การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน

PREPARATION AND APPLICATION OF KONJAC GEL FOR REPLACING FAT IN ISAN SAUSAGE

สุวิตรา จันทร่า

SUWITTA JANSA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AG-M-031-239

การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน

PREPARATION AND APPLICATION OF KONJAC GEL FOR REPLACING FAT IN ISAN SAUSAGE

สุจิตตา จันสา

SUJITTA JANSA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AG-M-031-239

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PREPARATION AND APPLICATION OF KONJAC GEL FOR REPLACING FAT IN ISAN SAUSAGE

SUJITTA JANSA

A THESIS SUUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-AG-M-031-239

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน

Preparation and Application of Konjac Gel for Replacing Fat in Isan Sausage

นักศึกษา นางสาวสุจิตตา จันสา

รหัสประจำตัว 58604030

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.คมแข	พิลาสมบัติ	
ผศ.ดร.ศศิธร	นาคทอง	
ผศ.ดร.ศุภลักษณ์	สรภักดี	
ผศ.ดร.ผุสดี	ตังวัชรินทร์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 31 พฤษภาคม 2560

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยีการเกษตร 1 (ชั้น 1 ตึกบุนนาค)

คณบดีรับรองแล้ว

มณฑล แก่นมณี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 17 **เดือน** กรกฎาคม **พ.ศ. 2560**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน
นักศึกษา	นางสาวสุจิตตา จันสา
รหัสประจำตัว	58604030
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ศุภลักษณ์ สรภักดี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร. ผุสดี ตังวัชรินทร์

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักคือศึกษาชนิดของผงบุก A, B, C และ D ต่อคุณภาพของเจลบุกและประเมินคุณภาพอายุการเก็บรักษาของเจลบุกที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง/ทำละลาย ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเจลบุกและผลของการใช้เจลบุกทดแทนไขมันสุกรในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานในอัตราส่วนทดแทนคือร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ต่อคุณภาพด้านเคมี-กายภาพ ลักษณะสัมผัสโดยรวม คุณภาพทางประสาทสัมผัส รวมไปถึงการประเมินคุณภาพอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ซึ่งผงบุก D มีผลทางด้านความคงตัวทางความร้อนดีที่สุดและให้ลักษณะปรากฏที่คล้ายกับไขมันสุกร (สี ความนุ่ม ความยดหยุ่น) และคะแนนจากการประเมินทางประสาทสัมผัสมีคะแนนมากที่สุดในทุกด้าน ซึ่งเจลบุก D ถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ : แบบลักษณะแช่น้ำและแบบลักษณะแห้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาแบบลักษณะแช่น้ำดีกว่าแบบลักษณะแห้งเนื่องจากคุณสมบัติของเจลบุก เช่น ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเจล ปริมาณน้ำไหลซึมออกจากเจล และค่าพีเอช ไม่แตกต่างจากวันแรกที่เก็บรักษา การเก็บรักษาเจลบุกแบบลักษณะแช่น้ำมีอายุการเก็บรักษา 12 วัน และแบบลักษณะแห้งมีอายุการเก็บรักษา 9 วัน ในกรณีเก็บเจลบุกแบบแช่แข็ง/ทำละลาย เนื่องจากการทำละลายหลายครั้งส่งผลกระทบอย่างมากต่อลักษณะเจลบุก คือ ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจลที่เพิ่มมากขึ้น($P<0.05$) คุณสมบัติด้านลักษณะสัมผัสโดยรวมและค่าความสามารถอุ้มน้ำของเจลที่ลดลง ($P<0.05$) เจลบุกมีองค์ประกอบเคมีเบื้องต้น ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน และ ไขมัน (ร้อยละ) คือ 91.47, 0.65, 0.39 และ 0.11 มีค่าใยอาหารที่ย่อยได้ (ร้อยละ) 5.38 และพลังงานทั้งหมด (kcal/g) คือ 36.62

ศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 พบว่าเมื่อร้อยละของเจลบุกทดแทนปริมาณของไขมันมากขึ้น ส่งผลต่อค่าพีเอชที่ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(P<0.05) ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะสัมผัสโดยรวมที่เพิ่มขึ้น (ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยว) (P<0.05) จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลกติคและค่า TBARs ได้รับผลกระทบจากการลดไขมันในผลิตภัณฑ์และระยะเวลาการหมัก ซึ่งทั้ง 5 สูตรการผลิตที่มีร้อยละของปริมาณไขมันแตกต่างกันพบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่ากรดไขมันอิสระ ค่ากรดอะมิโนอิสระ และค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไม่แตกต่างกันระหว่างสูตร แต่อย่างไรก็ตามทุกสูตรการผลิตได้รับผลกระทบจากระยะเวลาการหมัก; ค่ากรดอะมิโนอิสระที่เพิ่มขึ้นและค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดที่ลดลง ซึ่งโดยรวมแล้วผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P>0.05) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 พบว่า มีค่าโปรตีน ความชื้น เถ้า ใยอาหารที่ย่อยได้สูงและมีค่าพลังงานทั้งหมดน้อยกว่ากลุ่มควบคุมจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเจลบุกเก่าร้อยละ 50 ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน เทียบกับกลุ่มควบคุม (ไขมันร้อยละ 100) โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานถูกศึกษาในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 3 สูตร มีค่าการสูญเสียน้ำหนัก ความชื้น และพีเอชไม่แตกต่างกันในระหว่างกลุ่มและระยะเวลาการเก็บรักษา (P>0.05) อย่างไรก็ตามค่าสีแดง (a*) ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว และค่าความเหนียวลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา (P<0.05) ในผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 มีค่าความยืดหยุ่นที่คงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทางด้านค่าเปอร์ออกไซด์และค่า TBARs เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและไม่แตกต่างในระหว่างสูตรการผลิต (P>0.05) จากการศึกษาพบว่าค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นใน 4 สัปดาห์ ซึ่งโดยรวมแล้วผู้บริโภคยอมรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกได้ถึงสัปดาห์ที่ 2 เนื่องจากเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ผลจุลินทรีย์การใช้เจลบุกเก่าทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 มีจำนวนยีสต์มากกว่าสูตรควบคุมและสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ ดังนั้นในการผลิตไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกควรใช้เจลบุกใหม่ในผลิตผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Preparation and application of konjac gel for replacing fat in Isan sausage
Student	Miss Sujitta Jansa
Student ID.	58604030
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2017
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Supaluk Sorapukdee
Thesis Co-advisor	Asst. Prof. Dr. Pussadee Tangwatcharin

ABSTRACT

The objective of this investigation was to study the effect of the A, B, C and D type of konjac flour on quality for prepare konjac gel. Shelf life of konjac gel as affected by chilled storage and freezing/thaw and proximate analysis were performed. The konjac gel was substituted fat in Isan sausages (0%, 25%,50%, 75% and 100% of Konjac gel) by an equal proportion of fat, on physicochemical, textural, sensory properties, storage stability and proximate analysis of product were studied. The D type of konjac flour was high thermal stability and appearance similar fat (color, hardness and springiness) and sensory scores had the highest all characteristics. The D type of konjac gels were two type of packaged: water and dry stored at 4°C temperature. The resulted showed the water package better than dry package due to quality such as weight loss (%), water binding capacity (WBC), syneresis (%) and pH, there were no appreciable changes attributable to storage. The shelf-life of konjac gel in water package had 12 days and dry package had 9 days. Freezing/thawing process strongly affected the konjac gel characteristics, with a substantial increase ($P < 0.05$) of weight loss (%) and syneresis (%) and decreased ($P < 0.05$) texture profile analysis (TPA) and WHC. After analyzing chemical composition content of konjac gel had moisture, ash, protein and lipid were 91.47%, 0.65%, 0.39% and 0.11% respectively. The total dietary fiber of konjac gel was 5.38%. The energy content was 36.62 kcal/100g.

Study the five treatments of Isan sausages were manufactured by replacing fat with 0%, 25% 50%, 75% and 100% konjac gel. The results show that as the konjac gel content increase there

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

is decrease ($P<0.05$) in pH and increase in weight loss (%), TPA (hardness, cohesiveness, gumminess, springiness and chewiness). Amount of Lactic acid bacteria and TBARs value were affected ($P<0.05$) by fat reduction and processing time. Five treatments of different fat content had peroxide value (%), free fatty acid (%), free amino acid and TCA-soluble peptide not significant ($P<0.05$). However, all samples were effected by processing time; increase in amino acid and decrease in TCA-soluble peptide. The sensory panel considered that 25% and 50% konjac gel add in the products had acceptable sensory characteristics and not difference with control. The chemical composition of the 50% konjac gel replacing fat in product was higher protein, moisture, ash and total dietary fiber and lower total energy than control. As a result of this, konjac gel substitute fat in Isan sausage is good alternative choice for customer who lives healthily.

Study the shelf-life of Isan sausage replacing fat with 50% new konjac gel and old konjac gel was kept for 12 days compare with control group (100% fat). Isan sausage quality was determind after 0, 1, 2, 3 and 4 weeks of storage. The result show the weight loss (%), moisture (%) and pH not significantly different ($P>0.05$) between treatment and storage time. However, in redness (a*), hardness, cohesiveness and gumminess decrease ($P<0.05$) during storage. In product replacing fat with 50% konjac gel had stable springiness over a period. Moreover, peroxide value and TBARs increase ($P< 0.05$) during storage but not different between in treatment ($P>0.05$). The result show the TCA-soluble peptide tend to increase in 4 weeks. The customer accept the product until 2 weeks due to rancid odor. The microbiological analysis showed that old konjac gel replacing fat in product at 3 and 4 weeks had higher yeast activity more than the control and new konjac gel of formulation. Therefore, Isan sausage replacing fat with konjac gel should use new gel in the production of products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ผุสดี ตังวัชรินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำ ดูแลการทำปฏิบัติการในส่วนของการวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง และสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่วางไว้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.คมแข พิลาสมบัติ และ ผศ.ดร.ศศิธร นาคทอง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในการยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาตลอกระยะเวลา 4 ภาคการศึกษา

ขอขอบคุณคุณเฉลิมชัย ทิพยัด พี่ และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท น้องๆนักศึกษาปริญญาตรีหลักสูตรสัตวศาสตร์ แขนงวิชาเอกวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือจนการทำวิทยานิพนธ์สำเร็จได้เป็นอย่างดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ และประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่านที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

นางสาวสุจิตตา จันสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....3

1.3 สถานที่ดำเนินงาน.....3

1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....3

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน.....3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 ไส้กรอกอีสานหรือไส้กรอกเปรี้ยว.....5

2.1.1 ลักษณะทั่วไป.....5

2.1.2 ไส้บรรจุ.....6

2.1.3 ไส้กรอกอีสานและปริมาณไขมัน.....7

2.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไส้กรอกอีสาน.....7

2.2 หน้าที่ของไขมันและน้ำมันในอาหาร.....8

2.2.1 บทบาทของไขมันในอาหาร.....9

2.3 สารที่ใช้เพื่อทดแทนไขมัน.....12

2.3.1 คำนิยามของ Jones (1996).....12

2.3.2 คำนิยามของAkoh (1999) 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

2.4 ผงบุก (konjac) 14
2.4.1 แหล่งที่มาและโครงสร้างโมเลกุล.....14
2.4.2 ข้อมูลทางเภสัชวิทยาของบุก.....15
2.4.3 โครงสร้างทางเคมีของแป้งบุก.....16
2.4.4 การผลิตผงบุกและเจลบุก.....16
2.4.5 คุณสมบัติของผงบุก.....17
2.4.6 การเตรียมเจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.....22
2.5 ประโยชน์ของบุก.....25
2.6 การใช้ผงบุกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.....26
2.6.1 ข้อกำหนดในการใช้ผงบุก.....29
2.6.2 ข้อควรระวังในการใช้บุก.....29

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....30
3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี.....30
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....31
3.3 วิธีการทดลอง.....36
3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม.....36
3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง.....40
3.3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติ.....43
3.3.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนาเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ.....51

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....54
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม.....54
4.1.1 คุณสมบัติทางด้านความหนืดของสารละลายผงบุก.....54
4.1.2 คุณสมบัติทางด้านความคงตัวของสารละลายบุก.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

4.1.3 ชนิดของเจลบุกต่อคุณภาพของเจลบุก....56
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง....60
4.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกที่สภาวะแช่เย็น....60
4.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกที่สภาวะแช่แข็ง....69
4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก....72
4.3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุก....72
4.3.2 ศึกษาการใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน....72
4.3.3 องค์ประกอบเคมีเบื้องต้นของไส้กรอกอีสานกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดแทนไขมันด้วยเจลบุก....88
4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนาเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ....89
4.4.2 คุณภาพเคมี-กายภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก....89
4.4.3 คุณภาพด้านชีวภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก....102
4.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส....105

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....108
5.1 สรุปผลการทดลอง....108
5.2 ข้อเสนอแนะ....109
บรรณานุกรม....110
ภาคผนวก ก....122
ภาคผนวก ข....128
ภาคผนวก ค....132
ภาคผนวก ง....134
ภาคผนวก จ....136
ประวัติผู้วิจัย....137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประเภทของสารทดแทนไขมันที่ใช้ ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ	13
2.2	ความแข็งแรงของเจลบุก (gel strength) เมื่อเติมสารละลายด่างที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับน้ำหนักสารละลายบุก	23
3.1	ส่วนผสมพื้นฐานที่ใช้ในการทดลองเตรียมเจลบุก	37
3.2	แผนการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกระหว่างแช่เย็นและแช่แข็ง	40
3.3	ผลทางชีวเคมีของเชื้อ *E. coli*	50
4.1	วิเคราะห์คุณภาพเจลบุก A, B, C และ D	58
4.2	การสูญเสียน้ำหนักของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน	61
4.3	ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน	61
4.4	ปริมาณน้ำไหลซึมของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน	62
4.5	ค่าพีเอชของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน	63
4.6	ค่าสี (L*, a* และ b*ของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน	64
4.7	ลักษณะสัมผัสโดยรวมของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา15 วัน	65
4.8	ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	68
4.9	ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนยีสต์	68
4.10	ลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่เก็บรักษาสภาวะแช่แข็งผ่านการทำละลายครั้งที่ 1, 2 และ 3	70
4.11	ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่แข็งต่อจานวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา	71
4.12	องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของเจลบุก	72
4.13	การสูญเสียน้ำหนัก ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้และปริมาณความชื้นของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก)	74
4.14	ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด(ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก)	75
4.15	ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก)	80
4.16	ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก)	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.17 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) 82

4.18 จำนวนยีสต์ ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....84

4.19 จำนวน coliform ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....84

4.20 ค่าสี (L*, a* และ b*) ด้านนอกและด้านในของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....85

4.21 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....86

4.22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....88

4.23 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....89

4.24 การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....90

4.25 ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....91

4.26 ค่าสี (L*, a* และ b*) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....93

4.27 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....95

4.28 ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....100

4.29 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....101

4.30 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.29 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....101
4.30 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....103
4.31 จำนวนยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....104
4.32 จำนวน coliform ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 แหล่งพลังงานจากไขมันในอาหารของผู้บริโภคในสหราชอาณาจักร.....9
2.2 โครงสร้างโมเลกุลของผงบุก.....16
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายแป้งบุกที่ความเข้มข้นต่างกัน ในแต่ละช่วงเวลา.....18
2.4 ผลกระทบของความเข้มข้นเกลือต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุกความ เข้มข้น 0.5% 19
2.5 ผลกระทบของความเข้มข้นน้ำตาลต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุกความ เข้มข้น 0.5% 19
2.6 การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjac glucomanan กับ locust bean gum 21
2.7 การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjac glucomanan กับ K-carrageenan และ Xanthan gum.....22
2.8 ความแข็งแรงของเจลที่ได้จากการผสมไอโอตา-คาร์ราจีแนนกับคอนยัคกลูโคแมนแนน..24
3.1 ผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) 36
4.1 ความหนืดของผงบุก4ชนิดที่ละลายน้ำ ณ อุณหภูมิที่ 25องศาเซลเซียส และ 95องศาเซลเซียส.....55
4.2 ความคงตัวของผงบุก 4 ชนิดที่เวลา 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง.....56
4.3 ภาพถ่ายเจลบุก.....57
4.4 กรดอะมิโนอิสระระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของไส้กรอก อีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....76
4.5 ค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของ ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....77
4.6 รูปแบบโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่าง การกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมัก 78
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างกระบวนการหมัก และสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....81
4.8 ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....86
4.9 กรดอะมิโนอิสระระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....97
4.10 ค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมัน ด้วยเจลบุก.....97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

4.11 รูปแบบโปรตีนซาร์โคพลาสมิกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์.....98
4.12 รูปแบบโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์.....99
4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....102
4.12 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษา 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ไส้กรอกอีสาน หรือ ไส้กรอกเปรี้ยว (Isan sausage) เป็นอาหารพื้นบ้านทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ไส้กรอกอีสานเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องเทศและสมุนไพร บรรจุลงในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดและแห้งจนเปรี้ยว ต้องทำสุกก่อนรับประทาน ปัจจุบันไส้กรอกอีสานเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการกำหนดคุณภาพภายใต้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ซึ่งโดยทั่วไปไส้กรอกอีสานจัดเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่ไขมันสูง โดยอาจมีปริมาณไขมันสูงได้ถึงร้อยละ 30 ของสูตรการผลิต (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546)

แนวคิดใหม่ทางด้านโภชนาการ และการแพทย์ในปัจจุบันบังคับให้อุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์หันมาสนใจผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันต่ำ เนื่องจากข้อมูลทางการแพทย์ชี้ให้เห็นว่าการบริโภคอาหารที่มีไขมันในปริมาณสูง เป็นการเพิ่มความเสี่ยงของโรคอ้วน โรคหัวใจ และโรคมะเร็งบางชนิดแก่ผู้บริโภค (Akoh. 1999) แต่เนื่องจากไขมันเป็นองค์ประกอบสำคัญในอาหารที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคเช่น ทำให้อาหารนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง ทำให้ไขมันเป็นองค์ประกอบที่ขาดไม่ได้ในอุตสาหกรรมอาหาร สำหรับอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ การลดไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปนิยมทำโดยการลดสัดส่วนการใช้ไขมันในสูตรการผลิตลง ร่วมกับการเติมส่วนผสมอาหาร (ingredients) หรือวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) อื่นๆ ที่ไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานต่ำ (Jimenez-Colmenero. 1996) เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพในการบริโภคและลักษณะปรากฏที่ดี

คอนยักกลูโคแมนแนน (konjac glucomanan) หรือเรียกโดยทั่วไปว่า ผงบุก จัดเป็นส่วนผสมอาหารชนิดหนึ่งที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าปลอดภัย (Generally Recognized as safe หรือ GRAS) โดยองค์กรอาหารและยา (FDA) ของสหรัฐอเมริกา และนิยมนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในเนื้อสัตว์ ผลบุกได้มาจากส่วนหัวของต้นบุก (*Amorphophallus konjac*) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน ญี่ปุ่น ฟิลิปินส์ และไทย (Tye. 1991) องค์ประกอบที่สำคัญในแป้งบุกได้แก่ กลูโคแมนแนน โดยทั่วไปผงบุกจะไม่เกิดเจลในน้ำ จะให้แค่ความข้นหนืดเท่านั้น อย่างไรก็ตามเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่างจะทำให้เกิดเจลได้และเจลที่ได้จะไม่ผันกลับด้วยความร้อน (thermo-irreversible gel) Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) ได้กล่าวว่าผงบุกยังมีความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นได้เมื่อผสมกับไฮโดรคลอลอยด์ (hydrocolloid) ที่ได้จากพืชหรือสาหร่ายชนิดต่างๆ เช่น แป้ง คาร์ราจีแนน (carrageenan) แซนแทน (xanthan gum) และเจลแลน (gelland) นอกจากนี้เมื่อผสมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดคอลลอยด์ (hydrocolloid) กลุ่มนี้ผงบุกยังสามารถนำมาใช้เป็นไขมันเทียม (fat analog) ด้วย สูตรและวิธีเตรียมที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีวิธีการเตรียมที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน เพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดไขมันหรือไขมันต่ำ อาทิเช่น ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เทอร์ (frankfurter) (Jimenez-Colmenero *et al*. 2010; Kao and Lin. 2006; Lin and Huang. 2003; Osburn and keeton. 2004) โบโลน่า (bologna) (Chin *et al*.1998; Chin *et al*. 2000) ไส้กรอกสด (Osburn and keeton. 1994) และนักเก็ตเนื้อหมู (Berry and Bigner. 1996) เป็นต้น

ภาพรวมงานวิจัยภายในประเทศในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการนำเอาเจลที่เตรียมจากบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในเนื้อสัตว์พบว่า มีการนำเอาเจลบุกทางการค้า (เจลบุกสำเร็จรูปพร้อมใช้) มาใช้ในผลิตภัณฑ์กุนเชียง (ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี และคณะ. 2543) และไส้อั่ว (นภาพร ดีสนาม. 2549) ในด้านการนำผงบุกมาเตรียมเจล มีงานวิจัยของอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2541) และ ศรายุทธ สิทธิวงศ์ (2543) ได้มีการนำเจลบุกที่เตรียมได้มาใช้ในไส้กรอกหมู หมูยอ และไก่ยอ อย่างไรก็ตามจากรายงานวิจัยพบว่ามีการเตรียมเจลบุกจากการใช้ผงบุกประมาณร้อยละ 1.2-1.5 ซึ่งจัดว่าเป็นความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Jimenez-Colmenero *et al.* (2010) และ Osburn and keeton (2004) ที่มีการใช้เจลบุกที่เตรียมจากผงบุกร้อยละ 5 และร้อยละ 8 ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศยังไม่ได้มีการศึกษาถึงการนำเจลบุกมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาถึงการนำเจลที่เตรียมได้จากผงบุกมาใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีกสาน โดยคำนึงถึงชนิดของผงบุกและการเก็บรักษาเจลบุกที่เหมาะสม เพื่อให้ได้เจลบุกที่มีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและลักษณะทางประสาทสัมผัส รวมทั้งความคงตัวที่เหมาะกับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องมีการนำส่วนผสมที่ผ่านการอัดไส้บรรจุ (casing) และนำมาผึ่งไว้ในที่สะอาด จนกระทั่ง pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงประมาณ 4.5-4.6 (ใช้เวลาประมาณ 3 วัน) ถ้าชนิดของผงบุกและความคงตัวของเจลบุกไม่เหมาะสม ย่อมทำให้เกิดน้ำไหลออกจากเจล (syneresis) และก่อให้เกิดความชื้นสะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน จนนำไปสู่ปัญหาการเกิดราบริเวณผิวของไส้บรรจุได้ นอกจากนี้การใช้สารอื่นทดแทนไขมันมีข้อจำกัดเนื่องจากไม่สามารถทดแทนได้ร้อยละ 100 เนื่องจากอาจทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงสัดส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนไขมันจากสัตว์ในผลิตภัณฑ์นี้ร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ทั้งในระดับผู้ผลิตรายย่อยจนถึงระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายทางการค้าต่อไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ปัจจุบันหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog) เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันสันหลังสุกร

