนื้อสัตว์ และอาจเกิดการย่อยโปรตีนโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนเข้าไปในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยน



ภาพที่ 10 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

ตาราง 15 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์เนื้อหυσันออกหมักมวนที่ผ่านการวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
1	6.80	7.12	6.81	7.01	6.67
2	6.37	6.38	6.68	6.44	6.10

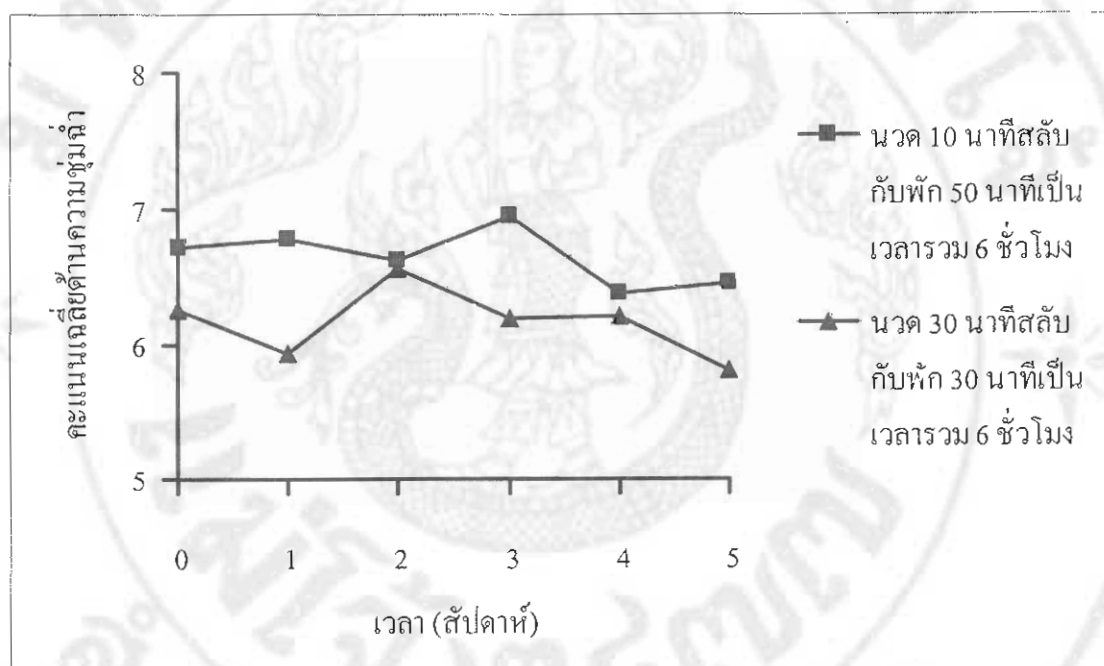
หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

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

1-ไม่ชอบมากที่สุด

2.3.5.3 ความชุ่มฉ่ำ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีและให้คะแนนความชอบทางด้านความชุ่มฉ่ำ พบว่าผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มการให้คะแนนความชอบด้านความชุ่มฉ่ำของแต่ละผลิตภัณฑ์ลดลงเล็กน้อย ดังแสดงในภาพที่ 11 และตาราง 16 ทั้งนี้ความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เกิดจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ รวมทั้งไขมันที่แทรกอยู่ในผลิตภัณฑ์สามารถกระตุ้นให้ผู้บริโภครู้สึกมีความชุ่มฉ่ำในปากเมื่อได้บริโภคผลิตภัณฑ์นั้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาไว้นานคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของโปรตีนอาจเปลี่ยนไป ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์น้อยลง จึงอาจทำให้ผู้บริโภครู้สึกถึงความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์ลดลง



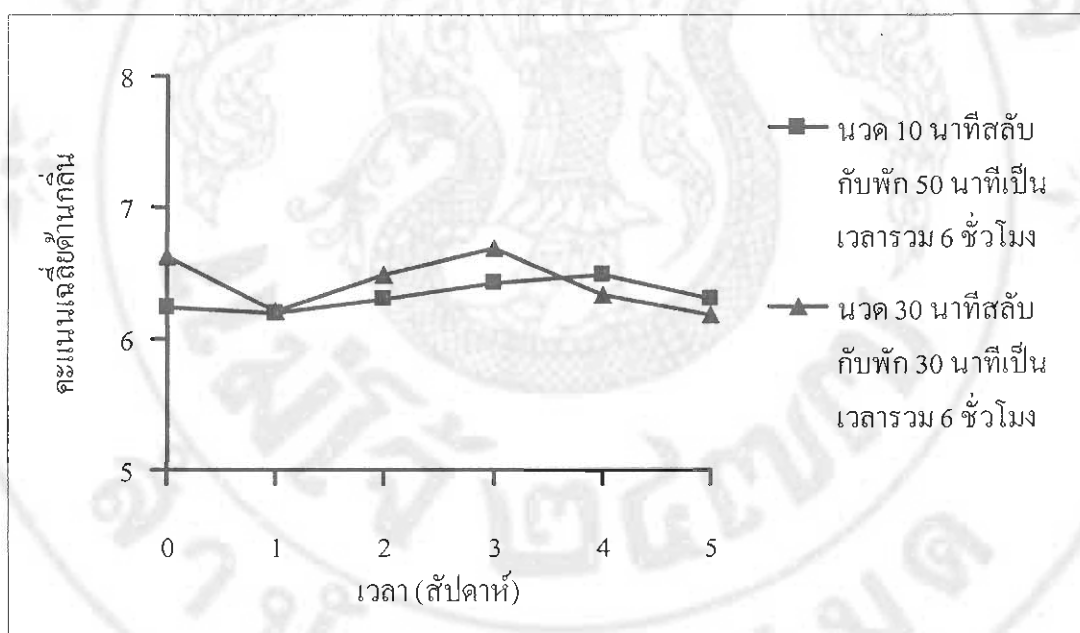
ภาพที่ 11 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านความคุ้มค่าของผลิตภัณฑ์เนื้อหุสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
1	6.73	6.78	6.63	6.96	6.38	6.46
2	6.25	5.94	6.57	6.20	6.21	5.81

หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง
2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง
ความหมายของคะแนน 9-ชอบมากที่สุด 8-ชอบมาก 7-ชอบปานกลาง 6-ชอบเล็กน้อย 5-เฉย ๆ 4-ไม่ชอบเล็กน้อย 3-ไม่ชอบปานกลาง 2-ไม่ชอบมาก 1-ไม่ชอบมากที่สุด

2.3.5.4 กลิ่น จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีและให้คะแนนความชอบทางด้านกลิ่นพบว่าผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มการให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงในสัปดาห์ที่ 4-5 ดังแสดงในภาพที่ 12 และแสดงในตาราง 17 อาจเนื่องมาจากว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน ผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งสอดคล้องกับค่ากรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้น อาจทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาไว้ที่สัปดาห์ที่ 5 ผู้บริโภคยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ โดยให้คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และค่ากรดไขมันอิสระยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ก็ยังมีค่าอยู่ในช่วง 0.60-0.64 mg malonaldehyde/kg ซึ่งค่ากรดไขมันอิสระนี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นแล้วแต่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์ได้ แต่ถ้าค่ากรดไขมันอิสระสูงขึ้นถึง 1 mg malonaldehyde/kg จะเป็นระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Weiss, 2000)



ภาพที่ 12 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูต้นนอกหมักกรรมวิธีที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
1	6.25	6.20	6.31	6.42	6.48
2	6.62	6.21	6.48	6.68	6.33

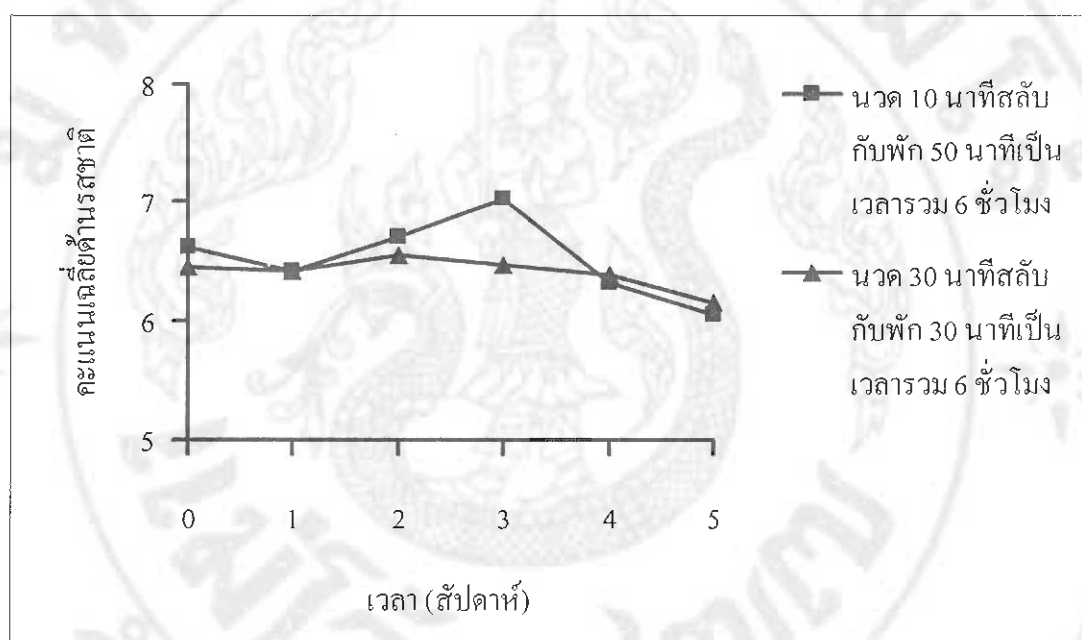
หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

ความหมายของคะแนน 9-ชอบมากที่สุด 8-ชอบมาก 7-ชอบปานกลาง 6-ชอบเล็กน้อย 5-เฉยๆ 4-ไม่ชอบเล็กน้อย 3-ไม่ชอบปานกลาง 2-ไม่ชอบมาก

1-ไม่ชอบมากที่สุด

2.3.5.5 รสชาติ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีและให้คะแนนความชอบทางด้านรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบชิมมีแนวโน้มการให้คะแนนความชอบทางด้านรสชาติลดลงดังแสดงในภาพที่ 13 และแสดงในตาราง 18 การที่ให้คะแนนความชอบทางด้านรสชาติลดลงอาจเนื่องมาจากว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลิตภัณฑ์มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศเกิดขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์บรรจุอยู่ในสภาพสุญญากาศ เช่น พวกแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lactic acid bacteria) ซึ่งแบคทีเรียจะสร้างกรดแลคติก อาจส่งผลให้เกิดรสชาติเปรี้ยวแต่ไม่มากนักและผู้บริโภคที่ชิมยอมรับได้ และคะแนนที่ได้จึงลดลงเล็กน้อย



ภาพที่ 13 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

ตาราง 18 คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

วิธีการนวด	เวลา (สัปดาห์)				
	0	1	2	3	4
1	6.62	6.41	6.70	7.03	6.31
2	6.45	6.41	6.55	6.47	6.38