1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี-กายภาพ และชีวภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

1.2.3 เพื่อศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมัก

1.2.4 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานสูตรที่ใช้ไขมันสันหลังสุกร

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1.3.1 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.2 ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์เนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3.3 ห้องปฏิบัติการโภชนาศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1.4.1 ศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog) เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันสันหลังสุกร

1.4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี-กายภาพ และชีวภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

1.4.3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติ

1.4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานสูตรที่ใช้ไขมันสันหลังสุกร

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน

ใช้เวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 19 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ผลคาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานโดยการลดไขมันในส่วนผสมด้วยเจลบุกซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่หันมาสนใจสุขภาพ

1.6.2 ผู้ประกอบการรายย่อยสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ทั้งในระดับผู้ผลิตรายย่อยจนถึงระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายทางการค้าต่อไป

1.6.3 สามารถตีพิมพ์และเผยแพร่งานวิจัยทั้งระดับชาติและระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไส้กรอกอีสานหรือไส้กรอกเปรี้ยว

อุมาพร ศิริพินทุ์ (2546) ได้กล่าวถึงการใช้เนื้อสัตว์ (meat) เป็นอาหารไว้ดังนี้คือ เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่มีความสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) และเป็นแหล่งวิตามินรวม เกลือแร่ โดยเฉพาะธาตุเหล็ก การบริโภคเนื้อสัตว์ในปัจจุบันมี 2 ลักษณะ คือการนำเนื้อสดมาประกอบอาหารเพื่อรับประทานทันทีและรับประทานผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่อยู่ในรูปอาหารพร้อมบริโภค (ready to eat) หรืออาหารพร้อมปรุง (ready to cook) สำหรับอุตสาหกรรมเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในประเทศไทยซึ่งกำลังเจริญเติบโต เนื่องจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นการพัฒนาอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่หรือผลิตภัณฑ์เดิมที่ผู้บริโภคยอมรับอยู่แล้ว ช่วยให้ผู้บริโภคมีโอกาสเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากขึ้น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบไทย ได้แก่ ไส้กรอกอีสาน แหนม หมูยอ และกุนเชียง เป็นต้น

2.1.1 ลักษณะทั่วไป

ไส้กรอกเปรี้ยวเป็นอาหารหมักจากเนื้อหมู ซึ่งเป็นอาหารพื้นเมืองของประเทศไทยทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือแต่นิยมรับประทานทั่วไป จัดเป็นเนื้อสัตว์หมักอย่างแท้จริง (true fermented meat) การหมักเป็นแบบธรรมชาติ (natural fermentation) จุลินทรีย์ที่สำคัญที่ทำให้การหมักดำเนินไปได้คือแบคทีเรียกลุ่มแลคติก (Lactic acid bacteria) การหมักไส้กรอกเปรี้ยวนิยมใช้หมูสับปนมัน โดยเนื้อหมูจะไม่นำมาล้างน้ำก่อนเนื่องจากเนื้อจะดูดซึมน้ำทำให้มีความชื้นสูงและอาจเน่าเสียง่ายระหว่างการหมัก เมื่อผสมวัตถุดิบต่างๆเข้าที่แล้วจะทำการอัดส่วนผสมในไส้หมูที่ล้างสะอาดมัดด้วยเชือกเป็นข้อๆ เพื่อสะดวกในการรับประทาน เมื่อหมักนานขึ้นจะมีรสเปรี้ยวมากขึ้น เนื่องจากการสะสมของกรดแลคติกที่จุลินทรีย์ผลิตออกมาในช่วงแรก เช่น พวก *Lactobacillus* พวก *Pediococcus* ได้แก่ *Pediococcus sereviseae* และจุลินทรีย์ในช่วงระยะหลัง เช่น *Lactobacillus* ได้แก่พวก *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis* เป็นต้น ระยะเวลาที่มีรสเปรี้ยวจะขึ้นอยู่กับวิธีการทำ อุณหภูมิในการเก็บ อัตราการสลายตัวของเนื้อหมู ส่วนใหญ่ใช้เวลาหมักประมาณ 3-4 วัน และจะมี pH ประมาณ 4.5-5.5 (ปิยะรัชช์ กุลเมธี. 2551)

ไส้กรอกอีสานนิยมผลิตในระดับอุตสาหกรรมและในหน่วยครัวเรือน ดังนั้นสูตรและกระบวนการผลิตจึงมีความแตกต่างกันไปแต่ละท้องถิ่น โดยทั่วไปมีส่วนผสมหลักดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เนื้อที่ใช้ไม่จำเป็นต้องเอาไขมันออก การผสมเนื้อแดงและไขมันขึ้นอยู่กับราคา ถ้าใช้ไขมันต่ำ ราคาจะสูงขึ้น อัตราส่วนของเนื้อแดง : ไขมัน ตั้งแต่ 80:20 จนถึง 50:50 อาจใช้หมูสามชั้นผสมหนังหมูต้มบดหยาบ ช่วยให้เกาะตัวและลดต้นทุน หรือหมูสามชั้นผสมเนื้อแดงก็ได้

2) ข้าวสวยที่ผสมใช้ได้ทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้าที่สุกแล้ว ข้าวเหนียวก่อนมาผสม ล้างน้ำให้แยกตัวจากกัน เพื่อให้กระจายตัวดีขึ้น และเพิ่มความชื้น อาจผสมในปริมาณสูงถึงร้อยละ 20-50 ตามเหตุผลที่กล่าวมา

3) สารปรุงรสอื่นๆ ได้แก่ ไนไทรต์ (nitrite) หรือสารผสม เกลือ น้ำตาล ผงชูรส กระเทียมพริกไทย อาจผสมลูกผักชีปนเพื่อให้มีกลิ่นหอม

4) ไส้ที่ใช้บรรจุ นิยมใช้ไส้เล็กของหมู ขูดเมือก ล้างสิ่งสกปรก หมักเกลือหรือกำจัดกลิ่นและเมือกด้วยใบฝรั่ง ซึ่งมีคุณสมบัติดูดกลิ่น หรืออาจเคล้ากับแป้งมัน เพื่อดูดสิ่งสกปรกและกลิ่น ล้างหลายครั้งจนกว่าจะหมดกลิ่นเหม็น

วิธีการทำไส้กรอกอีสานมีขั้นตอนคร่าวๆดังนี้ นำเนื้อและมันมาบดหยาบ นวดเนื้อกับเกลือไนไทรต์ให้เข้ากันจนเหนียวแล้วผสมมันหมูกับข้าวสุกเติมเครื่องปรุงอื่นๆ แล้วนวดผสมให้เข้ากัน บรรจุส่วนผสมลงในไส้ ใช้เชือกมัดเป็นท่อนๆตามความต้องการ นำมาแขวนผึ่งอากาศให้ไส้กรอกเปรี้ยว ประมาณ 3 วัน

2.1.2 ไส้บรรจุ

ไส้บรรจุที่ใช้สำหรับไส้กรอกอีสานสามารถเลือกใช้ได้ทั้งไส้บรรจุธรรมชาติ และไส้บรรจุสังเคราะห์ ไส้บรรจุธรรมชาตินิยมใช้เป็นไส้หมู จะมีคุณสมบัติปล่อยให้ความชื้นและควันไฟซึมเข้าภายในเนื้อไส้กรอกได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถหดตัวได้ จึงทำให้ไส้หดตัวเมื่อทำการบรรจุส่วนผสม รวมทั้งเมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งลง หรือผ่านการให้ความร้อน ส่วนใหญ่จึงนิยมใช้ในการทำไส้กรอกอีสาน และกุนเชียง แต่ไส้ธรรมชาติมีข้อเสียคือขนาดของไส้ไม่สม่ำเสมอ และไส้ที่มีอายุต่างกันจะมีความแข็งแรงต่างกันด้วย การเก็บรักษาค่อนข้างยาก ไส้แท้อาจฉีกขาดได้ง่าย เนื่องจากมีรูเล็กๆ กระจัดกระจายตามผิวที่เกิดจากการดึงเอาผิวด้านนอกออก และท่อเลือดออกด้วยความรุนแรง นอกจากนี้อาจมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการมากับไส้แท้ เนื่องจากขั้นตอนการเตรียมไส้ก่อนนำมาบรรจุไม่ดีพอ (ลัดดา ไข่คำ. 2537)

การใช้ไส้สังเคราะห์หรือไส้เทียม เป็นไส้ที่นิยมมากในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถผลิตได้ปริมาณมาก ราคาถูก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้เลือกได้ตามความต้องการ ขนาดสม่ำเสมอ และเก็บรักษาได้ง่าย ไส้เทียมที่รับประทานได้ทำจากโปรตีนคอลลาเจน (collagen) โดยสกัดหนังสัตว์ด้วยสารละลายด่าง และล้างนำเพื่อแยกสารละลายที่ได้ และส่วนที่ไม่ใช่คอลลาเจนออก แล้วนำไปเข้าเครื่องบด จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยากับกรดแลคติกชนิดเจือจางเพื่อให้เกิดการพองตัว และเหลวข้นเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปเข้าแบบพิมพ์เพื่อให้ได้ลักษณะเป็นหลอด จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านไปในภาชนะที่บรรจุแอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate) เพื่อตกตะกอน นำหลอดที่ได้ไปล้าง ทำให้แข็งตัวและอบให้แห้ง ใช้มากกับการผลิตไส้เทียมที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไส้บรรจุที่เลือกใช้ในการผลิตก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน ไส้บรรจุที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเป็นกรดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไส้บรรจุขนาดเล็กกว่า ในทำนองเดียวกันระยะเวลาที่ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์ที่ใช้บรรจุขนาดใหญ่อาจต้องอาศัยเวลาในการหมักที่นานกว่าไส้บรรจุขนาดเล็ก เนื่องจากการกระจายตัวของอุณหภูมิในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นที่มากจะเป็นไปได้ช้ากว่า (ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2540)

2.1.3 ไส้กรอกอีสานและปริมาณไขมัน

ไส้กรอกอีสานเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก เครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสบรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้และต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน ไส้กรอกอีสานสดต้องมีไขมันไม่เกินร้อยละ 30 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546) ไส้กรอกเปรี้ยวสดในท้องตลาดโดยทั่วไปมีปริมาณไขมันระหว่างร้อยละ 19-43 ซึ่งถือว่ามีปริมาณสูงมาก ทำให้ผู้บริโภคที่ห่วงใยสุขภาพหรือต้องการควบคุมปริมาณไขมันในอาหารไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ (ประดิษฐ์. 2544) เนื่องจากไขมันจากเนื้อสัตว์จะมีกรดไขมันอิ่มตัวและคลอเรสเตอรอลในปริมาณสูง (Enser *et al*. 1966; Ozural and Vural. 2008; Pappa *et al*. 2000) การได้รับไขมันจากสัตว์ในปริมาณมากมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วน โรคหัวใจและโรคเกี่ยวกับหลอดเลือด (Ozvural and Vural. 2008; Moon *et al*. 2008; Luruena-Martinez *et al*. 2004) แต่อย่างไรก็ตาม ไขมันก็มีบทบาทสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำสุก ปรับปรุงประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำ การคงรักษากลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำและความรู้สึกในปาก (Carballo *et al*. 1995; Muguerza *et al*. 2002)

2.1.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน-ไส้กรอกอีสาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546)

2.1.4.1 บทนิยาม

ไส้กรอกอีสาน หมายถึง ผลิตภัรฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ และสมุนไพร เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบท พริกไทย ลูกผักชี ผสมให้เข้ากันดี นวดจนเหนียว บรรจุลงในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดและแห้งจนเปรี้ยว และต้องทำสุกก่อนรับประทาน

2.1.4.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

1) ลักษณะทั่วไป - ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีรูปทรงเดียวกัน และมีขนาดใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ มีผิวเรียบ ไม่ฉีกขาด

2) สี - ต้องมีสีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3) กลิ่นรส - ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักและของส่วนประกอบที่ใช้ มีรสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ลักษณะเนื้อ - ต้องนุ่มและไม่ร่วน

5) สิ่งแปลกปลอม – ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

6) วัตถุเจือปนอาหาร

6.1 ห้ามใช้สีทุกชนิด

6.2 หากมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดดังต่อไปนี้

6.2.1 โซเดียมไนไทรต์หรือโพแทสเซียมไนไทรต์ (คำนวณเป็นโซเดียมไนไทรต์) ต้องไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือถ้าใช้ในรูปของผงเพรก (เกลือ : เกลือไนไทรต์ ในสัดส่วนร้อยละ 94 : 6) ต้องไม่เกิน 2 กรัม ต่อเนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม

6.2.2 ฟอสเฟตในรูปของมอโน-ได- และพอลิของเกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน (คำนวณเป็น P_2O_5 จากฟอสฟอรัสทั้งหมด) ต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

7) โปรตีน – ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

8) ไขมัน – ต้องไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

2.1.4.3 จุลินทรีย์

1) *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

2) *S.aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

3) *E. coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4) ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.2 หน้าที่ของไขมันและน้ำมันในอาหาร

ข้อมูลทางการแพทย์ชี้ให้เห็นว่า การบริโภคไขมันในปริมาณสูงเป็นสาเหตุให้ผู้บริโภคเป็นโรคอ้วน (Obesity) และโรคมะเร็งบางชนิดมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การบริโภคอาหารที่ประกอบด้วยไขมันอิ่มตัวอาจเป็นสาเหตุของคอลเลสเตอรอลในโลหิตสูง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโรคเส้นเลือดเลี้ยงหัวใจอุดตัน (Coronary heart disease) ได้ (Akoh. 1999) จากข้อมูลทางการแพทย์เหล่านี้ทำให้สารทดแทนไขมันได้รับความสนใจจากผู้บริโภค นักโภชนาการและแพทย์ เนื่องจากชนิด ปริมาณ และการกระจายตัวของไขมันในอาหาร เป็นคุณลักษณะเฉพาะของอาหารชนิดต่างๆ การที่จะลดปริมาณไขมันในอาหารเหล่านี้ด้วยสารทดแทนไขมัน จะต้องกระทำโดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอาหารที่เนื่องมาจากไขมัน เช่น รสชาติ ความข้นหนืด ลักษณะปรากฏ ลักษณะทางกายภาพอื่นๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

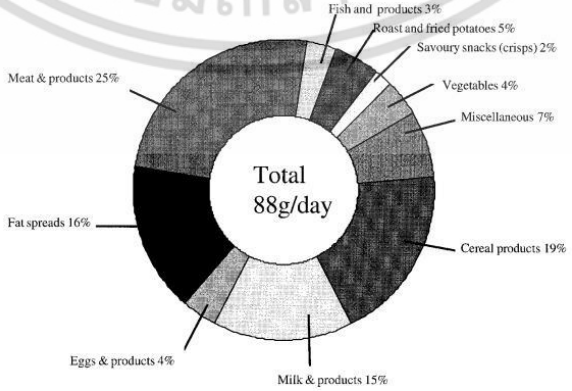
2.2.1 บทบาทของไขมันในอาหาร ซึ่งมี 3 ประการดังนี้ (Jones. 1996)

2.2.1.1 หน้าที่ทางด้านโภชนาการ

1) ไขมันเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างการ หรือกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) คือกรดไขมัน (fatty acid) ที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่บริโภคเข้าไป เพื่อทำให้สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ กรดไขมันประเภทนี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ การเจริญเติบโต, การพัฒนาการ และการทำงานของสมอง และการสืบพันธุ์ การขาดกรดไขมันที่จำเป็นจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ กรดไขมันที่จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมี 2 ชนิดคือ กรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมกา-3 (Omega-3 fatty acid) และกรดลิโนเลอิก (Linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมกา-6 (Omega-6 fatty acid)

2) ไขมันเป็นตัวพา (carrier) สำหรับวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ ดี อี และ เค ซึ่งวิตามินเอ มีผลต่อการเจริญเติบโต การสร้างกระดูกและระบบสืบพันธุ์ วิตามินดีรักษาภาวะสมดุลของระดับแคลเซียมในเลือดและในกระดูก วิตามินอีช่วยในการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายหลายระบบ และเป็นแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ที่ช่วยให้เซลล์ต่างๆ รอดอันตรายจากสารพิษ ช่วยชะลอความแก่ และวิตามินเค ร่างกายใช้วิตามินเคในกระบวนการเติมหมู่คาร์บอกซิลหลังการแปลรหัสอาร์เอ็นเอเป็นโปรตีน (Posttranslational carboxylation) ของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) ซึ่งจำเป็นต่อการจับกับแคลเซียม

3) ไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ เนื่องจากไขมัน/น้ำมัน ประกอบขึ้นด้วยธาตุสามชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน อย่างไรก็ตาม ไขมันจะมีสัดส่วนของคาร์บอนและไฮโดรเจนมาก และมีออกซิเจนน้อย ซึ่งทำให้ไขมันมีพลังงานต่อมวลมากถึง 9 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมากกว่าสารอาหารชนิดอื่นๆ (โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตให้พลังงานประมาณ 4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม) ผู้บริโภคในสหราชอาณาจักรได้รับพลังงานจากแหล่งไขมันประมาณ 88 กรัมต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 38-40 ของพลังงานทั้งหมดจากอาหาร (ไม่รวมเครื่องดื่มและแอลกอฮอล์) (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 แหล่งพลังงานจากไขมันในอาหารของผู้บริโภคในสหราชอาณาจักร

ที่มา: USDA National Agricultural Statistics Service (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 หน้าที่ทางด้านเคมี-กายภาพ

1) ไขมันส่งผลต่อพฤติกรรมของอาหารระหว่างการแปรรูป เช่น ความคงตัวต่อความร้อน และความหนืด ซึ่งความคงตัวต่อความร้อนรวมไปถึงการเกิดผลึกโดยผลึกของไขมันเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของกลีเซอไรด์เข้ามาใกล้กันและสัมผัสกัน มีการเรียงตัวกันแล้วเกิดโครงสร้างที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง (Nucli) ของผลึกขึ้น ผลึกที่เกิดขึ้นมี 3 รูปแบบ คือ แบบบีตา (β) หรือแบบไตรคลินิก (Triclinic) แบบที่สองคือ บีตาไพรม์ (β') หรือแบบออร์ทอรอห์มนิก (Orthorhombic) แบบที่สามคือแบบ เฮกซะโกนอล (Hexagonals) หรือแบบแอลฟา (α) ซึ่งรูปแบบนี้ได้ผลึกที่มีขนาดเล็กที่สุดและมีเสถียรภาพน้อยที่สุดแต่ก็ให้ความรู้สึกที่เนียนที่สุดเมื่อบริโภค ส่วนทางด้านความหนืดของไขมันและน้ำมันมีผลต่อการนำไปใช้และการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะมีความสัมพันธ์กับขนาดโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบและความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันเช่นเดียวกับจุดหลอมเหลว คือเมื่อมีกรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นและหากกรดไขมันมีความไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น จะทำให้ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะลดลง

2) ไขมันส่งผลต่อลักษณะอาหารหลังการแปรรูป เช่น การกระจายตัวขององค์ประกอบของอาหารหรือเรียกว่าเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ซึ่งทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนียนนุ่ม และความข้นเหนียว

3) ไขมันส่งผลต่อความคงตัวของอาหารในช่วงการเก็บรักษา เช่น การแยกตัวของน้ำมันและการหืน โดยลักษณะของการเหม็นหืนที่เกิดขึ้นในกรดไขมันว่ามีอยู่ 2 ประเภท คือการเหม็นหืนที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซีส (Hydrolysis) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากเอนไซม์ไลเปส (Lipase) ที่ถูกสร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเข้าไปย่อยสลายโครงสร้างของกรดไขมันพวกไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ทำให้เกิดการเหม็นหืน ส่วนการเหม็นหืนที่เกิดจากกระบวนการออโตออกซิเดชั่น (Autoxidation) เกิดจากออกซิเจนทำปฏิกิริยากับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว นอกจากนี้ นิธิยา รัตนปานนท์ (2539) ยังได้อธิบายกลไกการเกิดออกซิเดชั่นของกรดไขมันซึ่งสรุปได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

ขั้นเริ่มต้น (Initiation) เป็นขั้นตอนที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมเกิดอนุมูลอิสระ (Free radical; R.) และออกซิเจนทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเกิดเป็น diradicals ดังสมการ

$$RH \longrightarrow R. + H.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นต่อเนื่อง (Propagation) เป็นขั้นตอนที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับ free radical ได้เป็น peroxy radical (ROO.) hydroperoxide (ROOH) และ hydrocarbon radical (R.) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป

$$R. + O_2 \longrightarrow ROO.$$
$$ROO. + RH \longrightarrow ROOH + R.$$

ขั้นสุดท้าย (Termination) เป็นขั้นตอนที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่เป็น non-radical ปฏิกิริยาจะหยุดลง ตัวอย่างเช่น

$$R. + R. \longrightarrow R\text{-}R$$
$$ROO. + ROO. \longrightarrow ROOH + O_2$$
$$RO. + R. \longrightarrow ROR$$
$$ROO. + R. \longrightarrow ROOR$$
$$2RO. + 2ROO \longrightarrow 2ROOR + O_2$$

Warriss (2000) กล่าวว่า การบดเนื้อในกระบวนการผลิตไส้กรอกสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) ของไขมันได้เนื่องจากออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยากับอิออนของฮีม (heme) และเกลือแกงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขึ้นในเนื้อสัตว์ได้เช่นกัน แต่เกลือไนไตรท์ สารประกอบซิเตรท (Citrates) และสารประกอบฟอสเฟต (Phosphate) ที่เติมในเนื้อหมักใช้เป็นตัวจับอิออนสามารถช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ การเติมออกซิเจนพันธะคู่ของกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ในอาหารชนิดที่มีไขมัน อนุมูลอิสระของไขมันนอกจากจะทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติ (off-flavor) ยังทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคข้ออักเสบเรื้อรัง (Rhrumatoid arthritis) โรคติดเชื้อจากแบคทีเรียและไวรัส โรคหัวใจ โรคพาร์กินสัน (Parkinson'd disease) โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) โรคมะเร็ง (Cancers) และโรคสภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (AIDS) เป็นต้น

2.2.1.3 หน้าที่ทางด้านประสาทสัมผัส

1) ไขมันส่งผลถึงด้านลักษณะปรากฏของอาหาร เช่น ผิวมัน สี และความขุ่นของอาหาร ไขมันส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร เช่น ความข้นหนืด และความกระด้างหรือแข็งของอาหาร

2) ไขมันส่งผลต่อกลิ่นรสของอาหาร เช่น ความเข้มของกลิ่นรส การปลดปล่อยกลิ่นรส (flavor release) และการพัฒนากลิ่นรสในอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ไขมันส่งผลต่อ mouthfeel ของอาหาร เช่น การละลายในปากของไขมันทำให้รู้สึกนุ่มนวลและลักษณะเป็นครีม

2.3 สารที่ใช้เพื่อทดแทนไขมัน

2.3.1 Jones (1996) ได้นิยามของส่วนผสมอาหารที่ทดแทนไขมันและก่อให้เกิดหรือคงไว้ซึ่งลักษณะเดิมของอาหารที่เกิดจากไขมันไว้ดังนี้

2.3.1.1 Fat replacer หมายถึงส่วนผสมในอาหารที่ใช้แทนไขมันได้ (ตารางที่ 2.1)

2.3.1.2 Fat substitute หมายถึงสารประกอบสังเคราะห์ที่สามารถใช้แทนไขมันได้หนึ่งโดยน้ำหนัก โดยทั่วไปจะมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายไขมันแต่ไม่สามารถย่อยสลายในระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีที่คงทนต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยเอนไซม์ในร่างกาย

2.3.1.3 Fat mimetic หมายถึงสารทดแทนไขมันซึ่งเมื่ออุ้มน้ำไว้ในเมตริกซ์ (matrix) ในปริมาณมากเพียงพอ จึงทำให้มีลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายไขมัน

2.3.1.4 Low-calorie fat หมายถึงสารประกอบไตรกลีเซอไรด์สังเคราะห์ (Synthetic triglyceride) โดยการแทนที่กรดไขมันธรรมชาติด้วยกรดคาไพรลิก (8:0), กรดคาพริก (10:0) และกรดบีฮีนิก (22:0) บนโครงสร้างของกลีเซอรอล (glycerol backbone) ยังผลในการลดปริมาณแคลอรี่ เนื่องจากกรดบีฮีนิกไม่ถูกย่อยสลายแต่จะคลายพลังงานน้อยกว่ากรดไขมันธรรมชาติ สารประกอบไตรกลีเซอไรด์สังเคราะห์เหล่านี้ให้พลังงานเพียง 5 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม

2.3.1.5 Fat extender หมายถึงสารทดแทนไขมันที่ประกอบด้วยไขมันธรรมชาติผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น น้ำ ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ เช่น อิมัลชั่น

2.3.2 Akoh (1999) ได้สรุปว่าสารทดแทนไขมัน (Fat replacer) โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Fat substitute และ Fat mimetic โดยแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติดังนี้

2.3.2.1 Fat substitute หมายถึงสารที่มีความคล้ายคลึงกับไตรกลีเซอไรด์ทั้งทางกายภาพและทางเคมีสามารถใช้แทนไขมันได้ต่อน้ำหนัก อาจเป็นสารที่ผลิตมาจากไขมัน จากการสังเคราะห์ทางเคมีของไขมันหรือน้ำมัน จากการดัดแปรไขมันหรือน้ำมันปกติด้วยวิธีการทางเอนไซม์ สารทดแทนไขมันประเภทนี้มักคงตัวต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปอาหารทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ

2.3.2.2 Fat mimetic เป็นสารที่เลียนแบบสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสและทางกายภาพของไตรกลีเซอไรด์ แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนไขมันได้ทั้งหมดร้อยละ 100 สารทดแทนไขมันประเภทนี้มักผลิตมาจากโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง และเซลลูโลส จากกระบวนการดัดแปรทางเคมี หรือกายภาพเพื่อให้มีสมบัติใกล้เคียงกับไขมันในธรรมชาติมากที่สุด สารทดแทนไขมันประเภทให้พลังงานประมาณ 0-4 กิโลแคลอรี่ต่อกรัม โดยทั่วไปสารทดแทนไขมันประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดซับน้ำเอาไว้ในปริมาณสูงจึงไม่เหมาะที่จะใช้ทอดอาหาร นอกจากนั้นสารทดแทนไขมันประเภทนี้ยังอาจเสียสภาพธรรมชาติ หรือเกิดการไหม้ของน้ำตาลได้ที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสารทดแทนไขมันที่ใช้ ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ

ประเภทของอาหาร	Fat Replacers		
	Carbohydrate-based	Protein- based	Fat-based
นมและผลิตภัณฑ์นม	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate, other protein ingredients	Emulsifiers, olestra
ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็ง	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers, olestra, salatrim, other lipid(fat/oil) analogs
ผลิตภัณฑ์เนื้อและสัตว์ปีก	Gums, inulin, maltodextrins, oatrim, starches	-	Olestra , other lipid (fat/oil) analogs (fried foods)
ผลิตภัณฑ์ปลา	-	-	Olestra , other lipid (fat/oil) analogs (fried foods)
น้ำมันพืชและน้ำมันสลัด	-	Microparticulated protein (salad oil)	Olestra , other lipid (fat/oil) analogs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ประเภทของอาหาร	Fat Replacers		
	Carbohydrate-based	Protein- based	Fat-based
ไขมันและน้ำมันชนิด อื่นๆ เช่นมาการีน น้ำสลัด มายองเนส	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, maltose, oatrim, polydextrose, starches	Microparticulated protein, protein blends, other protein ingredients	Emulsifiers, olestra, salatrim, other lipid(fat/oil) analogs
ซุป/ซอส	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, oatrim, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers, olestra, other lipid(fat/oil) analogs

ที่มา : Owasu-apenten (2005)

2.4 ผงบุก (konjac)

2.4.1 แหล่งที่มาและโครงสร้างโมเลกุล

สุวศรี เตชะภาส (2542) กล่าวไว้ว่า แป้งบุก (konjac flour) หรือ ผงบุก อาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลูโคแมนแนน (Konjac glucomannan) ทำมาจากหัวบุก ซึ่งหัวบุกจัดอยู่ในวงศ์ Araceae สายพันธุ์ที่พบในประเทศแถบเอเชียเขตอบอุ่นคือ สายพันธุ์ *Amorphophallus konjac* ส่วนในประเทศไทยพันธุ์ที่มีปริมาณกลูโคแมนแนนสูง คือบุกเนื้อทรายหรือบุกไข่ โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus oncophyllus* พบมากทางตอนเหนือและตะวันตกของประเทศ สมุนไพรบุกมีชื่อเรียกว่า หมอ ยวี จวี่ ยั่ว (จีนแต้จิ๋ว) หมอยื่อ (จีนกลาง) เป็นต้น ส่วน Tye (1991) รายงานว่าประเทศญี่ปุ่นใช้แป้งบุกทำเป็นอาหาร โดยใช้ในรูปแบบของเจลและใช้เลี่ยนแบบเส้นบะหมี่ ในปี ค.ศ.1900 USDA ของประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าแป้งบุกสามารถใช้เป็นส่วนผสมของอาหารได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized as Safe; GRAS)

ต้นบุกเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินทุกชนิด โดยทั่วไปมีลำต้นใต้ดิน ก้านใบมีลายต่างสลับสี ลักษณะใบคล้ายใบมะละกอ ดอกคล้ายดอกของต้นหน้าวัว ก้านดอกโผล่ตรงกลางจากหัวบุก การใช้ประโยชน์จากบุกสามารถกระทำได้โดยการนำส่วนหัว ก้านใบหรือลำต้น มาทำแกงบุก ขนมบุกในท้องถิ่นภาคกลางมักพบว่าได้มีการใช้เนื้อใบบุกมาแช่น้ำปูนและล้างหลายๆครั้ง นำไปทำขนมหวาน ในท้องถิ่นภาคเหนือชาวไทยภูเขานำหัวบุกมาปิ้งก่อนรับประทาน นอกจากนี้ชาวบ้านบางพื้นที่นำหัวบุกมาฝานเป็นแผ่นบางแล้วคลุกเกลือตากแห้ง จากนั้นนำมานึ่งรับประทานกับข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนาวรัตน์ แย้มแสงสังข์และคณะ (2542) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์ใยอาหารกลูโคแมนแนนจากหัวบุกในการควบคุมและบำบัดอาการท้องผูก และโรคอ้วน ได้รายงานว่า ใยอาหารจากหัวบุกเป็นโมเลกุลของน้ำตาลเชิงซ้อนที่มีแคลอรี่ต่ำมาก ช่วยลดอาการท้องผูกในเพศชายร้อยละ 93 และเพศหญิงร้อยละ 88 สามารถลดน้ำหนักได้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 ในคนวัยหนุ่มสาวและวัยเจริญพันธุ์ในช่วงอายุ 15 ถึง 35 ปี ในเพศชายร้อยละ 92 และเพศหญิงร้อยละ 85 (ลดน้ำหนักตัวได้ 7.5 ถึง 15 กิโลกรัม)

2.4.2 ข้อมูลทางเภสัชวิทยาของบุก

สารที่พบ ได้แก่ สาร Glucomannan, Konjacmannan, D-mannose, Takadiastase, แป้ง, โปรตีนบุก, วิตามินบี, วิตามินซี และยังพบสารที่เป็นพิษ คือ Coniine, Cyanophoric glycoside ก้านบุกพบสาร Uniine และวิตามินบีที่ก้านช่อดอก (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554) และหัวบุกยังมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 5-6 และมีคาร์โบไฮเดรตอยู่สูงร้อยละ 67 (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

หัวบุกมีสารสำคัญ คือ กลูโคแมนแนน (Glucomannan) เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส แมนโนส และฟรุคโตส สารกลูโคแมนแนนสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ เนื่องจากมีความเหนียว ช่วยยับยั้งการดูดซึมของกลูโคสจากทางเดินอาหาร ยิ่งหนืดมากก็ยิ่งมีผลการดูดซึมกลูโคส ดังนั้น กลูโคแมนแนน ซึ่งเหนียวกว่า gua gum จึงสามารถลดน้ำตาลได้ดีกว่า จึงใช้แป้งเป็นวุ้นเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและสำหรับผู้ที่เป็นโรคไขมันในเลือดสูง (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556) ซึ่งสารกลูโคแมนแนนจะมีปริมาณแตกต่างกันออกไปตามชนิดของบุก (มหาวิทยาลัยมหิดลคณะเภสัชศาสตร์. 2539)

แป้งจากหัวบุกนั้นประกอบไปด้วยกลูโคนแมนแนนประมาณร้อยละ 90 และสิ่งเจือปนอื่น ๆ เช่น alkaloid, starch, สารประกอบไนโตเจนต่าง ๆ Sulfates, Chloride, และสารพิษอื่น โมเลกุลของกลูโคแมนแนนนั้นหลัก ๆ แล้วจะประกอบไปด้วยน้ำตาลสองชนิด คือ กลูโคส 2 ส่วน และแมนโนส 3 ส่วน โดยประมาณ เชื่อมต่อกันระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของน้ำตาลชนิดที่สอง กับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของน้ำตาลชนิดแรกแบบพันธะเบต้า (1,4) ไกลโคซิดิก ซึ่งแตกต่างจากแป้งที่พบในพืชทั่วไป จึงไม่ถูกย่อยโดยกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร เพื่อให้น้ำตาลที่ให้พลังงานได้ (มหาวิทยาลัยมหิดลคณะเภสัชศาสตร์. 2539) นอกจากกลูโคแมนแนนจะพบได้ในบุกแล้วยังพบได้ในว่านหางจระเข้อีกด้วย

กลูโคแมนแนนสามารถดูดน้ำและพองตัวได้มากถึง 200 เท่า ของปริมาณเดิม เมื่อเรารับประทานกลูโคแมนแนนก่อนอาหารครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงครั้งละ 1 กรัม กลูโคแมนแนนจะดูดน้ำที่มีมากในกระเพาะอาหารของเรา แล้วเกิดการพองตัวจนทำให้เรารู้สึกอิ่มอาหารได้เร็วและอิ่มได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจุดนี้เองที่ทำให้เรารับประทานได้น้อยลงกว่าปกติด้วย อีกทั้งกลูโคแมนแนนจากบุกก็มีพลังงานต่ำมาก กลูโคแมนแนนจึงช่วยในการควบคุมน้ำหนักและเป็นอาหารของผู้ที่ต้องการลดความอ้วนได้เป็นอย่างดี เมื่อนำสารที่สกัดได้จากบุกที่มีการกำจัดพิษแล้ว ให้หนูใหญ่

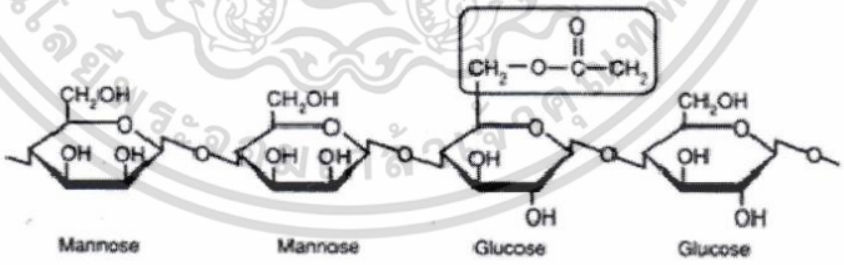
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับประทานครั้งละ 15 กรัม ต่อ 1 กิโลกรัม ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 2-3 สัปดาห์ พบว่าระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดของหนูลดลงคิดเป็น ร้อยละ 44 และ triglyceride ลดลงคิดเป็นร้อยละ 9.5 อีกทั้งสารกลูโคแมนแนนมีฤทธิ์ดูดซึมน้ำในกระเพาะและลำไส้ได้ดีมาก และยังสามารถไปกระตุ้นน้ำย่อยในลำไส้ให้เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการขับของที่คั่งค้างในลำไส้ได้เร็วขึ้น (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2544)

สารสกัดแอลกอฮอล์จากหัวบุก สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อวัณโรคในหลอดแก้วได้ (มหาวิทยาลัยมหิดลคณะเภสัชศาสตร์. 2539) เมื่อนำสารที่สกัดได้จากบุกที่มีการกำจัดพิษแล้วให้หนูใหญ่ที่มีอาการบวมที่ขารับประทานครั้งละ 15 กรัม ต่อ 1 กิโลกรัม พบว่าอาการบวมที่ขาของหนูลดลง (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554)

2.4.3 โครงสร้างทางเคมีของแป้งบุก

โครงสร้างของแป้งบุกมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลม มีขนาดระหว่าง 100 ถึง 500 ไมครอน เมื่อเม็ดแป้งบุกสัมผัสกับน้ำจะบวมและแตกปล่อยกลูโคแมนแนนออกมา องค์ประกอบที่สำคัญดังแสดงในภาพที่ 2.2 กลูโคแมนแนนมีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยแมนโนสและกลูโคสในอัตราส่วน 1.6:1 ตามลำดับ เชื่อมกันด้วยพันธะเบต้า(1,4) ไกลโคซิดิก โดยมีหมู่อะเซทิล (acetyl groups) กระจายอยู่ทุก 9-19 หน่วยของน้ำตาล (Sugar unit) ซึ่งมีผลต่อการละลายและการเกิดเจล ซึ่งถ้าหมู่อะซิลทิลถูกกำจัดออกในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนๆ โมเลกุลของบุกจะเกิดเจลที่ทนร้อน (Heat stable gel) น้ำหนักโมเลกุลของผงบุกประมาณ 200,000 – 2,000,000 ขึ้นอยู่กับชนิด กระบวนการผลิตและอายุการเก็บรักษาวัตถุดิบ (Tye. 1991)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของผงบุก
ที่มา: Anonymous (1998)

2.4.4 การผลิตผงบุกและเจลบุก

การผลิตผงบุกด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้ได้ผงบุกที่มีความบริสุทธิ์แตกต่างกัน วิธีการแบบดั้งเดิมทำโดยใช้วิธีการสกัดแบบง่าย โดยนำหัวบุกที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมาแล้วต้มกับสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 30 นาที อบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด ต่อมามีการพัฒนาวิธีการมาเป็นการสกัดแบบแห้ง โดยแช่บุกที่ผ่านการลดขนาดในสารละลายซัลไฟด์ อบแห้งโดยใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม บดโดยใช้เครื่องบด (Mincer) หรือเครื่องโม่แบบตี (Hammer mill) ขัดอนุภาคผงที่ได้และผ่านตะแกรงร่อน ผงบุกที่ได้จะมีความบริสุทธิ์มากกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม ส่วนวิธีการสกัดแบบเปียกจะมีการบดบุกที่ผ่านการลดขนาดมาแล้วในสารละลายเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 ขัดอนุภาคในสารละลายเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ล้างผงบุกที่ได้ในสารละลายเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 อบแห้งและปั่นด้วยความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรง นอกจากนี้ยังมีการผลิตแบบแห้งร่วมกับแบบเปียก ทำได้โดยนำบุกที่ผ่านการสกัดแบบแห้งมาแล้วมาขัดอนุภาคในสารละลายเอธานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สกัดในสารละลายเอธานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปั่นให้ละเอียดด้วยความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้ได้เป็นผงบุก

ชมพูนุท สีห์โสภณ (2542) ได้สรุปถึงกาเตรียมเจลบุกว่าสามารถทำได้โดยการต้มบุกพันธุ์เนื้อทรายที่หั่นเป็นชิ้นบางๆในน้ำเดือด แล้วจึงบดผสมกับน้ำปูนใสที่ความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปต้มในสารละลายน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที และต้มในน้ำเดือดอีกครั้ง เจลบุกที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่มีความคันและไม่มีรสฝาด

2.4.5 คุณสมบัติของผงบุก

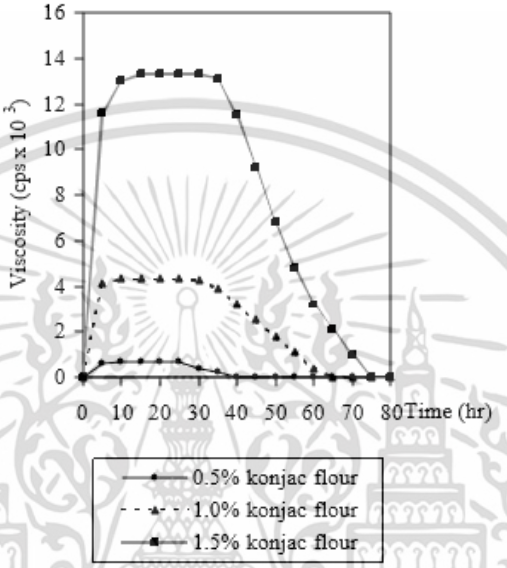
ผงบุกจัดเป็นใยอาหาร (dietary fiber) ที่สามารถละลายน้ำได้และดูดซึมน้ำได้ดีถึง 100 เท่า โดยอนุภาคของผงบุกเชื่อมต่อกันเป็นแมคโครโมเลกุล (macromolecule) และพันกัน โมเลกุลน้ำถูกดูดเข้าไปในสายโซ่โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจน และเปลี่ยนจากผงแป้งเป็นของเหลวที่มีความหนืด (Nashinari *et al.* 1987) ผงบุกมีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น เป็นสารให้ความข้นหนืด สามารถเกิดเจลได้ หรือใช้เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) หรือสารอิมัลซิไฟเออร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเลือกใช้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ สมบัติบางประการของผงบุกที่น่าสนใจได้แก่

2.4.5.1 ความข้นหนืด (viscosity)

ผงบุกเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูงและให้ความหนืดสูง ผงบุกที่ยังไม่ได้กำจัดหมู่อะเซทิลออกให้สารละลายที่มีความหนืดสูงโดยใช้ปริมาณเพียงร้อยละ1 ในน้ำให้ความหนืด 20,000 ถึง 40,000 เซนติพอยส์ (centipoise) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสารข้นหนืด (Thickening agent) ตัวอื่นๆ เมื่อนำผงบุกมาละลายน้ำ อนุภาคของแป้งดูดซึมน้ำเข้าไว้ แล้วเกิดการพองตัว ทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น Akesowan (2012) กล่าวว่าสารละลายแป้งบุกที่ถูกเตรียมในสภาวะอุณหภูมิห้อง ความหนืดของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (ภาพที่ 2.3) คือแป้งบุกทุกๆความเข้มข้นมีความหนืดต่ำที่หนึ่งชั่วโมงแรกหลังจากการละลาย และจะเกิดรูปแบบของสารละลายที่มีความหนืดในไม่กี่ชั่วโมงต่อมาความหนืดของสารละลายแป้งบุกเพิ่มขึ้นเมื่อเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านไป และคงที่หลังจากชั่วโมงที่ 5, 6 และ12 ชั่วโมง ของความเข้มข้นแป้งบุกร้อยละ 0.5, 1.0, และ 1.5 ตามลำดับ ซึ่งสารละลายบุกที่มีความเข้มข้นต่างกันส่งผลให้เกิดความเข้มข้นที่ต่างกันด้วย และ pH มีผลต่อความหนืดของสารละลายบุก โดยความหนืดจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงค่า pH 2 ถึง 8 ซึ่งอาจถูกระบุว่าความหนืดของสารละลายแป้งบุกมีเสถียรภาพในช่วง pH นี้ ในขณะที่ pH 10 สารละลายแป้งบุกมีความหนืดสูงและเริ่มเปลี่ยนเป็นเจล

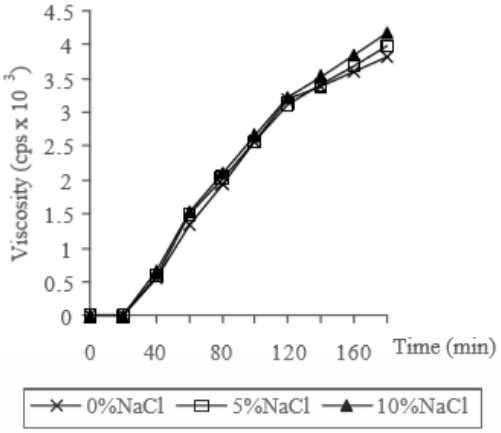


ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายแป้งบุกที่ความเข้มข้นต่างกันในแต่ละช่วงเวลา

ที่มา : Akesowan (2012)

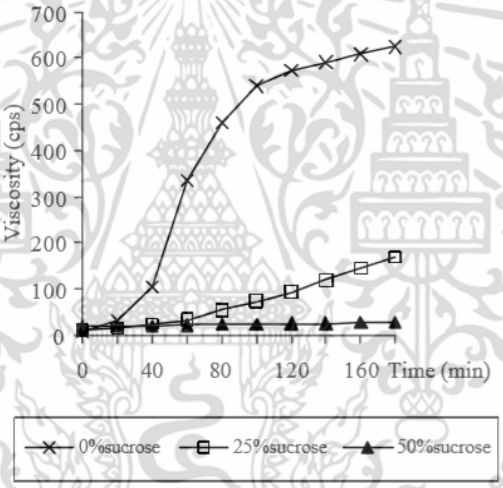
Akesowan (2012) กล่าวว่า ความเข้มข้นของเกลือไม่มีผลต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุก (ภาพที่ 2.4) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าแป้งบุกเป็น non-ionic ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากความเข้มข้นของเกลือ และมีความคงตัวที่ pH ต่ำกว่า 3 (Thomas. 1997) ส่วนความเข้มข้นของน้ำตาลส่งผลกระทบต่อค่าความหนืดของสารละลายแป้งบุก โดยความหนืดมีค่าลดลง จากภาพที่ 2.5 ความหนืดของสารละลายแป้งบุกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ในสารละลายน้ำตาลร้อยละ 50 มีค่า 20 เซนติพอยส์ ซึ่งเป็นค่าคงตัวในช่วง 180 นาที ที่ความเข้มข้นซูโครสร้อยละ 25 สารละลายแป้งบุกมีอัตราของไฮเดรชั่น (hydration) ที่ต่ำ ดังนั้นการละลายตัวของแป้งบุกมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ผลกระทบของความเข้มข้นเกลือต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุกความเข้มข้น 0.5%