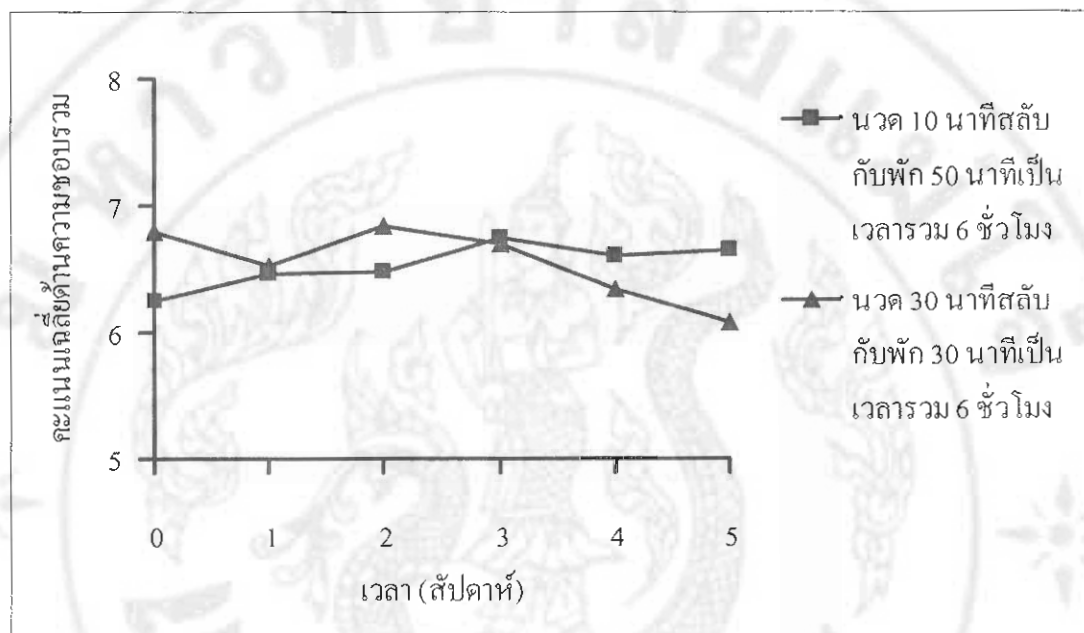
หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

ความหมายของคะแนน 9-ชอบมากที่สุด 8-ชอบมาก 7-ชอบปานกลาง 6-ชอบเล็กน้อย 5-เฉยๆ 4-ไม่ชอบเล็กน้อย 3-ไม่ชอบปานกลาง 2-ไม่ชอบมาก

1-ไม่ชอบมากที่สุด

2.3.5.5 ความชอบรวม จากการให้ผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีและให้คะแนนความชอบรวมแต่ละผลิตภัณฑ์จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ ผู้ทดสอบชิมยังยอมรับผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีอยู่ โดยคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยดังแสดงในภาพที่ 14 และตาราง 19



ภาพที่ 14 คะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธี

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์เนื้อหุสันนอกหมักกรรมวิธีที่ผ่านการวัดทั้ง 2 วิธีในระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์

วิธีการวัด	เวลา (สัปดาห์)					
	0	1	2	3	4	5
1	6.82	6.47	6.48	6.75	6.61	6.66
2	6.52	6.53	6.85	6.70	6.35	6.08

หมายเหตุ: 1 หมายถึง นวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

2 หมายถึง นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง

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

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผล

จากการศึกษาการนวดเนื้อ 3 วิธี คือ ไม่นวดเลย นวดต่อเนื่อง (นวด 3 ชั่วโมง) และนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ (นวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง) พบว่าการนวดมีส่วนช่วยในการทำให้สีของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันดีขึ้น โดยการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ให้ค่า a^* ของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันดีกว่าการทดลองอื่น ๆ ($p \leq 0.05$) และพบว่าคุณภาพด้านปริมาณผลผลิตและเนื้อสัมผัสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการเลือกวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ มาศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์โดยศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงและนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตสูง การสูญเสีย น้ำหนักทำให้สุกต่ำ ($p \leq 0.05$) กว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 10 นาทีสลับกับพัก 50 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมงสูงกว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวด 30 นาทีสลับกับพัก 30 นาทีเป็นเวลารวม 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และจากการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีพบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันมีอายุการเก็บรักษา 5 สัปดาห์โดยมีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ถึง 10^6 cfu/g ในสัปดาห์ที่ 6 และพบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแต่ละผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มค่า L^* ลดลงเล็กน้อยและ b^* เพิ่มขึ้น ค่ากรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยังยอมรับได้ (ไม่เกิน 1 mg malonaldehyde/1 kg) และเมื่อทดสอบความชอบของผู้บริโภคในช่วงเวลาการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดทั้ง 2 วิธีทุก ๆ สัปดาห์พบว่าแนวโน้มของผู้บริโภคยังให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์คะแนนความชอบเล็กน้อย

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการนวดเนื้อไม่มีส่วนปรับปรุงคุณภาพด้านปริมาณผลผลิต เมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองที่ไม่ได้นวด ซึ่งการนวดเนื้อมีส่วนช่วยในการสกัดโปรตีนให้ออกมาอยู่บนผิวหน้าเนื้อ การนวดเนื้อเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่เมื่อนวดเสร็จแล้วค่อยนำเนื้อนั้นไปขึ้นรูปใหม่ เนื่องจากการนวดจะช่วยในการสกัดโปรตีน ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะทำหน้าที่เชื่อมชั้นเนื้อระหว่างชั้นเนื้อให้ยึดติดกัน ลดการสูญเสียน้ำในขณะที่ทำให้สุก และช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณผลผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงควรมีการทดลองต่อไปโดยใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูป แต่หากต้องการปรับปรุงคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ ก็สามารถใช้เทคนิคการนวดในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักซึ่งไม่ขึ้นรูปได้

2.2 ควรศึกษาคุณลักษณะต่าง ๆ ของเนื้อที่ใช้เป็นวัตถุดิบเปรียบเทียบกับเนื้อที่ทำให้สุก และพยายามหาวิธีการที่ทำให้เนื้อสุกที่เหมาะสม เช่น ทำให้อุณหภูมิภายในชิ้นเนื้อต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้อุณหภูมิชิ้นเนื้อสูงถึง 72 องศาเซลเซียส ซึ่งมีส่วนในการทำให้โปรตีนตกตะกอนจึงพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนวดมีความนุ่มเนื้อไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้นวด

เอกสารอ้างอิง

- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2537. ก้าวกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชัน. 173 น.
- ชาวลิตร์ ตั้งตระกูล. 2531. ผลของโซเดียมไนไตรต์ ไปแต่ทเชื่อมไนเตรท ผงเพรค และกรดแอล-แอสคอร์บิกต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 91 น.
- ชัยณรงค์ กันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. 224 น.
- นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2527. ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. สงขลา: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 102 น.
- นิธิยา รัตนพานนท์. 2543. เคมีอาหาร. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 473 น.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (พ.ศ.2527). 2527. วัตถุเจือปนอาหาร.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 412 น.
- เขวลักษณ์ สุรพันธุ์พิสิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เคนูเพลส. 135 น.
- เรณู ปิ่นทอง, ลักขณา รุจนะไกรกานต์ และ พัชรีย์ พัฒนกุล. 2543. การผลิตไส้กรอกหมูโดยใช้ อังกักช่วยเพิ่มสี. วารสารแก่นเกษตร. 28(2): 89-96.
- รพีพร สุทธธรรม. 2544. กฎระเบียบนำเข้าและมาตรฐานเกี่ยวกับสินค้าอาหารของสิงคโปร์. วารสารสถาบันอาหาร. 4(19): 29-35.
- ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2533. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 407 น.
- วรรณดา ตั้งเจริญชัย. 2534. ควันสำหรับรมอาหาร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 147 น.
- ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรธณี เดชกำแหง. 2530. เคมีอาหารเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 211 น.
- สัณชัย จตุรติหา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์. 244 น.
- สัณชัย จตุรติหา. 2547. การจัดการเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: มิ่งเมือง. 170 น.

- สุทัศน์ สุระวัง และ อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล. 2543. คู่มือการปฏิบัติการการวิเคราะห์คุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 71 น.
- สุวิมล กิรติพิบูล. 2540. การทดลองพัฒนากรรมวิธีการผลิตและสูตรการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรที่สำคัญและเป็นที่นิยมในประเทศญี่ปุ่น เกาหลีสไต์ และสิงคโปร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 123 น.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2540. การพัฒนาอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. สุกรสาส์น. 23(91): 37-43.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ม.ป.ป. เนื้อสุกรที่บริโภคภายในประเทศไทย. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.oae.go.th/profile/swinepro.htm> (20 มกราคม 2546).
- อรวรรค์ สุขสุเดช. 2540. การพัฒนาไส้กรอกเปรี้ยวไทย และการยืดอายุการเก็บโดยการฉายรังสี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 90 น.
- อารยา เชาวเรืองฤทธิ์ และ สิงหนาท พวงจันทร์แดง. 2542. การปรับปรุงคุณภาพด้านสี และการยับยั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติของเนื้อหมูส่วนสะโพกแช่แข็ง. วารสารวิจัย มข. 4(2): 55-59.
- อุมาพร ศิริพินทุ์. 2546. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 181น.
- AOAC. 1995. **Official Method of Analysis**. 16thed. Virginia: Association Official Analytical Chemists. 1-23 p.
- Babji, A.S., G.W. Froning and D.A. Ngoka. 1982. The effect of short-term tumbling and salting on the quality of turkey breast muscle. **Poult. Sci.** 61: 300-303.
- Bedinghaus, A.J., H.W. Ockerman, N.A. Parrett and R.F. Plimpton. 1992. Intermittent tumbling affects quality and yield in prerigor sectioned and formed ham. **J. Food Sci.** 57(5): 1063-1066.
- Cassidy, R.D., H.W. Ockerman, B. Krol, P.S. Van, R.F. Plimpton and V.R. Cahill. 1978. Effect of tumbling method, phosphate level and final cook temperature on histological characteristics of tumbled porcine muscle tissue. **J. Food Sci.** 43(5): 1514-1518.
- Chow, H., H.W. Ockerman, V.R. Cahill and N.A. Parrett. 1986. Evaluation of cured, canned pork shoulder tissue produced by electrical stimulation, hot processing and tumbling. **J. Food Sci.** 51(2): 288-291.

- Dzudic, T. and A. Okubanjo. 1999. Effect of rigor state and tumbling time on quality of goat hams. **J. Food Engineering**. 42: 103-107.
- Gillett, T.A., R.D. Cassidy and S. Simon. 1982. Ham massaging: Effect of massaging cycle, environmental temperature and pump level on yield, bind and color of intermittently massaged ham. **J. Food Sci.** 47(4): 1083-1088.
- _____. 1981. Effect of continuous massaging on bind, yield and color of ham. **J. Food Sci.** 46: 1681-1683.
- Gray, J.J. and A.M. Pearson. 1978. **In restructured meat and poultry product**. New York: Chapman&Hall. 221 p.
- Gregg, L.L., J.R. Claus, C.R. Hackney and N.G. Marriott. 1993. Low fat added water bologna from massaged, minced batter. **J. Food Sci.** 58(2): 259-264.
- Kirk, R.S. 1991. **Pearson's Composition and Analysis of Food**. London: Longman Singapore. 708 p.
- Knipe, C.Y., P.F. Plimpton and H.W. Ockerman. 1981. Effect of tumbling and tumbling temperature on total aerobic plate counts (incubated at 25° C) and quality of boneless, cured hams. **J. Food Sci.** 46: 212-215.
- Knipe, L. 2004. **Sectioned and formed meat products**. [online]. Available <http://www.ag.ohio-state.edu/~meatsci/archive/sectioned.htm> (2 March 2004).
- Kraus, R.J., H.W. Ockerman, B. Krol, P.C. Moerman and R.F. Plimpton. 1978a. Influence of tumbling, tumbling time, trim and sodium tripolyphosphate on quality and yield of cured hams. **J. Food Prot.** 57: 564-567.
- Kraus, R.J., R.F. Plimpton, H.W. Ockerman and V.R. Cahill. 1978b. Influence of tumbling and sodium tripolyphosphate on salt and nitrite distribution in porcine muscle. **J. Food Sci.** 43: 190-192.
- Lachowicz, K., M. Sobczak, L. Gajowiecki and A. Zych. 2003. Effects of massaging time on texture, rheological properties and structure of three pork ham muscles. **Meat Sci.** 63: 225-233.
- Marriott, N.G., P.P. Graham, J.W. Boling and W.F. Collins. 1984. Vacuum tumbling of dry-cured ham. **J. Anim. Sci.** 58(6): 1376-1381.