ที่มา : Akesowan (2012)



ภาพที่ 2.5 ผลกระทบของความเข้มข้นน้ำตาลต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุกความเข้มข้น 0.5%

ที่มา : Akesowan (2012)

2.4.5.2 การเกิดเจล (gel formation)

การเกิดเจลของผงบุกเป็นเรื่องที่น่าสนใจมาก โดยทั่วไปแล้วเจลที่ได้จากโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide)อื่นๆ เมื่อนำมาให้ความร้อนจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง เจลจะแตกหรือเกิดการแยกตัวของโครงสร้างตาข่ายโพลีเมอร์ (polymer network) ทำให้สูญเสียความเป็นเจลไปในสภาวะที่เป็นด่างอ่อน เช่น โปแตสเซียมคาร์บอเนต (Potassium carbonate) แต่ผงบุกจะให้เจลที่ทนต่อความร้อน (thermal stability) และมีความแข็งแรงมาก และมีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรง และเสถียรภาพมากขึ้น การเกิดเจลของผงบุกสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

1) การใช้ด่างในการเกิดเจล

ผงบุกจะละลายในน้ำเย็นแต่จะไม่เกิดเจลถึงแม้ว่าจะให้ความร้อนแล้วก็ตาม การที่ผงบุกไม่สร้างเจลเนื่องมาจากหมู่อะเซทิลที่อยู่ในสายเป็นตัวขัดขวางไม่ให้เกิดจัดเรียงตัวเป็นสายยาว แต่อย่างไรก็ตามผงบุกสามารถสร้างเจลได้เมื่อได้รับความร้อนในสภาวะที่เป็นด่าง (pH 9-10) โดยหมู่ไฮดรอกซิลจับกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทำให้หมู่อะเซทิลหลุดออกมา (Dave and McCarthy.1997; Nishinari *et al*. 1992; Yoshimura and Nishinari. 1999) สารละลายด่างที่นิยมใช้ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide) และโปแตสเซียมคาร์บอเนต เจลที่ได้เป็นชนิดไม่ผันกลับโดยความร้อน (thermoirreversible gel) และคงตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 100-200 องศาเซลเซียส การที่เกิดเจลแบบนี้เนื่องมาจากหมู่อะซิทิลของกลูโคแมนแนนถูกกำจัดออกจากโมเลกุล แต่การใช้สารละลายด่างในการเกิดเจลทำให้เกิดปัญหาบางประการ เช่น เจลที่ได้มีค่า pH สูง มีด่างตกค้างเกิดการสูญเสียน้ำได้ง่าย และขั้นตอนการเตรียมเจลค่อนข้างยาก ต้องอาศัยผู้ชำนาญพิเศษในการผสม นวด และขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ (Toba *et al*. 1987) นอกจากนี้ถ้าอาศัยกลไกด่างในการเกิดเจลของผงบุกที่ pH เป็นด่างจะทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์สูญเสียสมบัติเชิงหน้าที่ไป

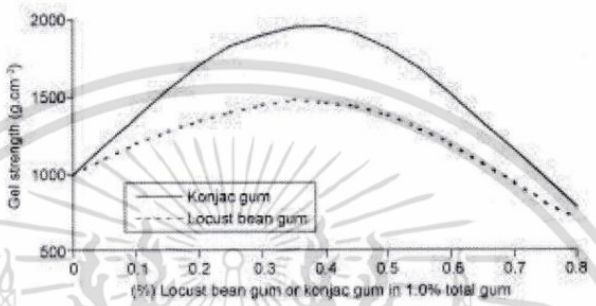
2) การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อช่วยในการเกิดเจล

แมคโครโมเลกุลที่อยู่ในสารละลาย มีส่วนหนึ่งของโมเลกุลจับตัวกับโมเลกุลอื่นๆที่อยู่ใกล้กันและปล่อยโมเลกุลน้ำที่จับอยู่ให้หลุดออกไป การจับตัวกันนั้นอาจแข็งแรงกันมากพอที่จะไม่ทำให้แตกตัวออกจากกันที่อุณหภูมิห้อง ถ้าจำนวนโมเลกุลที่จับกันมากพอจะเกิดอนุภาคขึ้นและตกตะกอนออกมา ปรากฏการณ์เช่นนี้มักเกิดขึ้นกับแป้ง การจับตัวแบบอื่นที่พบคือแต่ละโมเลกุลของแมคโครโมเลกุลมีการจับตัวกับโมเลกุลอื่นมากกว่า 1 ตำแหน่ง ทำให้เกิดโครงสร้างเหมือนร่างแหใน 3 ทิศทางโครงสร้างที่เกิดขึ้นเรียกว่าเจลโดยมีโมเลกุลน้ำแทรกอยู่ทั่วไป (Whistler and Daneil. 1990) โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ไม่ได้ เมื่อแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของแมคโครโมเลกุลในร่างแหทำให้เจลแข็งตัวและมีรูปร่างที่แน่นอน (นิธิยา รัตนปานนท์. 2549) ความแข็งแรงของเจลขึ้นกับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน ถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะเวลาสั้นมาก การจับตัวกันจะไม่แข็งแรงมากนัก เจลถูกทำลายได้ง่าย เช่นการกวนเบาๆ หรือใช้ความร้อนต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะยาวมาก การจับตัวจะแข็งแรงมาก เจลทนความร้อนได้ดี (Whistler and Daneil. 1990) แรงที่อนุภาคใช้จับตัวกันคือ แรงแวนเดอวาลส์และแรงประจุ ซึ่งอาจมีโมเลกุลหรืออนุภาคของสารอื่นๆ เข้ามาเกาะเกี่ยวด้วย การสานตัวเป็นร่างแหทั้งระบบขึ้นกับชนิดของอาหารความเข้มข้นและวิธีการเตรียม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นของตะกอนต่ำเกินไปจะเกิดตะกอนขุ่นขาวแต่ไม่เกิดเจล ความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดที่เปลี่ยนจากตะกอนขุ่นมาเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลไม่แน่นอนขึ้นกับสภาวะการเตรียม (ณรงค์ นิยมวิทย์. 2539) ตัวอย่างการเกิดเจลของผงบุกกับไฮโดรคอลลอยด์ได้แก่

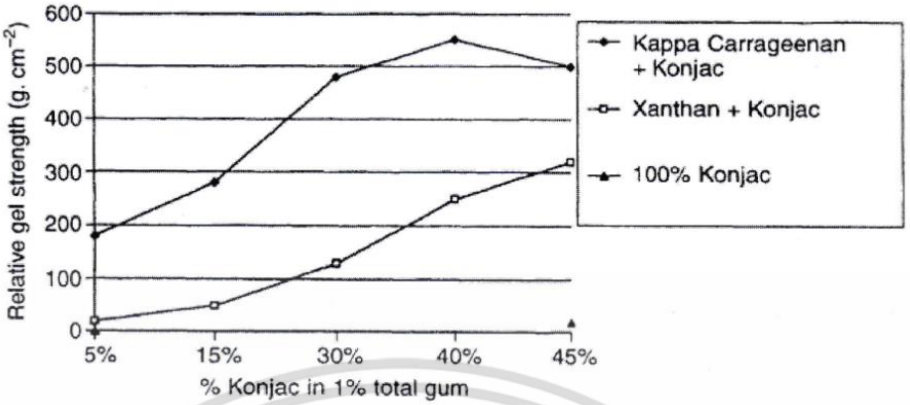
2.1) แคปปา-คาราจีแนน (Kappa-carragenan) ทำให้สารละลายผงบุกเกิดเป็นเจลที่มีความยืดหยุ่น และผันกลับได้โดยความร้อน (thermoreversible gel) อัตราส่วนของปริมาณการใช้ผงบุกร่วมกับแคปปา-คาราจีแนน และกลูโคแมนแนนที่ให้เจลที่มีความแข็งแรงสูงอยู่ในช่วง 70:30 ถึง 50:50 (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.6 การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjac glucomanan กับ Locust bean gum
ที่มา : Imeson (2009)

2.2) แซนแทนกัม (Xanthan gum) ทำให้เกิดเจลที่ผันกลับโดยความร้อน (Thermo reversible gel) ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันไปขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างกลูโคแมนแนนและแซนแทนกัมที่ใช้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็น 60:40 ถึง 50:50 (Tye. 1991) ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นรวมของส่วนผสมรวมจนถึงประมาณร้อยละ 1 การเติมเกลือลดความแข็งแรงของเจลที่เกิดขึ้น (ภาพที่ 2.7) (Morris and Brownsey. 1995) นอกจากนี้ พรรัตน์ สินชัยพานิช (2545) ได้ศึกษาสมบัติและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเกิดเจลของแป้งบุกแล้วพบว่า แป้งบุกที่มีสีเหลืองปนน้ำตาลมีค่า pH 5.01 และผ่านตะแกรงขนาด 35 ถึง 80 เมช ซึ่งช่วงขนาดของเม็ดแป้งนี้มีสารกลูโคแมนแนนสูง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77.8 โปรตีนร้อยละ 4.6 ไขมันร้อยละ 0.1 เถ้าร้อยละ 4.9 และเยื่อใยอาหารร้อยละ 72.6 สภาวะที่เหมาะสมในการเกิดโซล เตรียมจากสารละลายแป้งบุกร้อยละ 4 และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 ชั่วโมง หรือใช้น้ำอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง และนำลักษณะโซล (sol) ที่ได้มาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ใช้เวลา 120 นาที ทำให้เจลแป้งบุกมีสมบัติยืดหยุ่นได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjac glucomanan กับ K-carrageenan และ Xanthan gum
ที่มา: Imeson (1997)

2.4.5.3 การเกิดฟิล์ม (film formation)

เมื่อสารละลายผงบุกเกิดการสูญเสียน้ำหรือนำไปทำให้แห้งได้ฟิล์มที่มีลักษณะเหนียว (tough film) ฟิล์มที่เกิดขึ้นจะเสถียรทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น หรือในระบบที่เป็นกรด-ด่างได้ดี มีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มน้ำเดือดเป็นเวลาหลายชั่วโมงฟิล์มจากผงบุกมีลักษณะอ้อน (Suppleness) และสามารถทำได้ทั้งฟิล์มในลักษณะโปร่งแสง และทึบแสง การเพิ่มปริมาตรสารที่สามารถดูดความชื้นได้ดี (humecent) เช่น กลีเซอรีน มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของฟิล์ม (film strength) ลดลง แต่กลับมีผลให้ค่าลักษณะอ่อนของฟิล์มเพิ่มขึ้น การแพร่ผ่านของน้ำ (water permeability) ในฟิล์มชนิดนี้ขึ้นกับสารที่เติมลงไปว่าเป็นแบบไฮโดรฟิลลิก (hydrophilic) โดยอัตราการแพร่ผ่านของน้ำในฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัสดุไฮโดรฟิลลิก เช่น กลีเซอรีน และมีค่าการแพร่ผ่านของน้ำลดลงเมื่อใช้วัสดุไฮโดรฟิลลิก เช่น น้ำมันข้าวโพด (Tye. 1991)

2.4.6 การเตรียมเจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เจลบุกหากใช้ที่ความเข้มข้นต่ำจำเป็นต้องใช้ด่างเพื่อช่วยในการเกิดเจล เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) โซเดียมฟอสเฟต (Sodium phosphate) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) และ โพแทสเซียมฟอสเฟต (Potassium phosphate) (Imeson. 1997; Herranz *et al*. 2012) สารละลายด่างที่ใช้เติมลงไปในสารละลายบุกที่พองตัวมักนิยมเติมลงไปในสัดส่วนร้อยละ 10 ของส่วนผสม ยกเว้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งที่ความเข้มข้นของสารละลายด่างเท่ากัน กระบวนการเกิดเจลของบุกจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของบุก (น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคแมนแนนสูงจะเกิดเจลเร็ว) และการให้ความร้อน (มีความร้อนเสริมจะทำให้เกิดเจลเร็ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Huang *et al*. 2002; Yoshimura and Nishinari. 1999) แต่ถ้าบุกมีหมู่อะซีติลมากจะทำให้เกิดเจลช้า (Huang *et al*. 2002)

นอกจากนี้อาจใช้โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium carbonate) ลงไปร้อยละ2 ของสารละลายแป้งบุก (Imeson. 1997) ในระบบที่เป็นด่างอ่อนเหล่านี้จะช่วยในกระบวนการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ออกจากแป้งบุก ทำให้โมเลกุลของกลูโคแมนแนนสามารถเกิดเป็นโครงข่ายสามมิติที่คงตัวด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเจลที่ได้จะไม่ผันกลับด้วยความร้อนและคงตัวต่อความร้อนสูง (Tye. 1991; FMC. 1994) หลังจากส่วนผสมเข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิแช่เย็น (Herranz *et al*. 2012) การใช้สภาวะด่างอ่อนในการเกิดเจลทำให้ pH ของเจลสูงถึงประมาณ pH 9-10 แสดงในตารางที่ 2.2 (Imeson. 1997) จึงจำเป็นต้องมีการล้างด้วยน้ำหลายครั้งก่อนนำมาใช้ในระบบอาหาร อย่างไรก็ตามเจลบุกที่ได้ด้วยวิธีการนี้สามารถทนความร้อนได้มากกว่า 200 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.2 ความแข็งแรงของเจลบุก (gel strength) เมื่อเติมสารละลายด่างที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับน้ำหนักสารละลายบุก

Alkali used	% Relative strength	Gel pH (10% alkali)
Sodium carbonate	95.4	10.2
Sodium phosphate	94.9	11.4
Potassium hydroxide	90.1	12.3
Potassium carbonate	89	10.1
Potassium phosphate	73.3	8.1
Sodium hydroxide	31.4	12.5

ที่มา : Imeson (1997)

งานวิจัยที่ศึกษาการนำเจลบุกมาใช้ในกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มักเตรียมเจลบุกโดยวิธีการไม่ใช้ความร้อน (cold set gel) ซึ่งนิยมเตรียมตามวิธีการของ Osburn and Keeton (2004) โดยเจลบุกดังกล่าว ประกอบด้วยแป้งบุกร้อยละ 8 แป้งข้าวโพดที่ไม่ได้ดัดแปร (unmodified cornstarch) ร้อยละ 4 และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 เติมร้อยละ 10 โดยวิธีการ cold set gel คือหลังจากผสมส่วนผสมทุกอย่างเข้ากันดีแล้ว ตั้งทิ้งไว้ในการเกิดเจลที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ก่อนการใช้งาน

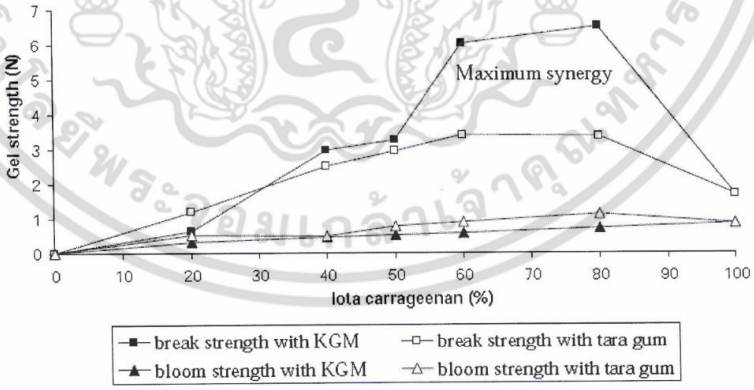
ต่อมา Jiménez-Colmenero (2010) โดยปรับสูตรเตรียมเจลบุกจากวิธีการของ Osburn and Keeton (2004) โดยใช้แป้งบุกร้อยละ 5 ไอโอตา-คาร์ราจีแนน (iota-carrageenan) ร้อยละ 1 แป้งพรีเจลคอร์นสตาร์ช (Pre-gelled corn starch) ร้อยละ 3 และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 1 เติมร้อยละ 10 เมื่อส่วนผสมเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิ 25 องซาเซียสเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการใช้งาน เจลที่ได้จาก cold set gel เป็นเจลที่ผันกลับได้ด้วยความร้อน แป้งบุกสามารถเสริมฤทธิ์การเกิดเจลโดยไฮโดคอลลอยด์จากพืชหรือจากสาหร่ายทะเลหลายชนิด อาทิเช่น แป้งคาร์ราจีแนน เฟอเซลลาแรน (Furcellaran) และเจลเลนกัม (Gellan gum) (Jiménez-Colmenero *et al.* 2013) ซึ่งผลของไฮโดรคอลลอยด์เหล่านี้จะทำให้เกิดการเชื่อมระหว่างสายของกลูโคแมนแนนในแป้งบุกมากยิ่งขึ้นทำให้สามารถเกิดเจลได้โดยไม่ต้องอาศัยสภาวะด่างอ่อนในการเกิดเจล (Imeson. 1997)

เมื่อนำแป้งบุกผสมกับแคปปา-คาร์ราจีแนน จะทำให้ได้เจลที่แข็งเปราะ (very britlle and rigid) และมีน้ำไหลซึมหลังการเก็บรักษาเจล (synerating gel) แต่ถ้าผสมแป้งบุกกับไอโอตา-คาร์ราจีแนน จะเกิดเจลที่ยึดเกาะกันแน่นดีและนุ่ม (cohesive and soft) รวมทั้งมีความยืดหยุ่นสูง (highly resilient gel) โดยที่ไม่มีน้ำไหลซึมออกมาภายใต้สภาวะการเก็บรักษาปกติ (Therkelsen. 1993; FMC. 2004) หากมีการผสมคาร์ราจีแนนทั้งสองชนิดนี้เข้าด้วยกัน จะสามารถปรับปรุงลักษณะเจลบุกที่ต้องการได้ตามความต้องการของผู้ผลิต (Therkelsen. 1993)

สัดส่วนผสมที่เหมาะสมของแป้งบุกคาร์ราจีแนนคือผสมแป้งบุกร้อยละ 75-90 กับคาร์ราจีแนนร้อยละ 25-10 อย่างไรก็ตามสัดส่วนที่เหมาะสมก็ขึ้นอยู่กับอาหารแต่ละชนิด เช่น สำหรับกรณีที่ต้องการให้เกิดเจลในน้ำนม สัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมแป้งบุกกับไอโอตา-คาร์ราจีแนน คือ แป้งบุก:ไอโอตา-คาร์ราจีแนน ในช่วงระหว่าง 20:80 ถึง 40:60 (Pary. 2010) (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 ความแข็งแรงของเจลที่ได้จากการผสมไอโอตา-คาร์ราจีแนนกับคอนยัคกลูโคแมนแนน
ที่มา : Pary (2010)

การผสมแป้งบุกโดยการแช่น้ำให้พองตัวดูดน้ำเต็มที่สามารถทำได้ที่น้ำอุณหภูมิห้องร่วมกับการใช้แรงเฉือนที่ความเร็วต่ำ (low shear force) หรืออาจใช้น้ำที่มีอุณหภูมิที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้น (น้ำอุ่น) ร่วมกับแรงเฉือนก็ได้ โดยทั้งผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมจะไม่ส่งผลต่อความสามารถในการเกิดเจลของบุก (FMC. 1994)

นอกจากนี้ Herranz *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อความคงตัวและคุณภาพเจลบุกที่ได้ โดยเตรียมเจลบุกจากคอนยัคกลูโคแมนแนน ร้อยละ 3 และใช้สารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.6 โมล ในการกำจัดหมู่อะซิติล จากนั้นเจลบุกที่ได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 25, 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน พบว่าการให้ความร้อนแก่เจลบุกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะทำให้โครงสร้างของเจลที่ดีที่สุด คือมีความยืดหยุ่นสูงและคงตัวต่อการนำไปให้ความร้อนซ้ำเมื่อต้องการนำไปแปรรูป

2.5 ประโยชน์ของบุก

คนไทยเรานิยมนำหัวบุกไปทำเป็นอาหารทั้งคาวและหวานเช่นเดียวกับเผือก เช่น แกงบวชมันบุก แกงอีสาน นำไปทอดหรือใส่ในแกงกะหรี่ หรือจะนำมาฝานเป็นแผ่นแล้วนำมานึ่งหรือย่างกินเป็นขนมบุก ส่วนต้นอ่อนที่ปอกเปลือกออกแล้ว ใบอ่อน และก้านใบอ่อนก็สามารถนำมาทำอาหารคล้าย ๆ กับบอนได้ เช่น แกงส้ม แกงเลียง ห่อหมก หรือนำมาต้มลวกจิ้มกับน้ำพริกรับประทานได้ (ก่อนนำมาปรุงเป็นอาหารต้องเอาไปต้มก่อน โดยใส่ลงไปตอนที่น้ำกำลังเดือดเพื่อให้พิษหมดไป) แต่ในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมรับประทานกันแล้ว เนื่องจากขั้นตอนก่อนนำมาปรุงเป็นอาหารนั้นยุ่งยากเกินไป (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

สำหรับในผู้ป่วยโรคเบาหวาน บุกสามารถช่วยควบคุมหรือลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ (เนื่องจากไปช่วยลดการดูดซึมของน้ำตาลกลูโคสในระบบทางเดินอาหาร) และบุกยังเป็นอาหารที่มีประโยชน์สำหรับผู้ป่วยระหว่างพักฟื้น เป็นอาหารที่ช่วยดูดสารพิษ ขจัดไขมันในเลือด และปรุงเป็นอาหารรักษาสุขภาพ (นิจศิริ เรืองรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547)

ในประเทศญี่ปุ่นนิยมใช้หัวบุกมาทำเป็นอาหารลดความอ้วน เพราะการรับประทานหัวบุกเป็นประจำจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ช่วยลดน้ำหนัก และช่วยควบคุมน้ำหนักตัวได้ เพราะสารกลูโคแมนแนนที่พองตัวจะไปห่อหุ้มอาหารที่เรารับประทานเข้าไป ไม่ให้สัมผัสกับน้ำย่อย จึงใช้ในการควบคุมน้ำหนักตัวได้ นอกจากนี้ยังช่วยดูดซับไขมันและกรดน้ำดี และขับถ่ายออกนอกร่างกาย จึงช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ได้ อีกทั้งยังช่วยในการขับถ่ายและระบายเนื่องจากการพองตัวของกลูโคแมนแนนในทางเดินอาหาร จะไปกระตุ้นทางเดินอาหารส่วนล่างโดยเฉพาะลำไส้ใหญ่ให้เกิดการบีบตัวขับกากอาหารที่คั่งค้างอยู่ออกมา จึงช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ได้ ช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคกระเพาะอาหารเป็นแผลจากกรดหรือน้ำย่อย (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันได้มีการนำหัวบุกหรือแป้งบุกมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารผงบุก (เช่น วุ้นเส้นบุก เส้นหมี่แป้งหัวบุก วุ้นบุกก้อน ขนมบุก) เครื่องดื่มรูปแบบต่าง ๆ (เช่น เครื่องดื่มบุกผง) ใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก ลดความอ้วน และลดไขมันในเลือดกันอย่างแพร่หลาย (เช่น ผงบุก หรือ แคปซูลผงบุก) ซึ่งก็สามารถลดน้ำหนักได้ในระดับหนึ่ง มีความปลอดภัยต่อร่างกาย เพราะเมื่อกินแล้วทำให้อิ่มง่าย ระบบขับถ่ายทำงานดีขึ้น ช่วยระบายท้องและไม่ทำให้อ้วน (นิจศิริ เรืองรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่าในต่างประเทศนั้นได้ใช้ต้นบุกเป็นอาหารสัตว์สำหรับการเลี้ยงหมูมานานแล้ว กากจากหัวบุกอาจนำมาใช้ผสมดินทำเป็นแนวกันพังในพื้นที่เชิงเขาได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ามีการใช้น้ำจากหัวบุกต้มผสมกับยางน่อง สำหรับไว้ใช้ยิงสัตว์ด้วย