- Ockerman, H.W., R.F. Plimpton, V.R. Cahill and N.A. Parrett. 1978. Influence of short term tumbling, salt and phosphate on cured canned pork. **J. Anim. Sci.** 43: 878-881.
- Ockerman, H.W. and C.S. Organisciak. 1978a. Influence of continuous versus intermittent tumbling on brine (salt, sugar and nitrite) diffusion in porcine tissue. **J. Food Sci.** 41(11): 878-880.
- . 1978b. Diffusion of curing brine in tumbled and non- tumbled porcine tissue. **J. Food Prot.** 42(2): 178-181.
- Pearson, A.M. and T.A. Gillett. 1999. **Processed meats**. USA: Chapman & Hall. 448 p.
- Paul, B. and S.S. Edward. 1979. Massaging and tumbling in the manufacture of meat products. **Food Tech.** 33(4): 36-40.
- Pietrasik, Z. and P.J. Shand. 2004. Effect of blade tenderization and tumbling time on the processing characteristics and tenderness of injected cooked roast beef. **Meat Sci.** 66: 871-879.
- Pilar, H., J.L. Navarro and F. Toldra. 1999. Lipolytic and oxidative changes in two Spanish pork loin product: dry-cured loin and pickled-cured loin. **Meat Sci.** 51: 123-128.
- Price, J.F. and B.S. Schweigert. 1978. **The Science of Meat and Meat Product**. Westport: Food and Nutrition Press. 600 p.
- Roberts, D., W. Hooper and M. Greenwood. 1995. **Practical Food Microbiology**. 2th ed. London: Public Health Laboratory Service. 232 p.
- Robert, R.M., A.D. John and G.R. Schmidt. 1981. Influence of tumbling on pickle incorporation, yield and quality of bacon. **J. Food Sci.** 46(3): 1566-1568.
- Sartell, C. 2004. **Profitability through tumbling techniques**. [online]. Available <http://www.amescombany.com/productsbecs/fvitumb.htm> (4 May 2004).
- Sheard, P.R., G.R. Nute, R.I. Richardson, A. Perry and A.A. Taylor. 1999. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking. **Meat Sci.** 51: 371-376.
- Siegel, D.G. and G.R. Schmidt. 1979. Ionic, pH and temperature effects on the binding ability of myosin. **J. Food Sci.** 44: 1686-1689.

- Siegel, D.G., D.M. Theno and G.R. Schmidt. 1978a. Meat massaging: The effects of salt, phosphate and massaging on the presence of specific skeletal muscle protein in the exudate of a sectioned and formed ham. **J. Food Sci.** 43(1): 327-330.
- _____. 1978b. Meat massaging: The effects of salt, phosphate and massaging on cooking loss, binding strength and exudate composition in sectioned and formed ham. **J. Food Sci.** 43(1): 331-333.
- Solomon, L.W., H.W. Norton and G.R. Schmidt. 1980. Effect of vacuum and rigor condition on cure absorption in tumbled porcine muscles. **J. Food Sci.** 45: 438-440.
- Theno, D.M., D.G. Siegel and G.R. Schmidt. 1976a. Microstructure of sectioned and formed ham. **J. Anim. Sci.** 42: 1347.
- _____. 1978b. Meat massaging: effects of salt and phosphate on the ultrastructure of cured porcine muscle. **J. Food Sci.** 43(2): 488-492.
- _____. 1978c. Meat massaging: effects of salt and phosphate on the microstructural composition of the muscle exudates. **J. Food Sci.** 43(2): 483-487.
- Ulu, H. 2004. Evaluation of three 2-thiobarbituric acid methods for the measurement of lipid oxidation in various meat and meat products. **Meat Sci.** 67: 683-687.
- Warriss, P.D. 2000. **Meat Science**. New York: CABI. 310 p.
- Weiss, J.M. 1973. Ham tumbling and massaging. Western Meat Industry. Cited by Kraus, R.J., H.W. Ockerman, B. Krol, P.C. Moerman and R.F. Plimpton. 1978. Influence of tumbling, tumbling time, trim and sodium tripolyphosphate on quality and yield of cured hams. **J. Food Prot.** 57: 564-567.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

สารเคมีและอุปกรณ์

1. เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeltac System ซึ่งประกอบด้วย Digestion system ยี่ห้อ Tecator รุ่น 2012 และ Distilling unit ยี่ห้อ Tecator รุ่น 1026
2. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
3. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
4. โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) เตรียมโดยละลายโบรโมครีซอลกรีน 0.1 กรัมละลายในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 100 มิลลิลิตร
5. เมทิลเรด (Methyl red) เตรียมโดยละลายเมทิลเรด 0.1 กรัมละลายในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 100 มิลลิลิตร
6. กรดบอริก (H_3BO_3)
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

วิธีวิเคราะห์

นำตัวอย่างบดละเอียดไปอบแห้งตัวอย่างมา 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย (digestion tube) ใส่สารเร่งปฏิกิริยา (catalysts) ลงไป 1 เม็ด เติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วเขย่าเบา ๆ ทำการย่อยที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส ย่อยจนกระทั่งได้สารละลายใส (บางครั้งทำเช่นเดียวกันแต่ไม่มีตัวอย่าง) จากนั้นนำหลอดที่ย่อยเสร็จแล้วไปทำการกลั่น โดยนำขวดรูปชมพู่ที่มีกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 25 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ผสม (เมทิลเรด 1 มิลลิลิตร + โบรโมครีซอลกรีน 5 มิลลิลิตร) ลงไป 4 หยด เมื่อกลั่นเสร็จแล้ว นำของเหลวที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 N จนได้สารละลายสีม่วงอมเทา บันทึกปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้เพื่อไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างตามสูตร

การคำนวณ

$$\% N = 14.007 \times \frac{(\text{ปริมาตรของกรดที่ใช้กับตัวอย่าง (ml)} - \text{ปริมาตรของกรดที่ใช้กับ blank (ml)}) \times n}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง} \times 10}$$

เมื่อ n = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรท (N)

$$\% \text{ protein} = \% N \times 6.25$$

ตัวอย่างการคำนวณ % Protein

ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่างเท่ากับ 18.90 มิลลิลิตร

ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank เท่ากับ 0.30 มิลลิลิตร

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทเท่ากับ 0.10 N

น้ำหนักตัวอย่างเท่ากับ 0.5001 กรัม

$$\% N = \frac{14.007 \times (18.90 - 0.30) \times 0.10}{0.5001 \times 10}$$

$$= 5.21$$

$$\% \text{ protein} = \% N \times 6.25$$

$$= 5.21 \times 6.25$$

$$= 32.56$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

สารเคมีและอุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
2. ปีโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether) (จุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส)
3. กระดาษกรองเบอร์ 1 whatman
4. ทิมเบิล (thimble)
5. โถดูดความชื้น (desiccator)
6. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดสวิตช์เครื่อง service unit และเครื่อง cooling ชั่งตัวอย่างบนกระดาดกรองที่ไม่มีไขมัน ประมาณ 5 กรัม (w_1) ห่อให้มิดชิดและใส่ในทิมเบิล
2. นำทิมเบิล ใส่ลงในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน โดยใช้ adapter สวม
3. นำ extraction cups ไปอบและชั่งน้ำหนัก (w_2) แล้วเติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ลงใน extraction cups ประมาณ 50 มิลลิลิตรจากนั้นนำ extraction cups เข้าไปในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน
4. เลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่งของ boiling ทำการสกัดเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นเลื่อนคันโยกมาที่ตำแหน่ง rinsing เป็นเวลา 45 นาที
5. ระบายตัวทำละลายพร้อมปิด condensers valve และเปิดสวิตช์ของอากาศเป็นเวลา 30 นาที
6. นำ extraction cups ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จนตัวทำละลายระเหยออกหมดแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก (w_3) คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ไขมันในตัวอย่าง (\%)} = \frac{w_3 - w_2}{w_1} \times 100$$

w_1 คือ น้ำหนักตัวอย่าง

w_2 คือ น้ำหนัก extraction cups ที่อบแล้ว

w_3 คือ น้ำหนัก extraction cups ที่มีตัวอย่างไขมันและระเหยตัวทำละลายหมดแล้ว

ตัวอย่างการคำนวณไขมันในตัวอย่าง

น้ำหนักตัวอย่างเท่ากับ 3.0000 กรัม (w_1)

น้ำหนัก extraction cups ที่อบแล้วเท่ากับ 40.8454 กรัม (w_2)

น้ำหนัก extraction cups ที่มีตัวอย่างไขมันและระเหยตัวทำละลายหมดแล้วเท่ากับ 40.8765 กรัม (w_3)

$$\begin{aligned}\text{ไขมันในตัวอย่าง (\%)} &= \frac{40.8765 - 40.8454}{3.0000} \times 100 \\ &= 1.0367\end{aligned}$$

3. การวิเคราะห์ความชื้น

อุปกรณ์

1. โถดูดความชื้น (desiccator)
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
3. กระป๋องอลูมิเนียม

วิธีวิเคราะห์

1. ล้างและอบกระป๋องอลูมิเนียมให้แห้ง (100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง) แล้วใส่ในโถดูดความชื้นไว้จนเย็น เขียนชื่อทั้งกระป๋องและฝา แล้วชั่งน้ำหนักทั้งกระป๋องและฝารวมกันให้ได้น้ำหนักเป็นกรัมซึ่งละเอียดจนถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง ก่อนใส่ตัวอย่างชั่งน้ำหนัก
2. ปั่นตัวอย่างให้ละเอียด
3. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดใส่กระป๋องอลูมิเนียม 5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้
4. นำตัวอย่างเข้าที่ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาให้ความชื้นระเหยออกได้
5. อบจนน้ำหนักคงที่ น้ำหนักแตกต่างกันไม่เกิน 0.005 กรัม

การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ค่ากรดไธโอบาร์บิทริก (thiobarbituric acid : TBA) (Kirk, 1991)

สารเคมีและอุปกรณ์

1. กรดไธโอบาร์บิทริก
2. กรดไฮโดรคลอริก
3. ชุดเครื่องกลั่น
4. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
5. ขดลวดให้ความร้อน (heating mantle)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างจำนวน 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นำไปปั่นในเครื่องปั่นอาหาร (blender) จากนั้นเทใส่ขวดกลั่น (distillation flask) แล้วล้างเครื่องปั่นอาหาร ด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร เทใส่ขวดกลั่นใบเดิม
2. เติมกรดกรดไฮโดรคลอริก 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร พร้อมทั้งหยด n-octanol ลงไป
3. นำไปกลั่นโดยใช้ ขดลวดให้ความร้อน จนได้ของเหลวที่กลั่นได้ 50 มิลลิลิตร (ภายใน 10 นาทีหลังเดือด)
4. ปิเปตสารละลายที่ได้ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้ว ทำแบลนด์โดยใช้ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง
5. เติมกรดไธโอบาร์บิทริก 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน คัมในน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที
6. ทำให้เย็นภายใน 10 นาที และนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 538 นาโนเมตร (OD₅₃₈)

การคำนวณ

$$\text{ค่ากรดไซโอบาร์บิฟูริก (mg malonaldehyde/kg)} = 7.8 \times \text{OD}_{538}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรต์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ (AOAC, 1995)

สารเคมี

1. สารละลาย A

ชั่ง sulfanilamide 0.5 กรัม ละลายในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 15 จำนวน 150 มิลลิลิตร ถ้ามีตะกอนให้กรองก่อน แล้วเก็บไว้ในขวดแก้วสีชา