นอกจากประโยชน์ตามที่กล่าวมาแล้ว ต้นบุกยังใช้ปลูกเป็นไม้ประดับสวยงามได้ด้วย โดยนักจัดสวนจะนิยมนำมาปลูกประดับตามใต้ร่มเงาของไม้ยืนต้น ปลูกใส่กระถางเป็นไม้ประดับทั่วไป หรือปลูกไว้ขายเพื่อเพิ่มรายได้สำหรับเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุกชนิดที่มีหัวเล็กใบกว้าง ที่มีชื่อว่า “บุกเงินบุกทอง” ซึ่งเป็นที่นิยมของนักเล่นว่านมีทั้งต้นเขียวและต้นแดง และมีราคาสูงอยู่พอสมควร (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554)

2.6 การใช้ผงบุกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

มีการนำผงบุกมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สูตรไขมันต่ำ (Low-fat meat products) เพื่อทดแทนไขมัน และให้คุณสมบัติในด้านความชุ่มฉ่ำน้ำ อย่างไรก็ตาม การใช้ผงบุกก็ทำให้ขาดคุณสมบัติความข้นมันของไขมัน นอกจากนี้การใช้ผงบุกอย่างเดียวโดยเฉพาะถ้าเติมลงไปในปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลง อย่างไรก็ตามสามารถใช้สารอื่นเข้าช่วยได้เช่น การใช้แป้งหรือคาร์ราจีแนน ในผลิตภัณฑ์โบโลน่าไขมันต่ำ มีการใช้ผงบุกผสมกับแป้งข้าวโพดดัดแปรงในสัดส่วนความชื้นต่อโปรตีน (M:P) ประมาณ 5.5 และ 6.0 เติมลงไปในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 1 จะให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรที่มีไขมันร้อยละ 30 สำหรับผงบุกที่มีการผสมคาร์ราจีแนนควรผสมกันในอัตราส่วน M:P เท่ากับ 6.0 และเติมลงไปในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 0.5 จะทำให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับสูตรที่ใช้ไขมัน (Chin *et al*. 1998) ข้อดีอีกอย่างของการใช้ผงบุกเป็นสารทดแทนไขมัน คือสามารถทำให้มองเห็นเจลขาวขุ่นที่มีลักษณะเหมือนไขมันที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ซาลามี (Salami) มอทาเดลลา (Mortadell)และ เปปเปอโรนี (Pepperoni) เป็นต้น อย่างไรก็ตามเจลบุกที่เกิดขึ้นจะไม่จับกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงอาจแก้โดยการเติมโปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein isolate) เพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะติดกับเนื้อสัตว์

Osburn and Keeton (1994) ได้ศึกษาถึงการใช้เจลแป้งบุกเพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกหมูเพื่อลดปริมาณไขมันและพบว่าการใช้เจลแป้งบุกร้อยละ 10 ถึง 20 ทดแทนไขมันในไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอกหมูสดที่ผลิตจากเนื้อหมูก่อนเข้าสู่กระบวนการเกร็งตัวหลังการตาย (Rigor mortis) ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดโดยมีค่าแรงเฉือนใกล้เคียงกับไส้กรอกหมูสดที่มีไขมันร้อยละ 40

Osburn and Keeton (2004) ได้ศึกษาถึงการนำเนื้อแกะบดที่ถูกตัดแต่งผสมกับเจลบุก (ร้อยละ 0, 10 และ 20) ผลิตเป็นไส้กรอกสดไขมันต่ำ (ร้อยละ 8) ทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบเคมี-กายภาพ ประสาทสัมผัส และ อายุการเก็บรักษาของไขมันเทียม เนื้อแกะบดถูกลดปริมาณคอลลาเจน (2.3 มิลลิกรัมต่อเนื้อเยื่อ) และ ค่าอัตราการผลิตหลังทำให้สุก (cooking yield) (ร้อยละ 0.6) เทียบกับเนื้อแกะที่ถูกตัดแต่งตามปกติ เนื้อแกะบดจะมีปริมาณจุลินทรีย์ใช้อากาศเพิ่มขึ้นกว่า เนื้อแกะที่ถูกตัดแต่งแบบปกติ ประมาณ 4 log10/cm^2 แต่ ปริมาณจุลินทรีย์ใช้อากาศเพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อเจลบุก ไส้กรอกที่ใส่บุกร้อยละ 20 มีค่าอัตราการผลิตหลังทำให้สุก ต่ำกว่าประมาณร้อยละ1 และค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลงเล็กน้อย เจลบุกร้อยละ 10 ให้คุณสมบัติที่คล้ายกับชุดการควบคุมของไส้กรอกเนื้อแกะไขมันต่ำ ขณะที่ร้อยละ 20 จะลดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ การใช้เจลบุกเป็นไขมันทดแทนจะลดพลังงานงานแคลอรี่โดยจะแทนที่ส่วนของเนื้อในสูตรไส้กรอก

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2540) ได้ศึกษาถึงการใช้เจลแป้งบุกทดแทนไขมันเพื่อผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำพบว่า เจลแป้งบุกความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (อัตราส่วนแป้งบุกต่อแซนแทนกัม 75 : 25) สามารถทดแทนไขมันในไส้กรอกหมูได้ไม่เกินร้อยละ 64 โดยน้ำหนักไขมัน ไส้กรอกมีความแน่นเนื้อและความยืดเกาะตัวน้อยกว่าแต่มีความฉ่ำสูงกว่าไว้กรอกหมูกลุ่มควบคุม โดยไส้กรอกหมูทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีปริมาตรโปรตีนร้อยละ 37.79 ไขมันร้อยละ 9.83 ความชื้นร้อยละ 58.25 ค่าแรงเฉือน 7.36 นิวตัน และสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 3.04

Chin *et al.* (1998) ได้ศึกษาระดับและชนิดของแป้งบุกผสมในโบโลน่าไขมันต่ำแล้วพบว่าการเติมแป้งบุกผสมร้อยละ 0.5 ทำให้โบโลน่าไขมันต่ำมีปริมาณความชื้นสูงและค่าแรงเฉือนสูงกว่าการเติมแป้งบุกผสมร้อยละ 1.0 การเติมแป้งบุกร้อยละ 0.5 อัตราส่วนของความชื้นต่อโปรตีนร้อยละ 5.5 หรือ ร้อยละ 6.0 มีค่าแรงเฉือนและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis) ใกล้เคียงกับโบโลน่าที่มีไขมันร้อยละ 30 แป้งบุกผสมชนิด KHC (แป้งบุกผสมแคปปา-คาร์ราจีแนน และสตาร์ช อัตราส่วน 4:4:2 ที่ pH 9.6) หรือ KNC (แป้งบุกผสมแคปปา-คาร์ราจีแนน และสตาร์ช อัตราส่วน 4:4:2 ที่ pH 8) ถูกเลือกมากกว่าชนิด KSS (แป้งบุกผสมกับสตาร์ช อัตราส่วน 4:6) เนื่องจากมีค่าอัตราการผลิตหลังทำให้สุก และความชอบเนื้อสัมผัสสูง

สุทัศน์ สุระวัง และคณะ (2541) ได้พัฒนาส่วนผสมการผลิตแหนมมังสวิรัติและได้รายงานสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมหลักคือ กลูเตน (Gluten) ร้อยละ 65 ร่วมกับโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 5 และเจลแป้งบุกร้อยละ 30 โดยมีเครื่องปรุงต่างๆร่วมกับการใช้กล้าเชื้อบริสุทธิ์ *Lactobacillus plantarum* ที่ระดับ 10^5 โคโลนีต่อกรัม และเชื้อ *Pediococcus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cerevisiae ที่ระดับ 10^6 โคโลนีต่อกรัม หลังการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน และนำไปต้มสุกโดยนึ่งภายใต้ความดันไอน้ำที่ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 7.55 นิวตัน ค่าแรงกด 16.10 นิวตัน สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 61.62 โปรตีนร้อยละ 68.68 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.86 ไขมันร้อยละ 0.02 เส้นใยอาหารร้อยละ 0.43 เถ้าร้อยละ 2.70 และpH เท่ากับ 4.16

ชมพูนุช สีห์โสภณ (2542) ได้ศึกษาสภาวะการเตรียมเจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์ รายงานว่าแหนมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนังหมูในปริมาณร้อยละ 70 โดยใช้ข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์บอน และทำให้สุกโดยการทอดได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อเทียบกับแหนมปกติที่ไม่มีเจลบุก ส่วนกระบวนการหมักแหนมที่ผสมเจลบุกเกิดขึ้นได้เร็วกว่าแหนมที่ไม่ได้ผสมเจลบุก โดยใช้เวลาการหมักเพียง 2 วัน การใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 15 และเจลบุกร้อยละ 30 แทนหนังหมูมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

Yang *et al*. (2001) ได้ศึกษาผลของสารทดแทนไขมัน 8 ชนิด ในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ พบว่าไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ (ไขมันร้อยละ 10) ที่มีการเติมส่วนผสมของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง แป้งข้าวโพดดัดแปร (Modified waxy maize starch) และโปรตีนสกัดจากกล้ามเนื้อ (Isolate muscle protein) มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมใกล้เคียงกับสูตรที่มีไขมันสูง (ไขมันร้อยละ 22) แต่มีค่าการสูญเสียน้ำที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำที่ประกอบด้วยเจลบุกมีความน่ารับประทานโดยรวมต่ำกว่าสูตรที่มีไขมันสูง

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2541) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์หมูยอและไก่แบบลดไขมันโดยใช้เจลบุกความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วนระหว่างแป้งบุกต่อแซนแทนกัมเท่ากับ 3:1) ทดแทนไขมันในส่วนผสม พบว่าหมูยอและไก่ยอที่ทดแทนไขมันร้อยละ 70 และ 50 โดยน้ำหนักไขมันตามลำดับมีลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P> 0.05$) จากสูตรควบคุมและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

ดารณี วโรดมจิตร (2544) ได้ศึกษาผลของการลดไขมันในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรท และพบว่าแป้งข้าวเจ้าดัดแปรที่ผลิตโดยการไฮโดรไลซ์น้ำแป้งเข้มข้น ร้อยละ 30 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส (เทอร์มามิล 120 แอล) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีระดับค่าสมมูลเด็กซ์โทรส(dextrose equivalent; DE) (DE= 6.28) สามารถทดแทนไขมันแข็งได้ 1 สวนใน 3 ส่วน (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ไส้กรอกมีลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม การใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรร่วมกับแป้งบุกผสมคาร์ราจีแนนและสตาร์ช ในอัตราส่วน 4:4:2 ความเข้มข้น ร้อยละ 0.77 และ ร้อยละ 1.75 สามารถไขมันแข็งในไส้กรอกให้เหลือเพียงร้อยละ 10 ไส้กรอกที่พัฒนาแล้วให้พลังงาน 204.49 กิโลแคลอรีต่อกรัม ความชื้นร้อยละ 70.18 โปรตีนร้อยละ 15.43 ไขมันร้อยละ 10.47 เยื่อใยร้อยละ 0.014 และเถ้าร้อยละ 1.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ข้อกำหนดในการใช้ผงบุก

ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่องข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร พ.ศ. 2547 กำหนดให้ใช้ผงบุกได้ในปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ยกเว้นเนื้อสดไม่อนุญาตให้มีการใช้

2.6.2 ข้อควรระวังในการใช้บุก

ในเนื้อหัวบุกป่าจะมีผลึกของแคลเซียมออกซาเลท (Calcium oxalate) เป็นจำนวนมาก ที่ทำให้เกิดอาการคัน ส่วนเหง้าและก้านใบถ้าปรุงไม่ดีแล้วรับประทานเข้าไปจะทำให้ลิ้นพองและคันปากได้ ก่อนนำมารับประทานจะต้องกำจัดพิษออกก่อน และไม่รับประทานกากยาหรือยาสด กรรมวิธีการกำจัดพิษจากหัวบุก ให้นำหัวบุกมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ตำพอแหลก คั้นเอาน้ำออกพักไว้ นำกากที่ได้ไปต้มน้ำ แล้วคั้นเอาแต่น้ำ นำไปผสมกับน้ำที่คั้นครั้งแรก แล้วนำไปต้มกับน้ำปูนใส เพื่อให้พิษหมดไป เมื่อเดือดก็พักไว้ให้เย็น จะจับตัวกันเป็นก้อน จึงสามารถใช้ก้อนดังกล่าวในการปรุงอาหารหรือนำไปตากแห้งเพื่อใช้เป็นยาได้ ถ้าเกิดอาการเป็นพิษจากการรับประทานบุก ให้รับประทานน้ำส้มสายชูหรือชาแก่ แล้วตามด้วยไข่ขาวสด แล้วให้รีบไปพบแพทย์ (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554)

เนื่องจากวุ้นบุกสามารถขยายตัวได้มาก (ไม่ต่ำกว่า 20 เท่าของเนื้อวุ้นแห้ง) จึงไม่ควรบริโภควุ้นบุกภายหลังการรับประทาน แต่ให้รับประทานก่อนอาหารไม่น้อยกว่าครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมง ส่วนการบริโภคอาหารที่ผลิตจากวุ้น เช่น วุ้นก้อนและเส้นวุ้น สามารถบริโภคพร้อมอาหารหรือหลังอาหารได้ เพราะวุ้นดังกล่าวได้ผ่านกรรมวิธีและได้ขยายตัวมาก่อนแล้ว และการการที่จะขยายตัวหรือพองตัวได้อีกนั้นจึงเป็นไปได้ยาก ส่วนในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการนั้นพบว่าวุ้นบุกไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เนื่องจากไม่มีการย่อยสลายเป็นน้ำตาลในร่างกาย และไม่มีวิตามินและแร่ธาตุ หรือสารอาหารใด ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเลย (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

กลูโคแมนแนนมีผลทำให้การดูดซึมของวิตามินที่ละลายในไขมันลดลง (ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี และวิตามินเค) ซึ่งจะไม่ส่งผลเสียต่อสุขภาพโดยรวมได้ แต่จะไม่มีผลต่อการดูดซึมของวิตามินที่ละลายในน้ำ (เช่น วิตามินบีรวม วิตามินซี) การกินผงวุ้นบุกในปริมาณมาก อาจทำให้มีอาการท้องเดินหรือท้องอืด มีอาการหิวน้ำมากกว่าเดิม บางคนอาจมีอาการอ่อนเพลียเพราะระดับน้ำตาลในเลือดลดลงได้ (เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา และคณะ. 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1) Agar	(Criterion, USA)
2) Baird-Parker agar	(Merck, Germany)
3) Chromocult	(Merck, Germany)
4) DEV Tryptophan broth	(Merck, Germany)
5) EC broth	(Merck, Germany)
6) EMB agar	(Merck, Germany)
7) Lauryl Sulfate broth	(Merck, Germany)
8) Malt extract	(Merck, Germany)
9) MRS broth	(Merck, Germany)
10) Methyl red-VogesProskauer (MR-VP) broth	(Merck, Germany)
11) Plate count agar	(Merck, Germany)
12) Simmons citrate agar	(Merck, Germany)
13) Salmonella-Shigella (SS) agar	(Merck, Germany)
14) Triple sugar iron agar	(Merck, Germany)
15) Tryptic Soy Broth	(Merck, Germany)
16) Xylose Lysine Deoxycholate(XLD) agar	(Merck, Germany)
17) Yeast extract granulated	(Merck, Germany)
18) $CaCO_3$	(ScharlauChemie S. A., Spain)
19) Kovac' s indole reagent	(Merck, Germany)
20) 2 – Thiobarbituric acid (TBA)	(Sigma, Germany)
21) 1,1,3,3 – Tetraethoxypropane	(Sigma, Germany)
22) Potassiumhydroxide (KOH)	(Merck, Germany)
23) Sodiumhydroxide (NaOH)	(Merck, Germany)
24) Alcohol	(เคมีภัณฑ์)
25) Hydrochloric acid	(Merck, Germany)
26) Trichloroacetic acid	(Merck, Germany)
27) Bovine serum albumin (BSA)	(Sigma, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28) Sodium dodecyl sulfate (SDS) (Bio-Rad, USA)

29) Tris (hydroxymethyl) aminomethane (Fisher scientific, USA)

30) Acrylamind (Bio-Rad, USA)

31) 2-Mercaptoethanol (Bio-Rad, USA)

32) Bisaacrylamind (Bio-Rad, USA)

33) Bromophenol blue (Sigma, Germany)

34) Acetic acid (Merck, Germany)

35) Sodium sulfate (Carlo erba, Italy)

36) Chroloform (QREC, Thailand)

37) Picrylsulfonic acid solution (Sigma, Germany)

38) L-Isoleucine (Sigma, Germany)

39) Sodium sulfite (Carlo erba, Italy)

40) 2,4,6-Trinitrobenzenesulfonic acid (Sigma, Germany)

41) i-Carrageenan (Sigma, Germany)

42) $Ca(OH)_2$ (Carlo erba., Italy)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) เครื่องบดเนื้อรูบดเส้นผ่านศูนย์กลาง5มิลลิเมตร (Biro, Germany)

2) ตู้อบลมร้อน (Binder, USA)

3) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)

4) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)

5) ตู้เขี่ยเชื้อแบบLaminar Flow (Dwyer model merk II, USA)

6) ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ (WTB Binder model BD, Germany)

7) ตู้อบเครื่องแก้ว (Hot-air oven, Memmert model CM500, Germany)

8) หม้อนึ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ (Hirayama model HVE 50, Japan)

9) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany)

10) เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)

11) เครื่องตีป่นไฟฟ้า (Stomacher Bag Mixer 400 model VW, France)

12) ไมโครเวฟ (Toshiba model ER-G8C, Toshiba Thailand, Thailand)

13) เครื่องแก้วพร้อมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น

14) ไมโครปิเปต (Finnpipette F3, Thermo Scientific, USA)

15) เครื่องวิเคราะห์ค่า Water activity (Lab master a_w,Novasina company, Switzerland)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 1011, Instron company, Thailand)

17) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ LAV, Hunter Associates Laboratory, Inc, USA)

18) เครื่องโฮโมจีไนซ์ (Ultra tarrax model IKA T25 digital, IKA group, Germany)

19) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu model UV – 1601, Shimadzu Corparation, Japan)

20) เครื่องหมุนปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France)

21) เครื่องอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA)

22) เครื่องตีส่วนผสม (Pro 5 plus, KitchenAid, U.S.)

23) เครื่องอิเล็กโตรโฟรีซีส (AE-6530 mPEG, ATTO, Japan)

24) กระดาษกรอง (Whatman, Sigma-Aldrich, England)

25) เครื่องวัดค่า กรด-ด่าง (Mettler Toledo medel SG-2, Mettler Toledo International Inc., Switzerland)

26) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Ramon, Changsha Branch Company, Germany)

27) เครื่องวัดอุณหภูมิ (Fluke, Fluke Biomedical, Netherland)

28) ตู้แช่เย็น (Sanden intercool, Sanden Intercool Pcl., Thailand)

29) ตู้แช่แข็ง (Jouan power freezer VXE 380, Thermo Fisher Scientific., USA)

30) เครื่องวัดความหนืด (Brookfile viscometer Model DV2TLV, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA)

ในการทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลองดังนี้

วัตถุประสงค์	กิจกรรม
<u>การทดลองที่ 1</u> **ศึกษาส่วนผสมและการเตรียมเจลบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม**	ผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยนำมาศึกษา 1.1 การทดสอบความหนืด 1.2 การทดสอบความคงตัวสารละลายบุก 1.3 การศึกษาชนิดของบุกต่อคุณภพของเจลบุก 1.3.1 ทดสอบสูตรและส่วนผสมของเจลบุก โดยส่วนผสมพื้นฐานตามวิธีการของ Jimenez-Colmenero (2012) 1.3.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกเบื้องต้น 1.3.2.1 ลักษณะเจลที่ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1.3.2.2 ค่าพีเอช 1.3.2.3 สี (CIE L*a*b*) 1.3.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force)โดยใช้หัววัดWarner-Bratzler shear 1.3.2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยหัววัดแบบกด (compression) 1.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส
<u>การทดลองที่ 2</u> **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง**	2.1 ศึกษาผลของเจลบุกเมื่อผ่านกระบวนการแช่เย็นและแช่แข็ง โดยคัดเลือกเจลบุก 1 สูตร (จากการทดลองที่ 1.3) เปรียบเทียบผลของการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ºC ที่ 0, 1 2, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน และผลของการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 ºC โดยทำการแช่แข็ง-ทำละลาย 1, 2 และ 3 รอบ 2.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกด้านกายภาพ 2.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) 2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (% WHC) 2.2.3 ปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (% syneresis) 2.2.4 ค่าพีเอช 2.2.5 สี (CIE L*a*b*) 2.2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยหัววัดแบบกด (compression) 2.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกด้านชีวภาพ 2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.3.2 ยีสต์และรา
<u>การทดลองที่ 3</u> **ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติในระหว่างการหมัก**	3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุก องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของเจลบุกได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหารที่ย่อยได้ และค่าพลังงานทั้งหมด 3.2 การใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน โดย ปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันในสูตรการผลิตไส้กรอกอีสานแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ (ร้อยละ) 0, 25, 50, 75 และ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	3.2.1 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี (ระหว่างกระบวนการหมักถึงสิ้นสุดกระบวนการหมัก) 3.2.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) 3.2.1.2 ค่า a_w (water activity measurement) 3.2.1.3 ปริมาณความชื้น (% moisture content) 3.2.1.4 ค่า pH 3.2.1.5 ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity) 3.2.1.6 ค่ากรดอะมิโนอิสระ 3.2.1.7 ค่า TCA-Soluble peptide 3.2.1.8 วิเคราะห์โปรตีนเทคนิค SDS-PAGE 3.2.1.9 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% free fatty acid) 3.2.1.10 ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value) 3.2.1.11 ค่า TBARs 3.2.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านชีวภาพ 3.2.2.1 แบคทีเรียแลคติก 3.2.2.2 ยีสต์และรา 3.2.2.3 *Samonella* spp. 3.2.2.4 *S. aureus* 3.2.2.5 *E. coli* 3.2.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก 3.2.3.1 สี (CIE L*a*b*) 3.2.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยหัววัดแบบกด (compression) 3.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส 3.2.5 องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเทียบกับกลุ่มควบคุมได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหารที่ย่อยได้ และค่าพลังงานทั้งหมด
<u>การทดลองที่ 4</u> **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของ**	4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน โดยศึกษาปัจจัยต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ	ปัจจัยที่ 1: สูตรทดแทนไขมันที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ สูตรที่ใช้ไขมันสันหลังสุกร (control) , สูตรที่ใช้เจลบุกใหม่ และสูตรที่ใช้เจลบุกเก่า (จากการทดลองที่ 2 โดยใช้เจลบุกเก็บที่สภาวะแช่เย็นแบบลักษณะแห้งเป็นเวลา 12 วัน) ปัจจัยที่ 2: อายุการเก็บรักษาที่ 4 ºC เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ณ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 4.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี 4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) 4.2.2 ปริมาณความชื้น (% moisture content) 4.2.3 ค่า pH 4.2.4 ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity) 4.2.5 สี (CIE L*a*b*) 4.2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยหัววัดแบบกด (compression) 4.2.7 ค่ากรดอะมิโนอิสระ 4.2.8 ค่า TCA-Soluble peptide 4.2.9 วิเคราะห์โปรตีนเทคนิค SDS-PAGE 4.2.10 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% free fatty acid) 4.2.11 ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value) 4.2.12 ค่า TBARs 4.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านชีวภาพ 4.3.1 แบคทีเรียแลคติก 4.3.2 ยีสต์และรา 4.3.3 *Samonella* spp. 4.3.4 *S. aureus* 4.3.5 *E.coli* 4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบด้วย 9-Point Hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่1 ศึกษาผลของชนิดของผงบุกและการเตรียมเจลบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog)

ตัวอย่างผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยผงบุก A, B, C และ D มีปริมาณกลูโคแมนแนนเป็นส่วนประกอบร้อยละ 70, 85, 81 และ 78 ตามลำดับ ทางด้านลักษณะปรากฏ (ภาพที่ 3.1) ผงบุก A มีสีเหลืองออกน้ำตาล มีจุดดำ น้ำตาล หรือเหลืองปนเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะของบุก ผงบุก B มีสีขาวออกเหลืองอ่อน มีจุดดำ-น้ำตาล หรือเหลืองปนเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะของบุก ผงบุก C มีสีขาวเนื้อละเอียด มีจุดดำ หรือเหลืองปนเล็กน้อยกว่าชนิดอื่นๆ มีกลิ่นเฉพาะของบุก และผงบุก D มีสีขาวออกเหลือง มีจุดดำหรือเหลืองปนเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะของบุก

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 3.1 ผงบุก 4 ชนิด ผงบุก A (ก) ผงบุก B (ข) ผงบุก C (ค) และผงบุก D (ง)

3.3.1.1 การทดสอบความหนืด

ตัวอย่างผงบุกทั้ง 4 ชนิด จะถูกนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นด้านความหนืด โดยดัดแปลงการทดลองของ (Penroj. 2005) โดยนำผงบุก 1.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยแบ่งการทดลองเป็นสองชุด ชุดแรกใช้น้ำกลั่นที่ใช้มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และชุดที่สองใช้น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ทำการกวนโดยใช้เครื่องผสม KitchenAid (รุ่น Pro 5 plus) ความเร็วระดับ 4 เป็นเวลา 5 นาที นำมาลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำไหลผ่านให้อุณหภูมิลดลงที่ 25 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfile viscometer (Model DV2TLV) (spindle 64, speed 6 RPM, mode data collection is multi point averaging) บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที โดยวัดความหนืดของสารละลายบุกที่ 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ทำการทดลองซ้ำ 3 รุ่นการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.2 ความคงตัวของสารละลายบุก

การทดสอบความคงตัวเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบความหนืดของสารละลายบุก ตามวิธีการของ Akesowan (2012) โดยใช้น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เท่านั้น จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (hot air oven) (Memmert รุ่น100-800) และนำไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfile viscometer (Model DV2TLV) (spindle 64, speed 6 RPM, mode data collection is multi point) เก็บข้อมูลทุก 1 นาที 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที โดยวัดความหนืดของสารละลายบุกที่ 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ทำการทดลองซ้ำ 3 รุ่นการผลิต

3.3.1.3 ชนิดของบุกต่อคุณภาพของเจลบุก

1) สูตรและส่วนผสมของเจลบุก

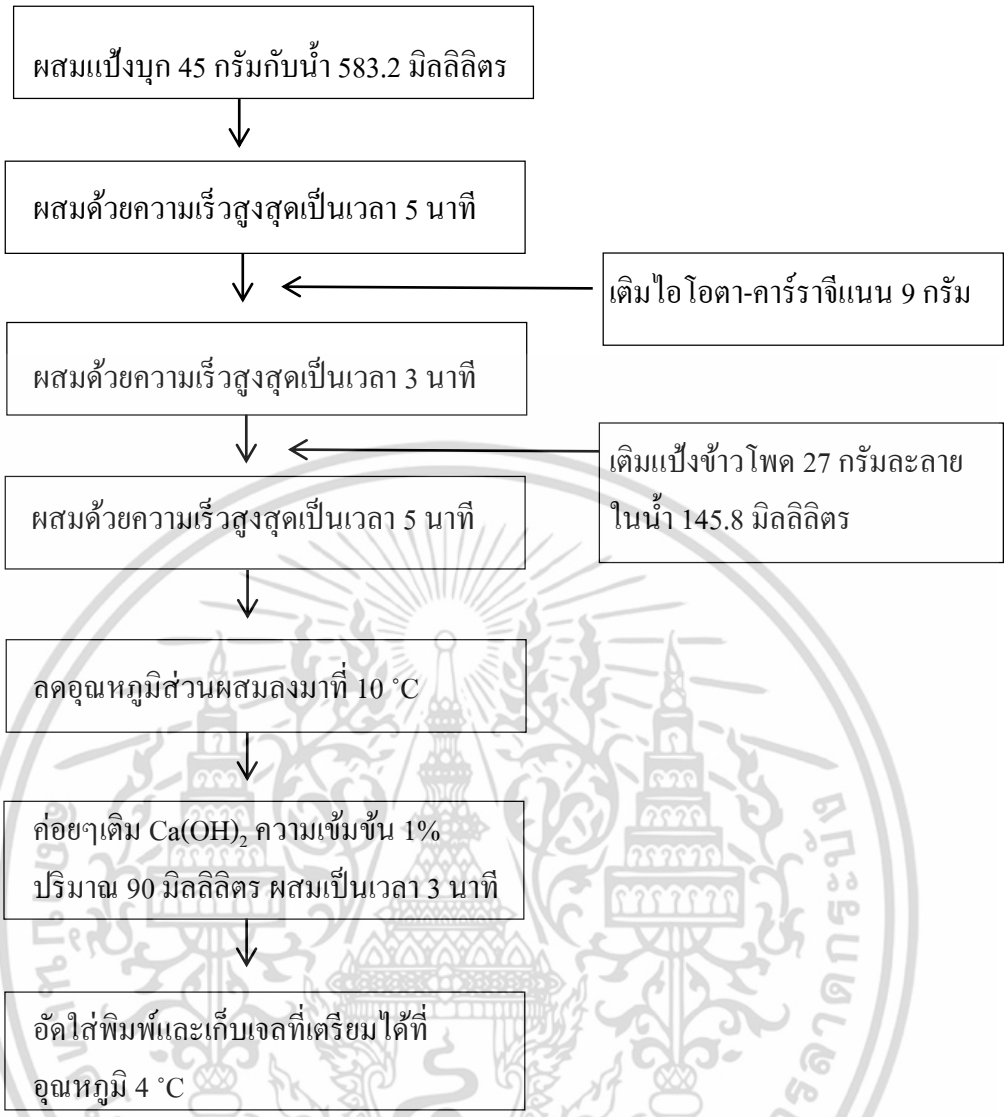
การทดสอบสูตรและส่วนผสมของเจลบุกของผงบุกทั้ง 4 ชนิด จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาส่วนผสมพื้นฐานในการเตรียมเจลบุก (ตารางที่ 3.1) โดยวิธีการทำเจลบุกดัดแปลงและอ้างอิงตามวิธีการของ Jimenez-Colmenero *et al*. (2010) (เตรียมครั้งละ 1000 กรัม) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 และทำการทดลองซ้ำ 3 รุ่นการผลิต

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองเตรียมเจลบุก

ส่วนผสม	ร้อยละ
แป้งบุก	5
ไอโอตา-คาร์ราจีแนน	1
แป้งข้าวโพด	3
1% $Ca(OH)_2$	10
น้ำ	81
รวม	100

ที่มา: Jimenez-Colmenero (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมเจลบุก
ที่มา: ดัดแปลงจากวิธีการของ Jimenez-Colmenero (2012)

2) การวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกเบื้องต้น

- ถ่ายภาพเจล

บันทึกเจลบุกด้วยกล้องบันทึกภาพ (Sony CyberShot DSC-WX30 โหมด Intelligent auto) รวมทั้งสังเกตและบันทึก ลักษณะเจลที่ได้ในประเด็นดังต่อไปนี้ ทึบแสง-โปร่งแสง ขาวใส- ขาวขุ่น แน่นแข็ง-ยืดหยุ่น ไม่หดตัว-หดตัว และ ไม่มีน้ำไหลซึม-มีน้ำไหลซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าพีเอช

ทำการวัดค่า pH ของเจลบุกโดยเครื่องวัด pH (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) ทำการแทงหัวโพบลงในเจลบุก ทำการวัด 3 ซ้ำ

- สี (CIE L*a*b*)

ทำการวัดด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc., Reston, VA, USA) ก่อนวัดตัวอย่างทำการปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐาน และทำการตัดเจลบุกให้มีขนาด 1×1×1 นิ้ว จำนวน 3 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง เพื่อทำการวัดซ้ำ และแสดงผลเป็นค่า L* (Lightness), a* (Redness), b* (Yellowness)

- ค่าแรงเฉือน (shear force)

ทำการประเมินตัวอย่าง โดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) โดยตัดตัวอย่างเจลบุกให้มีขนาด 1×1×3 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 6 ซ้ำ บันทึกผลเป็นหน่วยนิวตัน (N)

- ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

ทำการวัดโดยใช้หัววัดแบบ Compression ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 เซนติเมตร วัดด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ค่าที่ได้ ได้แก่ค่าความเปราะ (fracturability, N) ความแข็ง (hardness, N) ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness, ratio) ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (gumminess, N) ค่าการเคี้ยว (chewiness, N) และความยืดหยุ่น (springiness, ratio) โดยทำการตัดตัวอย่างเจลบุกให้มีขนาด 1×1×1 นิ้ว โหลดเซลล์ที่ใช้ในวัดค่า 500 นิวตัน กำหนดการวัดค่าตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างทดลองจะถูกทำการวัดค่า 6 ครั้ง

3) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบ (9-Point hedonic scale)ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คนประเมินลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และลักษณะความชอบโดยรวมที่พบในเจลบุก

4) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance,ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windowsversion 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

3.3.2.1 การบรรจุเจลบุกและสภาวะในการทดลอง

เจลบุกที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 ที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสว่าให้ลักษณะเจลที่คล้ายไขมันและมีความคงตัวดีที่สุด มาเปรียบเทียบผลของการผ่านกระบวนการแช่เย็นและแช่แข็ง โดยเจลบุกที่เก็บรักษาแบบแช่เย็นจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบที่1 บรรจุเจลบุกในถุงพลาสติก PE และทำการเติมน้ำลงไปเท่าหนึ่งของน้ำหนักเจลบุก และแบบที่2 ทำเช่นเดียวกับวิธีแรกแต่ไม่บรรจุน้ำ ด้านการเก็บเจลบุกที่สภาวะแช่แข็งจะนำเจลบุกบรรจุลงในถุงพลาสติก PE และเก็บที่อุณหภูมิ -19 องศาเซลเซียส แผนการศึกษาดังในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แผนการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกระหว่างแช่เย็นและแช่แข็ง

การทดลองที่	ชุดการทดลอง
1. ผลของการแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส (วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดย Block = 3 lot การผลิต) - แบบที่ 1 : เจลบุก+น้ำ - แบบที่ 2 : เจลบุก	0 วัน 1 วัน 3 วัน 6 วัน 9 วัน 12 วัน 15 วัน
2.ผลของการแช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส (วางแผนการทดลองแบบ RCBD โดย Block = 3 lot การผลิต)	แช่แข็ง-ทำละลาย 1 รอบ แช่แข็ง-ทำละลาย 2 รอบ แช่แข็ง-ทำละลาย 3 รอบ

เปรียบเทียบคุณภาพเจลบุกที่ผ่านการแช่เย็น และแช่แข็ง-ทำละลาย ในด้านเคมี-กายภาพและด้านจุลินทรีย์

3.3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกด้านกายภาพ

(ดังแสดงในการทดลองที่ 3.3.1.3 ข้อ 1)

1) พีเอช

2) สี (CIE L*a*b*)

3) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การสูญเสียน้ำหนักสูญหาย (%weight loss)

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการจะถูกคำนวณเป็นร้อยละ ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยจะเก็บน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างและน้ำหนักสุดท้ายของกระบวนการ ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) จากสูตร

$$\text{ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

5) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (% free extention)

ทำการตัดเจลบุกให้มีขนาด 1× 1×1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น นำเจลบุกวางลงในหลอด Centrifuge tube โดยมีผ้าขาวบางวางอยู่ปากหลอด จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) 4000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 5 นาที ชั่งน้ำหนักสุดท้าย ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาความสามารถในการอุ้มน้ำ (ร้อยละ) จากสูตร

$$\text{ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

6) ปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (% syneresis)

ทำการตัดเจลบุกให้มีขนาด 1× 1×1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น นำเจลบุกบรรจุลงในถุง PE ปิดผนึกด้วยความร้อน นำไปเก็บที่อุณหภูมิ -19 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำมาละลายที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักสุดท้าย ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (ร้อยละ) จากสูตร

$$\text{ค่าปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย})}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

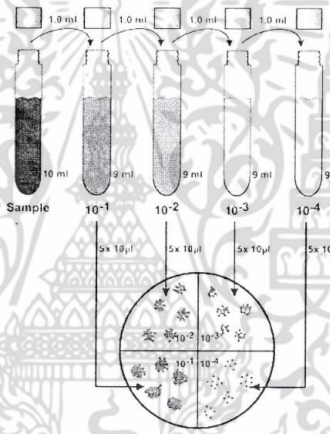
3.3.2.3 การวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกด้านชีวภาพ

1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

การตรวจวัดการปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ของเจลบุก โดยชั่งตัวอย่างเจลบุก 25 กรัม ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างไปผสมด้วยเครื่องตีปั่น (stomacher bag Mixer 400 model VW, France) เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นเจือจางที่ 4 ระดับ โดยปิเปตตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.85 ที่เตรียมไว้ 9 มิลลิลิตรเพื่อการตรวจวิเคราะห์ที่เหมาะสมและแม่นยำ จึงต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการเจือจางให้ลดลงทีละสิบเท่า (ten-fold dilution) หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับการเจือจางจำนวน 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนจารอาหารเลี้ยงเชื้อที่แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังภาพที่ 3.3 แต่ละระดับความเจือจางจะทำการทดสอบบนอาหาร PCA จำนวน 2 จาน เพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาตรเชื้อที่ปนเปื้อน หลังจากนั้นนำจานอาหารไปบ่มในตู้บ่มเชื้อ (WTB Binder model BD, Germany) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) ถ้าต้องการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (Thermophile) ให้นำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน และถ้าต้องการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (Phychrophile) ให้นำจานอาหารไปบ่มที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน หลังจากนั้นนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยเลือกนับจานที่มีโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวน colony-forming unit (cfu) ต่อ 1 มิลลิลิตร หรือ 1 กรัม (Downes and Ito. 2001)



ภาพที่ 3.3 การตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียทั้งหมดด้วยวิธีการ drop plate method
ที่มา : Downes and Ito (2001)

2) ยีสต์และรา

ตรวจวิเคราะห์หายีสต์ และราโดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2005) โดยนำตัวอย่างเจลบุกจำนวน 25 กรัม ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Malt agar ที่เติมกรดแลกติกร้อยละ 80 ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ทำการ pour plate แล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์ และรา รายงานผลจำนวนยีสต์และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance,ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windowsversion 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

3.3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการหมัก

3.3.3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุก

เจลบุกที่เตรียมได้โดยใช้วิธีการที่ได้จากการทดลองที่ 1 จำนวน 3 รุ่นการผลิต จะถูกนำไปส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารที่ย่อยได้ที่บริษัท Betagro Science Center ด้วยเทคนิค AOAC (2012), Inhouse Method ISO 5983-2 (2005), Inhouse Method ISO 6492 และ AOAC (2012) ตามลำดับ และวิเคราะห์ค่าพลังงานทั้งหมดโดยใช้ Bomb calorimeter (LECO รุ่น AC-350, India)

3.3.3.2 ศึกษาการใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน

1) ขั้นตอนการแปรรูปไส้กรอกอีสาน

วัตถุดิบเนื้อสัตว์และส่วนผสมอื่นๆ ที่ใช้ในการทำไส้กรอกอีสานอ้างอิงตามจุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2555) โดยมีส่วนผสมหลักคือ เนื้อสุกรส่วนสะโพกร้อยละ 50 มันสุกรร้อยละ 35 และข้าวสุกร้อยละ 15 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอีสาน มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ โดยนำเนื้อและมันมาบดหยาบ นวดเนื้อกับเกลือไนไตรท์ให้เข้ากันกันแล้วผสมมันหมูกับข้าวสุก นวดให้เข้ากัน เติมเครื่องปรุงอื่นแล้วนวดผสมให้เข้ากันบรรจุส่วนผสมลงในไส้สุกร (ขนาด 25 มิลลิเมตร, บริษัทบี.โอ.ที. จำกัด) มัดเป็นท่อนๆนำมาแขวนผึ่งอากาศให้ไส้กรอกเปรี้ยว ประมาณ 3 วัน จะได้ไส้กรอกเปรี้ยว

2) การใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน

เจลบุกที่คุณภาพด้านกายภาพ เนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสม รวมทั้งเก็บเจลบุกในสภาวะที่เหมาะสม จะถูกนำมาศึกษาการนำไปใช้ทดแทนไขมันในสูตรการผลิตไส้กรอกอีสาน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) เปรียบเทียบการทดลองปริมาณไขมันในสูตรการผลิตไส้กรอกอีสาน ที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไขมันสันหลังสุกร (ร้อยละ100)
- ไขมันสันหลังสุกร (ร้อยละ 75) + เจลบุก (ร้อยละ 25)
- ไขมันสันหลังสุกร (ร้อยละ 50) + เจลบุก (ร้อยละ 50)
- ไขมันสันหลังสุกร (ร้อยละ 25) + เจลบุก (ร้อยละ 75)
- เจลบุก (ร้อยละ 100)

2.1) การวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกระหว่างกระบวนการหมักถึงสิ้นสุดกระบวนการหมัก

ในระหว่างการหมักจะมีการตรวจวัดคุณภาพต่างๆ (การวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกด้านเคมี-กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส) ณ วันที่ 1, 2 และ 3 ของการหมัก โดยจะสิ้นสุดกระบวนการหมักเมื่อไส้กรอกอีสานมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.5-4.6 โดยตรวจติดตามค่าวิเคราะห์ต่างๆ ดังนี้

2.1.1) การวิเคราะห์เคมี-กายภาพคุณภาพของไส้กรอกอีสาน

- การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการจะถูกคำนวณเป็นร้อยละของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยจะเก็บน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างและน้ำหนักสุดท้ายของกระบวนการทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) จากสูตร

$$\text{ค่าการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

- ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity measurement)

วัดตัวอย่างที่ 25 °C ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (Novasina, Switzerland) โดยก่อนการวัดตัวอย่างทำการปรับเครื่องมือให้ตรงกับค่าอ้างอิงของตลับเกลือโดยเรียงความเข้มข้นร้อยละ 97, 90, 75 และ 53 จากนั้นนำตัวอย่างใส่ในตลับสำหรับการวัดตามปริมาตรที่ขีดข้างตลับ ทำ 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

- ปริมาณความชื้น (% moisture content)

วัดตัวอย่างด้วยเครื่องวัดปริมาณความชื้นโดยทำการชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ลงถาดอะลูมิเนียมสำหรับเครื่องวัด เกลี่ยตัวอย่างให้กระจาย เครื่องจะทำการอบตัวอย่างด้วยความร้อนทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารหมดไป ทำ 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

- ค่าพีเอช

ทำการวัดค่า pH ของไส้กรอกอีสานในวันที่ 1, 2 และ 3 ของการหมัก โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ทำการผสมด้วยด้วยเครื่องฮอโมจีไนซ์ (Untra tarrax model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LKA T25 digital, Germany) ร่วมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 วินาที ทำการวัดด้วยเครื่องวัด pH (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) ทำ 3 ซ้ำ

- ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสาน 2 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร นำไปผสมด้วยเครื่องฮอโมจีไนซ์ (Untra tarrax model LKA T25 digital, Germany) จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) 4000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 5 นาที นำไปกรองใส่ขวดลูกชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร โดยใช้ผ้าขาวบางกรอง เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมล จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหา ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) จากสูตร

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาตรไตเตรท} \times \text{ความเข้มข้นNaOH} \times \text{สมมูลย์กรดซิตริก} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)}}$$

- ค่ากรดอะมิโนอิสระ (free amino acid)

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม นำไปผสมร่วมกับ SDS ร้อยละ 1 ด้วยเครื่องฮอโมจีไนซ์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองแยกส่วนใสออกมาด้วยผ้าขาวบาง ทำการเจือจางโปรตีน 40 เท่า โดยทำการปิเปตสารละลายโปตีน 75 ไมโครลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 2,925 มิลลิลิตร เติม 0.225 โมล ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 8.2 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปผสมด้วยเครื่องผสมสารละลาย จากนั้นเติม 1 มิลลิลิตรของสารละลายร้อยละ 1 TNBS (2,4,6-Trinitrobenzenesulfonic acid) ต้มที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที เติม 2 มิลลิลิตรของ 0.1 โมลโซเดียมซัลไฟล์เพื่อหยุดปฏิกิริยา นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง 420 นาโนเมตร โดยมีสารละลาย 2.5 mM ของ L-leusine เป็นสารละลายมาตรฐานเทียบ (0.25 ถึง 1.50 mM) (Adler-Nissen, 1979)

-ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (TCA-Soluble peptide)

ชั่งตัวอย่าง 1.5 กรัม (ทราบน้ำหนักที่แน่นอน) เติมสารละลายกรดร้อยละ 5 ของ TCA (Trichloroacetic acid) ปริมาตร 13.5 มิลลิลิตร นำไปผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์ 30 วินาที 2 รอบ ในสภาพตัวอย่างที่เย็น เก็บตัวอย่างในน้ำแข็งเป็นเวลา 30 นาที หมุนเหวี่ยงที่ 4000 rpm เป็นเวลา 5 นาทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อแยกส่วนใสและส่วนตะกอนออกจากกัน นำส่วนใสมาวิเคราะห์ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดด้วยเทคนิค Lowry คำนวณความเข้มข้นไทโรซีนในตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายไทโรซีน (0.1 ถึง 1.0 mM) รายงานค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (TCA-Soluble peptide) ในหน่วย ไมโครโมลไทโรซีนต่อกรัมของตัวอย่าง (µmol Tyrosin/g sample)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตรวจวิเคราะห์รูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE

ทำการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าตามความแตกต่างของมวลโมเลกุลด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซีส (SDS-PAGE) ตามวิธีการของ Laemmli (1970) โดยใช้ความเข้มข้นของเจลอะคริลาไมด์สำหรับการแยก (running gel) ร้อยละ10 และความเข้มข้นของเจลสำหรับการทำให้โปรตีนเข้มข้น (stacking gel) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 จากนั้นนำสารละลายโปรตีนที่ผสม SDS ความเข้มข้นร้อยละ 5 ไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Lowry (Lowry *et al*. 1951) ทำการโหลดโปรตีนลงเจลที่ปริมาตร 15ไมโครกรัมต่อเลน ทำการแยกโปรตีนด้วยเครื่อง Electrophoresis (AE-6530 mPEG, ATTO, Japan) หลังจากแยกเสร็จนำเจลมาย้อมสีด้วย coomassie brilliant blue R-250 ที่ประกอบด้วยสารละลายผสมของเอทานอลร้อยละ 45 และกรดอะซิติกร้อยละ 10 แช่ทิ้งไว้ข้ามคืนด้วยเครื่อง Incubator shaker (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA) แล้วล้างสีย้อมด้วยตัวทำละลายผสม เอทานอลร้อยละ 30 และกรดอะซิตริกร้อยละ 10

-ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% free fatty acid)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสาน 10 กรัมผสมกับคลอโรฟอร์ม (Choloroform) 25 มิลลิลิตร ทำการปั่นผสมด้วยเครื่องฮอโมจีไนซ์ (Untra tarrax model LKA T25 digital, Germany) เป็นเวลา 30 วินาที เติมโซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate) 0.5 กรัม ทำการผสมด้วยเครื่องผสมสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Incubator shaker (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) 4000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 5 นาที ทำการกรองด้วยผ้าขาวบางสารละลายที่ได้ (free fatty acids)จะถูกนำมาไตเตรทกับ 0.1 โมล ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์ ปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (Egan and Sawyer, 1981) คำนวณปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ตามสูตร

$$\text{ปริมาณกรดไขมันอิสระ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณที่ไตเตรท} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH(โมล)} \times 28.2}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

-ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสารประมาณ 5 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่หลอดสำหรับหมุนเหวี่ยง (Centrifuge tube) 50 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที เติม 30 มิลลิลิตรของสารผสมกรดแอซิติกกับคลอโรฟอร์มในสัดส่วน 3:2 เขย่า 5 นาที ด้วยเครื่องอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA) นำไปแยกตะกอนออกจากส่วนใสด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4000 rpm เป็นเวลา 5 นาที กรองเก็บส่วนใสด้วยผ้าขาวบาง เติม 500 ไมโครลิตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว (KI) เก็บในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิตรก่อนนำไปไตรเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thisosulfate) 0.01 โมล โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ (AOAC ,1999) ทำ 3 ซ้ำ คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ) ตามสูตร

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาตรไตรเตรท} \times \text{ความเข้มข้นของ } Na_2S_2O_3 \text{ (โมล)}}{\text{ตัวอย่าง (กรัม)}} \times 1000$$

- ค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs)

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีของ Buege and Aust (1987) โดยการชั่งตัวอย่างจำนวน 2 กรัม ใส่ในหลอด centrifugal tube 50 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นใส่สารละลาย TBA ปริมาณ 10 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นให้ความร้อนในน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน และนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 5500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไปทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็นสารละลายมาตรฐาน (Blank) จากนั้นคำนวณค่าความเข้มข้นของ TBARs ที่ได้โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane และคำนวณค่า TBARs ที่แสดงในหน่วยมิลลิกรัมของ MDA ต่อกิโลกรัมของตัวอย่าง

2.1.2) การวิเคราะห์ชีวภาพของไส้กรอกอีสาน

- แบคทีเรียกรดแลคติก

ตรวจวิเคราะห์หาแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria, LAB) โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2006) โดยชั่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน 25 ± 0.01 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 1 มิลลิลิตร และถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร MRS agar ที่เติมร้อยละ 0.5 ของแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) ปริมาตร15-20 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการ drop plate ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ โดยนับจำนวนโคโลนีที่มีบริเวณใส (clear zone) รอบๆโคโลนี รายงานผลจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเฉพาะจานที่มีจำนวนเชื้อระหว่าง 30-300 โคโลนี นำเสนอในรูป log cfu/g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยีสต์และรา

ตรวจวิเคราะห์หายีสต์ และราโดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2005) โดยนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานแทดแทนไขมันด้วยเจลบุก จำนวน 25 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร malt agar ที่เติมกรดแลกติกร้อยละ 80 ปริมาตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ โดยใช้เทคนิค pour plate แล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์ และรา รายงานผลจำนวนยีสต์ และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

- *Salmonella* spp.

วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (1995) โดยสุ่มตัวอย่างไส้กรอกอีสานน้ำหนัก 25 กรัม ละลายในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:10000, 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร xylose lysine deoxycholate (XLD) agar สำหรับวิเคราะห์เชื้อ *Salmonella* spp. ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อ spread ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับโคโลนีเชื้อ *Salmonella* spp. บนจานเพาะเชื้อรายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

- *S. aureus*

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus* โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก BAM (2001) โดยนำตัวอย่างไส้กรอกอีสานจำนวน 25 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร baird Parker ที่เติม potassium tellurite ร้อยละ1 และไข่แดง ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้นเกลี่ย (spread) ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนเชื้อ *S.aureus* รายงานผลจำนวนเชื้อ *S.aureus* เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g การทดสอบการสร้างเอนไซม์ของ *S. aureus* โดย subculture เชื้อลงใน brain heart infusion broth (BHI broth) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว หลอดละ 0.30 มิลลิลิตร เขี่ยโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *S. aureus* เพาะเชื้อในหลอดที่มี BHI broth และหลอดอาหาร TSA slant (สำหรับการทดสอบซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ดูด coagulase plasma ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร ลงในหลอดเพาะเชื้อที่มี BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง อ่านผลโดยดูการแข็งตัวของ plasma อันเนื่องมาจากเอนไซม์ coagulase (coagulase positive) ที่เชื้อ *S. aureus* สร้างขึ้น ซึ่งอาจจะมีลักษณะต่าง ๆ กัน สำหรับเชื้อที่ให้ coagulase ไม่เท่ากัน

-Coliform และ *E. coli*

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *E. coli* เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานก่อนการทำให้สุกตามวิธีการของ AOAC (2006) โดยนำตัวอย่างไส้กรอกอีสาน 25 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างโดยการปิเปตสารละลายตัวอย่าง 3 มิลลิลิตร ลงในอาหาร LMX broth 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจาง 3 ระดับ (1:100, 1:1000 และ 1:10000 เป็นต้น) จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการณ์เปลี่ยนสีของอาหารซึ่งอาหาร LMX broth จากสีเหลืองกลายเป็นสีฟ้า ตรวจนับ coliform จากนั้นนำไปส่อง UV ดูการเรืองแสง และนำหลอดที่เรืองแสงมา streak plate ลงอาหาร EMB agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่มีสีดำเลื่อมเงาสีเขียว ทดสอบ *E. coli* ต่อโดยวิธีทางชีวเคมี ดังแสดงในตารางที่ 3.3

1) การทดสอบ indole โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร plate count agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ tryptophan broth แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นเติมสารละลาย Kovac จำนวน 0.20-0.30 มิลลิลิตร ถ้าให้ผลบวกจะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของ tryptophan broth

2) การทดสอบ methyl red และ acetoin (MR-VP) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหารใน plate count agar slant ลงในอาหรเลี้ยงเชื้อ MR-VP บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วแบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

2.1) สำหรับ MR ให้เติมสารละลาย methyl red 5 หยด ลงในสารละลายเชื้อโดยผลบวกจะเกิดสีแดงผลลบจะให้สีเหลือง

2.2) สำหรับ VP ให้ถ่ายเชื้อประมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองแล้วเติม 0.60 มิลลิลิตรร้อยละ5ของ α-napthol ลงในสารละลายแอลกอฮอล์ และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 ลงไป ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ผลบวกจะให้สีชมพูแดง

3) การทดสอบ Citrate ทำการถ่ายเชื้อใส่อาหาร simmon’s citrate agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานการเจริญเป็นผลบวก ไม่เจริญผลเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ย้อมสีแกรม นำเชื้อจาก PCA slant ที่มีอายุ 18 ชั่วโมง coliform จะติดสีแดงแกรมลบ การจัดจำแนก ที่ได้จากการทดสอบ biochemical test

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงผลทางชีวเคมีของเชื้อ *E. coli*

Indole	MR	VP	Citrate	Type
+	+	-	-	Typical *E.coli*
-	+	-	-	Atypical *E.coli*
+	+	-	+	Typical Intermediate
-	+	-	+	Atypical Intermediate
-	-	+	+	Typical Enterobacteraerogenes
+	-	+	+	Atypical Enterobacteraerogenes

ที่มา : AOAC. (2006)

2.2) การวิเคราะห์ด้านกายภาพคุณภาพของไส้กรอกอีสานหลังสิ้นสุดกระบวนการหมัก

2.2.1) สี (CIE L*a*b*)

ทำการวัดด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ 4000L (Hunter Lab Inc., Reston, VA, USA) ก่อนวัดตัวอย่างทำการปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐาน และทำการตัดไส้กรอกอีสานซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ให้มีขนาดสูง 1 นิ้ว จำนวน 3 ชิ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง เพื่อทำการวัดซ้ำ และแสดงผลเป็นค่า L* (Lightness), a* (Redness), b* (Yellowness)

2.2.2) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

ทำการประเมินตัวอย่างโดยใช้หัววัดแบบ Compression ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 เซนติเมตร วัดด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ได้แก่ค่าความแข็ง (hardness, N) ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness, ratio) ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (gumminess, N) ค่าการเคี้ยว (chewiness, N) และความยืดหยุ่น (springiness, ratio) โดยทำการตัดตัวอย่างไส้กรอกอีสานซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว ให้มีขนาดสูง 1 นิ้ว โหลดเซลล์ที่ใช้ในวัดค่า 500 นิวตัน กำหนดการวัดค่าตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างทดลองจะถูกทำการวัดค่า 6 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ศึกษาการยอมรับของผลิตภัณฑ์หลังสิ้นสุดกระบวนการหมักด้วยการประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 12 คน

2.3) องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition)ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

ไส้กรอกอีสานสูตรไขมันปกติและสูตรทดแทนไขมันบางส่วนด้วยเจลบุกที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดจากการทดลองที่ 2) การใช้เจลบุกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน จะถูกนำไปส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารที่ย่อยได้ที่บริษัท Betagro Science Center ด้วยเทคนิค AOAC (2012), Inhouse Method ISO 5983-2 (2005), Inhouse Method ISO 6492 และ AOAC (2012) ตามลำดับ และวิเคราะห์ค่าพลังงานทั้งหมดโดยใช้ Bomb calorimeter (LECO รุ่น AC-350, India)

3) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของทั้งสองกลุ่มการทดลองโดยจัดการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance,ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windowsversion 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

3.3.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ

3.3.4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

สูตรไส้กรอกอีสานสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่ผู้บริโภคทดสอบและมีคุณภาพโดยรวมมากที่สุดจากการทดลองที่ 3 จะถูกนำมาศึกษาถึงอายุการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×5 Factorial in RCBD (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) เปรียบเทียบ 10 ชุดการทดลองดังนี้

ปัจจัยที่ 1 : สูตรทดแทนไขมัน ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

-สูตรควบคุม โดยใช้ไขมันสันหลังสุกร

-สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ (เจลบุกผลิตใหม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่า (เก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นแบบแช่น้ำ 12 วัน)

ปัจจัยที่ 2 : อายุการเก็บรักษา ที่แตกต่างกัน 5 ระดับ โดยศึกษาอายุการเก็บรักษา (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์)

1) การวิเคราะห์คุณภาพเคมี-กายภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

(ดังแสดงในการทดลองที่ 3.2.3.2 ข้อ 2.2.1)

- การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)
- ปริมาณความชื้น (% moisture content)
- ค่าพีเอช
- ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity)
- สี (CIE L*a*b*)
- ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (texture Profile Analysis)
- ค่ากรดอะมิโนอิสระ (free amino acid)
- ค่าเปปไทด์ที่ละลายในกรด (TCA-Soluble peptide)
- ตรวจวิเคราะห์รูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE
- ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% free fatty acid)
- ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value)
- Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs)

2) การวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกด้านชีวภาพ

(ดังแสดงในการทดลองที่ 3.3.3.2 ข้อ 2.1.2)

- จำนวนแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria, LAB)
- ยีสต์และรา
- *Salmonella* spp.
- *S. aureus*
- *E. coli*

3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทำการให้คะแนนความชอบกับผลิตภัณฑ์ ณ สัปดาห์ที่ 0 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษา โดยใช้ 9-Point hedonic scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของทั้งสองกลุ่มการทดลองโดยจัดการทดลองแบบ 3×5 Factorail in RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance,ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windowsversion 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาผลของชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog)

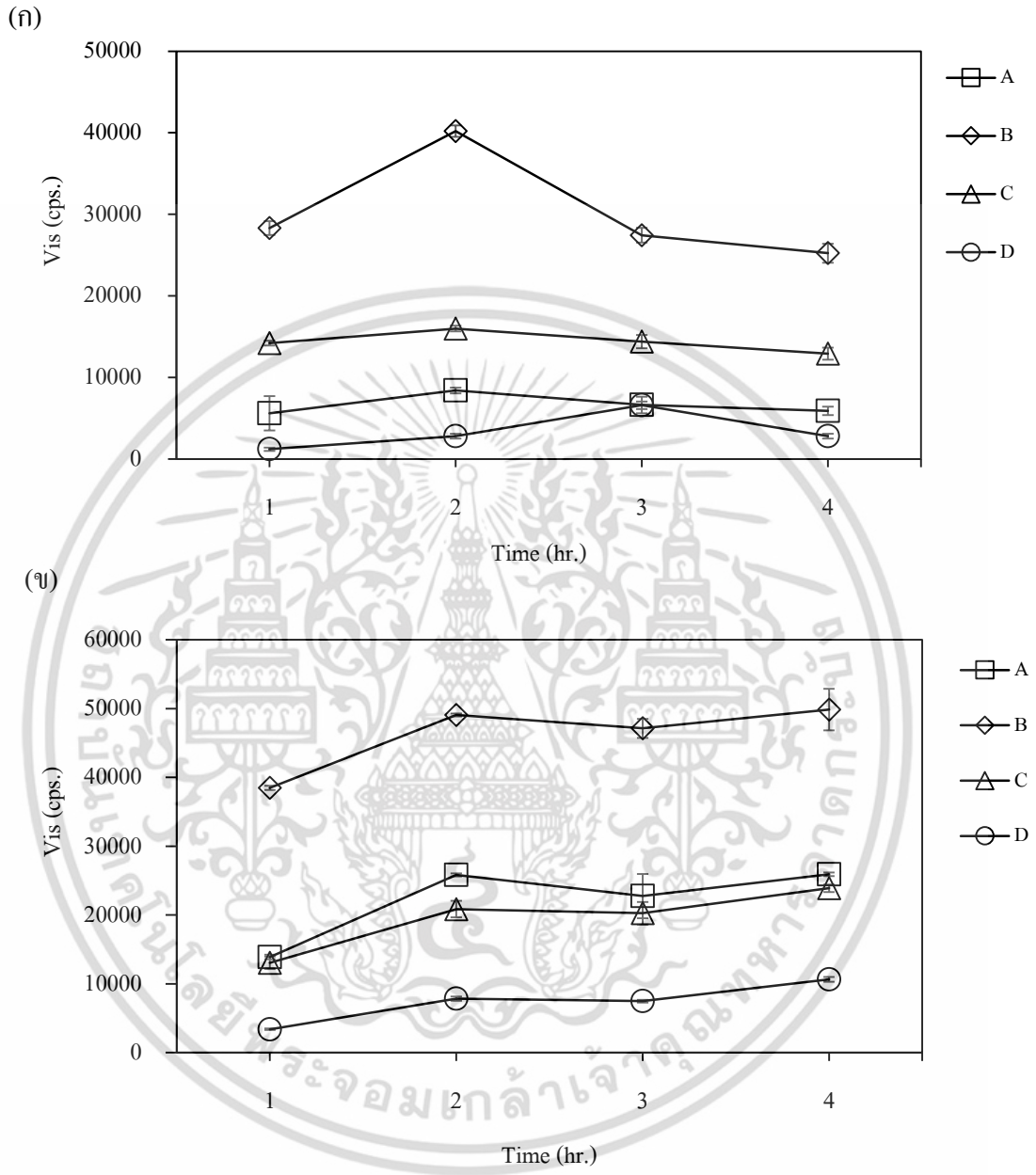
4.1.1 คุณสมบัติทางด้านความหนืดของสารละลายผงบุก

จากการนำตัวอย่างผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยมาเปรียบเทียบคุณสมบัติเบื้องต้นด้านความหนืดเพื่อศึกษา ณ ช่วงเวลาที่สารละลายบุกมีการพองตัวหรืออุ้มน้ำได้ดีที่สุดซึ่งจะนำไปใช้ในการทดสอบสูตรและส่วนผสมในการทำเตรียมเจลบุกต่อไป โดยพบว่าในช่วง 2 ชั่วโมงแรกผงบุกเมื่อใช้น้ำอุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ในการผสม (แสดงในภาพที่ 4.1ก) ตัวอย่าง B มีความหนืดสูงที่สุด ณ ทุกช่วงเวลา ซึ่งตามด้วยตัวอย่าง C, A และ D ตามลำดับ ($P<0.05$) ผงบุก A มีความหนืดที่คงตัวเมื่อทิ้งสารละลายบุกหลังผสมเป็นเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ผงบุก B และ C มีค่าความหนืดสูงสุดเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องหลังผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นค่าความหนืดจะลดลง ผงบุก D มีค่าความหนืดสูงสุด ณ เวลาที่ 3 ชั่วโมงหลังผสม Glicksman (1969) กล่าวว่าการใช้อุณหภูมิ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าสารละลายแป้งบุกยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความหนืดอยู่แสดงให้เห็นว่าแป้งบุกยังพองตัวไม่เต็มที่ ทั้งนี้การพองตัวของแป้งบุกขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตแป้งบุกทางการค้าที่แตกต่างกันในการสกัดความบริสุทธิ์และน้ำหนักโมเลกุลของกลูโคแมนแนนในแป้งบุก ซึ่งผงบุก A, B, C และ D มีปริมาณกลูโคแมนแนนประมาณร้อยละ 70, 85, 81 และ 78 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าผงบุก A, B และ C มีความหนืดสูงสุดอยู่ที่ 8333, 40533, 15933 (cps.) ที่ 2 ชั่วโมงหลังการผสมตามลำดับ ส่วนผงบุก D มีความหนืดสูงสุด (cps.) ที่ 3 ชั่วโมงหลังการผสม

ผงบุกเมื่อใช้อุณหภูมิน้ำ 95 องศาเซลเซียสในการทำละลาย (แสดงในภาพที่ 4.1ข) พบว่าที่เวลา 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมงหลังทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง B มีความหนืดสูงสุด ตามมาด้วยผงบุกชนิด C, Aและ D ตามลำดับ ($P<0.05$) ผงบุก A, B และ C มีความหนืดสูงสุด ณ เวลาที่ 2 ชั่วโมงหลังการผสม จากนั้นความหนืดจะคงที่ ผงบุก D เมื่อใช้อุณหภูมิน้ำ 95 องศาเซลเซียสในการละลายผงบุก จะมีความหนืดสูงสุดเมื่อ ณ เวลาที่ 3 ชั่วโมง และเมื่อเทียบความหนืดของผงบุกชนิดเดียวกัน แต่อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการละลายผงบุกต่างกัน ปรากฏว่าผงบุกที่ละลายด้วยน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสมีค่าความหนืดมากกว่าการใช้อุณหภูมิน้ำ 25 องศาเซลเซียส Schoch (1964) พบว่าแป้งบุกมีความสามารถในการพองตัวได้มากถึงถึง 70 เท่าที่อุณหภูมิห้อง (30 องซาเซลเซียส) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้แป้งบุกสามาสามารถพองตัวได้มากขึ้นส่งผลทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น Case and Hamann (1994) ทำการทดสอบคุณสมบัติการแตกหัก (degradation) ของแป้งบุกความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 2 ทำการกวนผสมที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบว่าความเค้นของแป้งบุกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

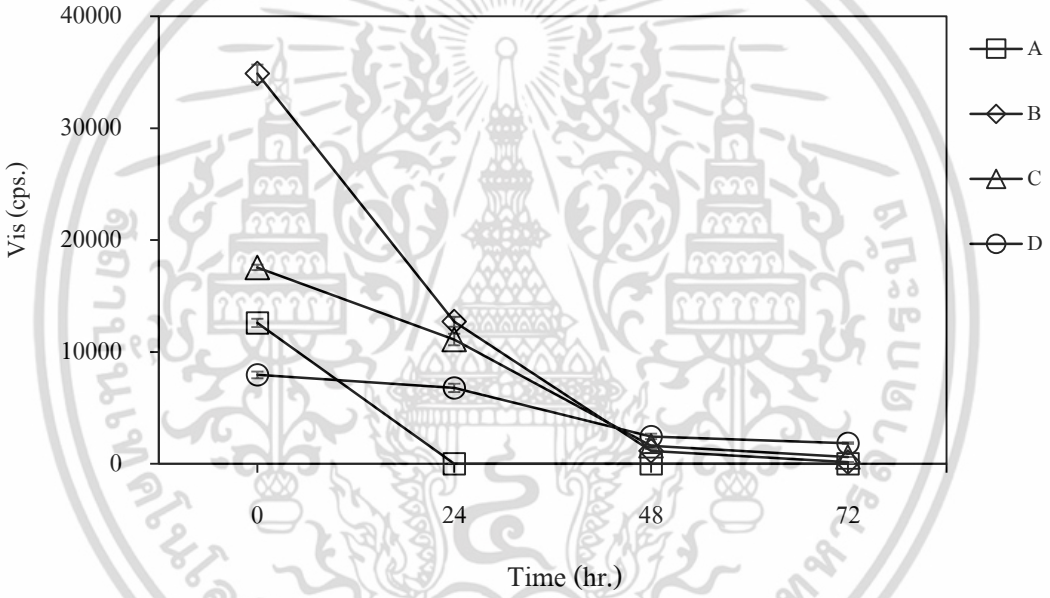


ภาพที่ 4.1 ความหนืดของผงบุก 4 ชนิดละลายน้ำ ณ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส (ก) และ ณ อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 คุณสมบัติทางด้านความคงตัวของสารละลายบุก

การทดสอบความคงตัวทำโดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบความหนืดของสารละลายบุก โดยใช้น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเท่านั้น จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นสารละลายบุกจะมีความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังภาพที่ 4.2 ซึ่งพบว่าผงบุก D มีค่าความคงตัวดีที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 72 ชั่วโมง โดยมีค่าความหนืดอยู่ที่ 1850 cps. ตามด้วย ผงบุก C, B และ A (600, 150, 0 cps.) ตามลำดับ Glicksman (1969) กล่าวว่าความหนืดของสารละลายแป้งบุกมีแนวโน้มลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการใช้ความร้อนเป็นระยะเวลานานทำให้เกิดการแตกหัก (degradation) โมเลกุลภายในของแป้งบุก ซึ่งผงบุก D มีคุณสมบัติทางด้านความคงตัวดีที่สุด



ภาพที่ 4.2 ความคงตัวของผงบุก 4 ชนิดที่เวลา 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

4.1.3 ชนิดของเจลบุกต่อคุณภาพของเจลบุก

จากการเตรียมเจลบุก โดยใช้ผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) เตรียมเจลตามวิธีการของ Jimenez-Colmenero (2012) จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกเบื้องต้นได้ผลทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.1 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกเบื้องต้น

1) ลักษณะเจลบุกที่เตรียมได้

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายเจลบุก เจลบุก A (ก.) เจลบุก B (ข.) เจลบุก C (ค.) และ D (ง.)