2. สารละลาย B

ชั่ง N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride 0.2 กรัม ละลายในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 15 จำนวน 150 มิลลิลิตร ถ้ามีตะกอนให้กรองก่อน แล้วเก็บไว้ในขวดแก้วสีชา

3. สารละลายไนไตรต์มาตรฐาน (standard nitrite solution)

3.1 stock solution C (1,000 mg NaNO_2 /lit หรือ 1,000 ppm NaNO_2) ชั่งโซเดียมไนไตรต์ (NaNO_2) 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

3.2 intermediate solution D (100 mg NaNO_2 /lit หรือ 100 ppm NaNO_2) นำ stock solution C มา 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรใน ขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

3.3 working solution E (1 mg NaNO_2 /lit หรือ 1 ppm NaNO_2) ปิ่เปิด intermediate solution D มา 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างเนื้อที่สับละเอียดประมาณ 7 กรัม (0.01g accuracy)
2. เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระจกนาฬิกา
3. วางบน hot plate จนได้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้ 30 นาที และใช้แท่งแก้วคนและบดตัวอย่างให้กระจายทั่ว และเติมน้ำลงไปเพื่อรักษาระดับของเหลว
4. เทลงในขวดปรับปริมาตร 250 มิลลิลิตร
5. ปลอຍให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบปริมาตร 250 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
6. กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 541 whatman
7. ปิเปิดตัวอย่างที่กรองแล้ว 40 มิลลิลิตร ใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร
8. เติมสารละลาย A จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้ววางทิ้งไว้ 5 นาที
9. เติมสารละลาย B จำนวน 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร เขย่าแล้ววางทิ้งไว้ 15 นาที
10. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องดูดกลืนแสง (spectrophotometer)
11. นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ นำไปเทียบหาปริมาณไนไตรต์ในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน (standard curve) แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณไนไตรต์ในตัวอย่างเนื้อ (ppm) หมายเหตุ ให้ทำ blank ควบคู่ไปด้วย โดยใช้ น้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง

วิธีเตรียม standard curve

1. เติม working solution E จำนวน 10, 20, 30 และ 40 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย A จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้ววางทิ้งไว้ 5 นาที
3. เติมสารละลาย B จำนวน 2.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร เขย่าแล้ววางทิ้งไว้ 15 นาที
4. นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง
5. เขียนกราฟโดยให้แกน x เป็นปริมาณมิลลิกรัมของโซเดียมไนไตรต์ต่อ 50 มิลลิลิตร ($\text{mg NaNO}_2/50 \text{ ml}$) แกน y เป็นค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้



ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

อุปกรณ์

1. เครื่อง Lloyd Universal Testing Machine
2. ที่เจาะตัวอย่าง (borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร

วิธีวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการนวดแบบต่อเนื่องและ การนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ (ดัดแปลงจาก Lachowicz *et al.*, 2003)

โดยตัดตัวอย่างให้มีขนาด 10×10×10 มิลลิเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ปรับสภาวะของเครื่องเพื่อใช้การวัดดังนี้ แรงที่ใช้ในการกด (compression) 250 นิวตัน ความเร็วที่ใช้ในการตัด 20 มิลลิเมตรต่อนาที ใช้หัวกด โดยกดตัวอย่างลงบุลงไป 7 มิลลิเมตร บันทึกแรงที่ใช้ในการกดเป็นนิวตัน (N)

2. การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ในการศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่หยุดพักของวิธีการนวดแบบหยุดเป็นพัก ๆ ต่อคุณภาพและปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์

ตัดตัวอย่างโดยใช้ที่เจาะตัวอย่างโดยตัดตัวอย่างให้มีขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรหนา 15 มิลลิเมตร ปรับสภาวะของเครื่องเพื่อใช้การวัดดังนี้ แรงที่ใช้ตัด 50 นิวตัน ความเร็วที่ใช้ในการตัด 50 มิลลิเมตรต่อนาที ใช้หัวตัดแบบใบมีดขนาด 70 องศาเซลเซียส ใช้แรงกด (compression) เพื่อตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน บันทึกแรงที่ใช้ในการตัดเป็นนิวตัน (N)

2. การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ) (Pietrasik and Shand, 2004)

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักหมูรมควัน}}{\text{น้ำหนักหมูเริ่มต้น}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (ร้อยละ) (Babji *et al.*, 1982)

$$\text{ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักหมูสดน้ำเกลือ} - \text{น้ำหนักหมูรมควัน}}{\text{น้ำหนักหมูสดน้ำเกลือ}} \times 100$$



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ (Roberts *et al.*, 1995)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด plate count agar
2. เพป्टอน (peptone)
3. เครื่องตีผสมตัวอย่างอาหาร (stomacher lab blender)
4. เครื่องผสม (vortex mixer)
5. ตู้บ่มเพาะเชื้อ (incubator)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติก เติมสารละลายเพป्टอนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่นิ่งมาเชื้อแล้ว 225 มิลลิลิตร ตีผสมให้เข้ากันนาน 2 นาที ด้วยเครื่องตีผสมตัวอย่างอาหาร เจือจางตัวอย่างอาหารด้วยสารละลายเพป्टอนจนได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม
2. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารที่เจือจางแล้วแต่ละอัตราส่วน 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่อบแล้วโดยทำ 3 ซ้ำ
3. เทอาหารเลี้ยงเชื้อชนิด plate count agar ที่หลอมเหลวและยังอุ่นอยู่ประมาณ 15 มิลลิลิตรลงในจานเลี้ยงเชื้อ เขย่าให้จานให้ตัวอย่างอาหารกระจายไปทั่ว ๆ
4. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว แล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสนาน 48 ชั่วโมง โดยคว่ำจานเลี้ยงเชื้อลง แล้วนับจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเลือกจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี หาผลเฉลี่ยโดยคิดเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมอาหาร



ภาคผนวก ง
แบบทดสอบประสาธน์สัมพัทธ์ผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน

ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....

ชุดที่.....

กรุณาทดสอบชิมผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันต่อไปนี้แล้วจัดอันดับความชอบของท่านในด้านต่างๆ โดยถือหลักการให้คะแนนดังนี้

- 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด
- 8 หมายถึง ชอบมาก
- 7 หมายถึง ชอบปานกลาง
- 6 หมายถึง ชอบเล็กน้อย
- 5 หมายถึง เฉยๆ
- 4 หมายถึง ไม่ชอบเล็กน้อย
- 3 หมายถึง ไม่ชอบปานกลาง
- 2 หมายถึง ไม่ชอบมาก
- 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

รหัส ตัวอย่าง	การทดสอบประสาทสัมผัสด้าน					
	สี	ความนุ่ม	ความชุ่มฉ่ำ	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ



ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผลผลิตในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี

Source of variance	Sum of square	df	Mean square	F	Sig.
Treatment	138.577	2	69.289	0.550	0.603
Error	755.255	6	125.876		
Total	893.832	8			

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี

Source of variance	Sum of square	df	Mean square	F	Sig.
Treatment	80.529	2	40.265	0.545	0.606
Error	443.645	6	73.941		
Total	524.174	8			

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื้อสัมผัสในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี

Source of variance	Sum of square	df	Mean square	F	Sig.
Treatment	1945.573	2	972.787	0.279	0.759
Error	83561.027	24	3481.709		
Total	85506.600	26			

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี

Source of variance	Sum of square	df	Mean square	F	Sig.
Treatment	33.659	2	16.830	1.449	0.243
Error	661.957	57	11.613		
Total	695.616	59			

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี

Source of variance	Sum of square	df	Mean square	F	Sig.
Treatment	63.469	2	31.735	32.980	0.000
Error	54.848	57	0.962		
Total	118.318	59			

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 3 วิธี

Source of variance	Sum of square	df	Mean square	F	Sig.
Treatment	10.177	2	5.088	6.964	0.002
Error	41.644	57	0.731		
Total	51.821	59			

ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ T-test

ตาราง 26 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย L^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี

Pair	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence interval of difference			
tr.1-tr.2	2.90	5.39	1.39	-0.08 5.88	2.08	14	0.556

ตาราง 27 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย a^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี

Pair	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence interval of difference			
tr.1-tr.2	0.40	1.54	0.39	-0.44 1.25	1.01	14	0.329

ตาราง 28 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย b^* ในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี

Pair	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence interval of difference			
tr.1-tr.2	0.01	1.06	2.74	-0.57 0.59	0.44	14	0.966

ตาราง 29 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std.	Std. Error	95% Confidence				
	Deviation	Mean	interval of difference					
tr.1-tr.2	5.55	1.22	0.77	2.53	8.57	7.90	2	0.016

ตาราง 30 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี

Pair	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence interval of difference			
tr.1-tr.2	-5.90	2.26	1.31	-11.53 -0.27	-4.51	2	0.046

ตาราง 31 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเนื้อสัมผัสในการศึกษาผลของการนวดเนื้อ 2 วิธี

Pair	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence interval of difference				
tr.1-tr.2	2.23	2.76	0.76	0.56	3.90	2.90	12	0.013



ภาคผนวก ข

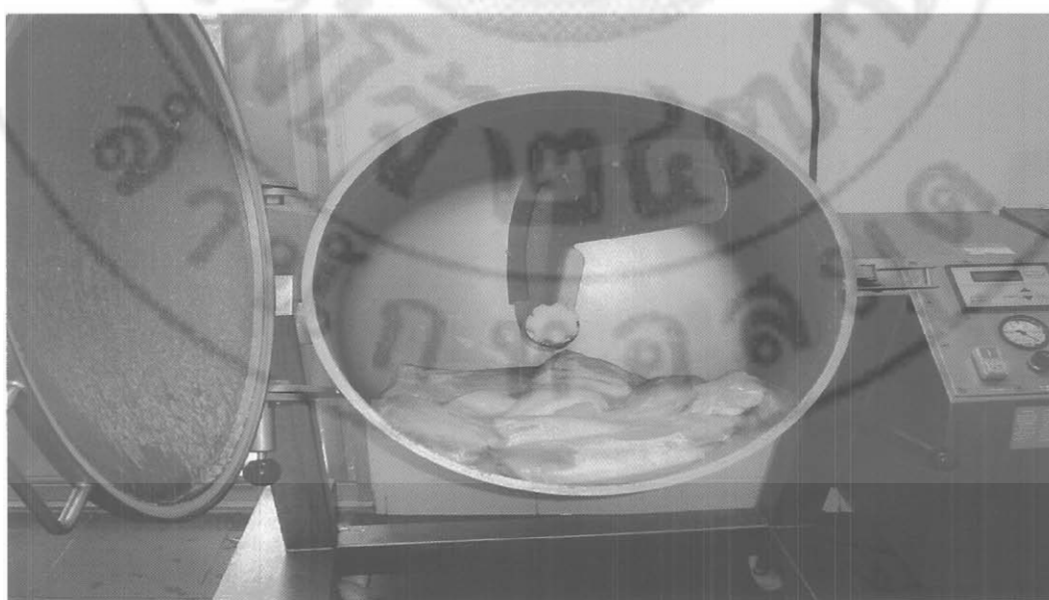
การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูชั้นนอกหมักรมควัน

ภาคผนวก ข

การผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควัน



ภาพที่ 15 การฉีกน้ำเกลือเข้าชิ้นเนื้อ



ภาพที่ 16 เนื้อหมูสันนอกที่ผ่านการนวดเนื้อโดยใช้เครื่องนวดสุญญากาศ



ภาพที่ 17 เนื้อหมูสันนอกที่ผ่านการรมควัน



ภาพที่ 18 การบรรจุผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสันนอกหมักรมควันโดยเครื่องปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ



ภาพที่ 19 น้ำหมักที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อหมูตันนอกหมักรมควัน