เจลบุกทั้ง 4 ชนิด เมื่อผ่านการทดสอบสูตรและส่วนผสมในอัตราส่วนที่เท่ากันจะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยลักษณะทึบแสง-โปร่งแสง พบว่า A มีความทึบแสงมากกว่าเจลบุกชนิดอื่นๆ รองลงมาคือ C, D และ B ตามลำดับ ทางด้านลักษณะเจลบุกที่มีความขาวใส- ขาวขุ่น โดยเจลบุกที่มีความขาวใสที่สุดคือ B , D, C และ A ลักษณะแน่นแข็ง-ยืดหยุ่นซึ่ง B และ C มีความแน่นแข็งมากที่สุด ส่วน A และ D มีลักษณะยืดหยุ่นที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะไม่หดตัว-หดตัวเมื่อใช้แรงกดของมือที่น้ำหนักใกล้เคียงกันลงบนเจลบุก และสังเกตการณ์คืนตัวพบว่า เจลบุกทั้ง 4 ชนิดมีการคืนตัวและน้ำซึมออกจากเจลที่ใกล้เคียงกัน แต่เจลบุก D มีปริมาณน้ำไหลซึมออกจากเจลน้อยที่สุดเมื่อสังเกตจากแผ่นกระดาษที่รองเจลบุก

2) ค่าพีเอชและสี

ค่าพีเอช แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าเจลบุก B มีค่าพีเอชมากที่สุด ตามด้วยเจลบุก D , C และ A ตามลำดับ ($P<0.05$) ด้านคุณภาพของค่าสีเจลบุก (ตารางที่ 4.1) พบว่าค่าความสว่าง (L*) ของเจลบุกกลุ่ม A และ D แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สว่างน้อยกว่าเจลบุกกลุ่ม B และ C ($P<0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a*) พบว่าเจลบุกทั้ง 4 ชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเจลบุก A มีค่าสีแดงมากที่สุดตามมาด้วย C, B และ D ตามลำดับ ค่าสีเหลือง (b*) เจลบุก A มีค่ามากที่สุด โดย C, D และ B มีค่าสีเหลืองต่ำกว่าตามลำดับ ซึ่งเจลบุก C และ D ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กระบวนการผลิตแป้งบุกจะทำการแยกส่วนที่ไม่ต้องการออกจากหัวบุกแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงานผลิตซึ่งในส่วนนี้จะทำให้แป้งบุกมีลักษณะปรากฏที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อลักษณะเจลบุกด้วย (McClements. 1999)

ตารางที่ 4.1 วิเคราะห์คุณภาพเจลบุก A, B, C และ D (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	A	B	C	D
ค่าพีเอช	$8.59 \pm 0.11^{c,\dagger}$	10.37 ± 0.21^{a}	8.81 ± 0.06^{c}	9.03 ± 0.06^{b}
ค่าสี				
- ค่าความสว่าง (L*)	37.55 ± 1.94^{b}	43.18 ± 0.27^{a}	41.65 ± 1.25^{a}	37.36 ± 1.07^{b}
- ค่าสีแดง (a*)	0.94 ± 0.04^{a}	-1.56 ± 0.12^{c}	-1.36 ± 0.09^{b}	-2.14 ± 0.09^{d}
- ค่าสีเหลือง (b*)	6.66 ± 0.84^{a}	-3.16 ± 0.12^{c}	-1.61 ± 0.28^{b}	-1.93 ± 0.58^{b}
ค่าแรงเฉือน (N)	9.33 ± 2.76^{b}	13.02 ± 1.78^{a}	9.09 ± 1.47^{b}	6.40 ± 0.81^{c}
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม				
- ค่าความแข็ง (N)	15.52 ± 2.41^{a}	18.45 ± 4.32^{a}	15.25 ± 2.52^{a}	8.25 ± 0.86^{b}
- ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0.67 ± 0.02^{a}	0.64 ± 0.03^{b}	0.65 ± 0.03^{a}	0.61 ± 0.04^{b}
- ค่าความเหนียว (N)	10.32 ± 1.35^{a}	11.74 ± 2.32^{a}	9.90 ± 1.27^{a}	5.02 ± 0.35^{b}
- ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.91 ± 0.03^{b}	0.86 ± 0.02^{a}	0.90 ± 0.02^{b}	0.91 ± 0.03^{b}
- ค่าการเคี้ยว (N)	9.39 ± 1.25^{a}	10.08 ± 1.92^{a}	8.88 ± 1.03^{a}	4.56 ± 0.35^{b}
คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
- สี	3.7 ± 1.4^{b}	7.6 ± 0.5^{a}	5.8 ± 0.8^{a}	7.0 ± 0.7^{a}
- กลิ่นรส	7.6 ± 0.5^{a}	5.0 ± 0.7^{b}	6.2 ± 0.8^{b}	7.4 ± 0.9^{a}
- เนื้อสัมผัส	7.6 ± 0.5^{a}	6.0 ± 0.7^{b}	7.2 ± 0.8^{a}	7.4 ± 0.5^{a}
- ความยืดหยุ่น	7.6 ± 0.5^{a}	4.8 ± 0.8^{b}	6.2 ± 0.8^{b}	7.8 ± 0.4^{a}
- ความชอบโดยรวม	4.8 ± 0.8^{b}	6.6 ± 0.5^{a}	6.8 ± 0.8^{a}	7.4 ± 0.5^{a}

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ค่าแรงเฉือน

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของเจลบุกกทั้ง 4 ชนิด แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าเจลบุก D มีค่าแรงเฉือนที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับเจลบุกทั้งหมด ($P<0.05$) โดยเจลบุก B มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด รองลงมาคือเจลบุก A และ C ซึ่ง A และ C แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยทางสถิติระหว่างเจลบุกทั้งสองชนิดนี้ ($P>0.05$) ซึ่งค่าแรงเฉือนจะมีความสัมพันธ์กับความหนืดของแป้งบุกที่นำมาเตรียมเป็นเจลบุก โดยแป้งบุกที่มีความหนืดต่ำจะมีค่าแรงเฉือนที่ต่ำซึ่งการวัดทำได้โดยการวัดแรงต้านภายใน เมื่อมีแรงมากระทำขนานกับพื้นผิว แรงต้านนั้นจะเรียกว่าแรงเฉือน ดังนั้นเมื่อมีแรงมากระทำของไหลที่มีความหนืดสูง จะมีค่าต้านทานต่อการไหลสูง ของไหลที่มีความหนืดต่ำ จะมีค่าความต้านทานต่อการไหลต่ำ (Parinda Penroj. 2005)

4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม

ลักษณะสัมผัสโดยรวมของเจลบุกทั้ง 4 ชนิด (ตารางที่ 4.1) พบว่าเจลบุกชนิด A, B และ C มีค่าความแข็งที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยเจลบุก D มีค่าความแข็งที่ต่ำที่สุดในกลุ่ม ($P<0.05$) ทางด้านค่าการเกาะตัวกัน เจลบุก A และ C มีค่ามากที่สุด ($P<0.05$) ค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยวเจลบุก A , B และ C มีค่ามากกว่าเจลบุก D ($P<0.05$) ทางด้านค่าความยืดหยุ่น เจลบุก B มีค่ามากที่สุดในกลุ่ม ($P<0.05$) โดย A, C และ D ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งผลคล้ายคลึงกับลักษณะปรากฏที่พบว่าเมื่อใช้แรงกดลงบนเจลบุก B และ C มีลักษณะแน่นแข็งมากและยืดหยุ่นมากที่สุด เจลบุก D มีลักษณะแน่นแข็งน้อยที่สุด

4.1.3.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนความชอบ (9-Point hedonic scale) ทางด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน ดังตารางที่ 4.1 ผลประเมินทางด้านสีผู้ทดสอบให้คะแนนเจลบุก B, C และ D มากที่สุด ซึ่งค่าคะแนนระหว่างกลุ่มดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทางด้านกลิ่นรสและด้านความยืดหยุ่น คะแนนเจลบุกกลุ่ม A และ D มีคะแนนสูงกว่ากลุ่ม B และ C ($P<0.05$) เนื้อสัมผัสของเจลบุกปรากฏว่า เจลบุก A, C และ D ผู้ทดสอบให้คะแนนสูงที่กว่าเจลบุก B ($P<0.05$) โดยรวมแล้วผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเจลบุกในกลุ่ม B, C และ D มากที่สุด ($P>0.05$) ดังนั้นจึงเลือกเจลบุก D ซึ่งเหมาะสมในการนำไปศึกษาต่อเนื่องจากมีค่าความคงตัวดีที่สุดและมีลักษณะปรากฏที่คล้ายกับไขมันสันหลังสุกร (สี ความนุ่ม ความยืดหยุ่น) อีกทั้งผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวมมีคะแนนมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

4.2.1 ผลของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น

เจลบุก D นำมาทดสอบการเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่เย็นโดยเก็บแบบแห้งและแบบแช่น้ำ

4.2.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเจลบุกที่สภาวะแช่เย็น

1) น้ำหนักที่สูญหาย ความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลซึม

จากการศึกษาน้ำหนักที่สูญหายระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วัน ของเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า ณ วันที่ 1, 3, 6, 12 และ 15 ของการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งและการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งค่าการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ ($P<0.05$) ทางด้านการเก็บเจลลักษณะแช่น้ำมีการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากเจลบุกมีการดูดซึมน้ำเข้าไปและพองตัวเต็มที่จึงทำให้น้ำหนักสูญหายไม่แตกต่างตลอดระยะเวลา 15 วัน เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเก็บเจลแบบแช่น้ำ ($P<0.05$) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลแบบแช่เย็น (แสดงในตารางที่ 4.3) พบว่าเจลมีปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจลมากขึ้น กล่าวคือมีความสามารถในการอุ้มน้ำในรูปแบบ %free extudate ที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 2 กลุ่มและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ($P>0.05$) ซึ่ง%free extudate เป็นการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลโดยวัดปริมาณของของเหลวที่ไหลซึมออกจากเจลและเจลบุกที่ผ่านการแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วันมีปริมาณน้ำไหลซึมจากในรูปแบบ % syneresis เจลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในระหว่างกลุ่มและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (แสดงในตารางที่ 4.4) โดย % syneresis เป็นการวัดปริมาณน้ำไหลซึมออกจากเจลเมื่อผ่านการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การสูญเสียน้ำหนัก (%weight loss) ของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
1	$0.39 \pm 0.13^{a,F}$	$-7.05 \pm 0.32^{b,A}$
2	$2.63 \pm 0.11^{a,E}$	$-14.25 \pm 0.98^{b,A}$
3	$4.70 \pm 0.12^{a,D}$	$-7.81 \pm 0.31^{b,A}$
6	$4.78 \pm 0.01^{a,D}$	$-18.93 \pm 0.98^{b,A}$
9	$6.52 \pm 1.32^{a,C}$	$-6.62 \pm 0.81^{b,A}$
12	$8.56 \pm 0.76^{a,B}$	$-4.54 \pm 0.48^{b,A}$
15	$13.97 \pm 0.63^{a,A}$	$-17.44 \pm 0.92^{b,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (% free exudate) ของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
0	$2.48 \pm 1.83^{a,B\dagger,\ddagger}$	$2.74 \pm 0.45^{a,E}$
1	$3.54 \pm 0.94^{a,AB}$	$3.87 \pm 0.53^{a,DE}$
2	$3.65 \pm 0.15^{a,AB}$	$4.04 \pm 0.21^{a,CD}$
3	$3.88 \pm 0.40^{a,AB}$	$4.18 \pm 1.26^{a,BCD}$
6	$4.45 \pm 0.58^{a,A}$	$4.70 \pm 0.87^{a,ABCD}$
9	$4.54 \pm 0.47^{a,A}$	$5.30 \pm 0.79^{a,ABC}$
12	$4.63 \pm 0.38^{a,A}$	$5.41 \pm 0.42^{a,AB}$
15	$4.70 \pm 0.53^{a,A}$	$5.52 \pm 0.39^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำไหลซึม (% syneresis) ของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
0	$2.61 \pm 1.92^{a,A}$	$2.66 \pm 0.43^{a,A}$
1	$2.97 \pm 0.57^{a,A}$	$2.73 \pm 0.25^{a,A}$
2	$3.37 \pm 2.04^{a,A}$	$3.00 \pm 0.29^{a,A}$
3	$3.78 \pm 0.45^{a,A}$	$3.07 \pm 0.87^{a,A}$
6	$4.15 \pm 0.80^{a,A}$	$3.26 \pm 1.10^{a,A}$
9	$4.72 \pm 3.25^{a,A}$	$3.87 \pm 1.49^{a,A}$
12	$5.68 \pm 2.25^{a,A}$	$4.00 \pm 0.48^{a,A}$
15	$6.41 \pm 3.09^{a,A}$	$4.34 \pm 1.16^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2) ค่าพีเอช

จากการศึกษาการเก็บรักษาเจลบุกเป็นระยะเวลา 15 วันที่สภาวะแช่เย็น (แสดงในตารางที่ 4.5) พบว่าค่าพีเอชของการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าพีเอชลดลงตามระยะเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทางด้านการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำมีค่าพีเอชไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บรักษา ($P>0.05$) ซึ่งเมื่อเทียบค่าพีเอชระหว่างสองกลุ่มพบว่าในวันที่ 1, 2, 6 , 9 และ 12 การเก็บเจลบุกแบบลักษณะแห้งมีค่าพีเอชต่ำกว่าการเก็บรักษาแบบลักษณะแช่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าพีเอชของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
0	$8.00 \pm 0.05^{a,A\dagger,\ddagger}$	$8.01 \pm 0.04^{a,A}$
1	$7.87 \pm 0.07^{b,AB}$	$8.01 \pm 0.04^{a,A}$
2	$7.90 \pm 0.07^{a,AB}$	$8.04 \pm 0.04^{a,A}$
3	$7.87 \pm 0.09^{b,AB}$	$8.07 \pm 0.03^{a,A}$
6	$7.86 \pm 0.06^{b,AB}$	$8.07 \pm 0.09^{a,A}$
9	$7.83 \pm 0.02^{b,B}$	$8.04 \pm 0.07^{a,A}$
12	$7.82 \pm 0.06^{b,B}$	$8.03 \pm 0.02^{a,A}$
15	$7.80 \pm 0.04^{a,B}$	$8.09 \pm 0.03^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3) ค่าสี

ค่าสีของเจลบุกในการเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าค่าความสว่างของการเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่เย็นในกลุ่มการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งและการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำ ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน เจลมีความสามารถอุ้มน้ำได้ต่ำลงส่งผลทำให้มีน้ำไหลซึมออกจากเจลทำให้ค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เห็นว่าเจลมีลักษณะซีดขึ้น ค่าสีแดงของการเก็บเจลแบบลักษณะแบบแห้งที่สภาวะแช่เย็นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ ($P<0.05$) โดยวันที่ 15 ของระยะเวลาเก็บรักษามีค่าสีแดงคือ 0.77 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษาคือ -0.33 (สีเขียว) ทางด้านการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำที่สภาวะแช่เย็นพบว่าค่าสีแดงค่อนข้างคงที่ ไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับค่าสีเหลือง แต่เมื่อเก็บรักษาเจลบุกแบบแห้งค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บ 15 วัน Jiménez-Colmenero *et al.* (2008) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเจลบุกมีผลต่อค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น และไม่มีผลต่อค่าสีแดง แต่ค่าสีเหลืองยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดถึงความสัมพันธ์ ผลกระทบทางด้านลักษณะปรากฏมีผลกระทบค่อนข้างจำกัดต่อสูตรของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะรายงานว่าการเติมเจลบุกลงไปในไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์มีผลเล็กน้อยทางด้านสี (Kao and Lin. 2006; Lin and Huang. 2003) ความแตกต่างของค่าความสว่างของโครงสร้างผลิตภัณฑ์อาหารทะเลได้รับผลกระทบจากการเก็บรักษาเจลบุกที่สภาวะแช่เย็น (Herranz *et al*. 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าสี (L*, a* และ b*) ของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
ค่าความสว่าง (L*)	0	$42.47 \pm 0.28^{a,C\dagger,\ddagger}$	$43.17 \pm 0.70^{a,B}$
	1	$42.94 \pm 0.64^{a,C}$	$43.80 \pm 1.65^{a,B}$
	2	$46.40 \pm 0.59^{a,B}$	$44.48 \pm 0.92^{a,B}$
	3	$45.60 \pm 0.42^{a,B}$	$48.56 \pm 1.31^{a,A}$
	6	$46.39 \pm 0.58^{a,B}$	$47.17 \pm 0.34^{a,A}$
	9	$47.95 \pm 0.87^{a,A}$	$47.60 \pm 0.26^{a,A}$
	12	$47.44 \pm 0.24^{a,A}$	$47.83 \pm 0.38^{a,A}$
	15	$47.57 \pm 0.30^{a,A}$	$47.87 \pm 0.54^{a,A}$
ค่าสีแดง (a*)	0	$-0.33 \pm 0.09^{a,C}$	$-0.11 \pm 0.03^{a,A}$
	1	$-0.33 \pm 0.08^{a,C}$	$-0.42 \pm 0.15^{a,B}$
	2	$-0.42 \pm 0.01^{a,C}$	$-0.26 \pm 0.07^{a,AB}$
	3	$-0.14 \pm 0.00^{a,C}$	$-0.26 \pm 0.06^{a,AB}$
	6	$-0.30 \pm 0.06^{a,C}$	$-0.30 \pm 0.06^{a,AB}$
	9	$0.15 \pm 0.08^{a,BC}$	$-0.76 \pm 0.15^{b,C}$
	12	$0.35 \pm 0.17^{a,AB}$	$-0.19 \pm 0.10^{b,A}$
	15	$0.77 \pm 0.00^{a,A}$	$-0.13 \pm 0.01^{b,A}$
ค่าสีเหลือง (b*)	0	$-0.65 \pm 0.41^{b,C}$	$0.25 \pm 0.42^{a,A}$
	1	$-0.52 \pm 0.30^{a,BC}$	$-0.10 \pm 0.58^{a,AB}$
	2	$0.30 \pm 0.68^{a,AB}$	$-1.90 \pm 2.62^{b,AB}$
	3	$0.09 \pm 0.22^{a,ABC}$	$0.47 \pm 1.86^{b,A}$
	6	$-0.44 \pm 0.84^{a,BC}$	$-2.49 \pm 0.95^{b,B}$
	9	$0.21 \pm 0.45^{a,ABC}$	$-1.08 \pm 0.54^{b,AB}$
	12	$0.14 \pm 0.3^{a,ABC}$	$-0.82 \pm 0.46^{b,AB}$
	15	$0.79 \pm 0.17^{a,A}$	$-0.79 \pm 0.47^{b,AB}$

†ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของการเก็บรักษาเจลบุกที่สภาวะแช่เย็นเป็นเวลา 15 วัน แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าความแข็งมากกว่าการเก็บเจลแบบลักษณะแช่น้ำซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บเจลไม่มีผลต่อค่าความแข็งของเจลทั้งสองกลุ่ม ผลค่าการเกาะตัวกันและค่าความยืดหยุ่นของเจลบุกที่เก็บสภาวะแช่เย็น แสดงในตารางที่ 4.7 มีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่าง 2 กลุ่ม ($P<0.05$) และมีค่าไม่คงที่ในระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่เย็นเป็นตลอดระยะเวลา 15 วันพบว่าการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยวมากกว่าการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแบบน้ำแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) และตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเจลแต่ละลักษณะมีค่าไม่คงที่ Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) รางงานถึงการเก็บรักษาเจลบุกแบบแช่เย็น โดยเจลบุกมีความคงตัวด้านลักษณะสัมผัสโดยรวมในการเก็บรักษาแบบแช่เย็นสูง Herranz and Tovar *et al.* (2012) ทำการสังเกตการณ์เก็บเจลบุกที่สภาวะแช่เย็นเป็นเวลา 10 วันพบว่าไม่มีการเพิ่มหรือลดลงของคุณลักษณะเจลบุกซึ่งเหล่านี้เกิดจากผลกระทบของด่าง (KOH หรือ NaOH) ที่ใช้ deacetylation ในการเตรียมเจลบุก

ตารางที่ 4.7 ลักษณะสัมผัสโดยรวมของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
ค่าความแข็ง (N)	0	$15.30 \pm 0.57^{a,E}$	$12.63 \pm 1.54^{b,E}$
	1	$17.33 \pm 1.54^{a,DE}$	$15.52 \pm 0.66^{b,D}$
	2	$22.91 \pm 1.05^{a,B}$	$15.75 \pm 1.38^{b,D}$
	3	$17.69 \pm 3.81^{a,CDE}$	$22.50 \pm 1.90^{b,B}$
	6	$20.29 \pm 2.82^{a,C}$	$15.76 \pm 1.11^{b,D}$
	9	$18.06 \pm 2.11^{a,CDE}$	$14.54 \pm 0.84^{b,DE}$
	12	$30.71 \pm 2.69^{a,A}$	$27.09 \pm 3.11^{a,A}$
	15	$19.08 \pm 1.08^{a,CD}$	$19.39 \pm 2.58^{a,C}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0	$0.79 \pm 0.01^{a,AB}$	$0.80 \pm 0.04^{a,A}$
	1	$0.80 \pm 0.01^{a,A}$	$0.80 \pm 0.01^{a,A}$
	2	$0.77 \pm 0.01^{a,C}$	$0.76 \pm 0.01^{a,A}$
	3	$0.80 \pm 0.01^{a,A}$	$0.80 \pm 0.01^{a,C}$
	6	$0.79 \pm 0.01^{a,AB}$	$0.80 \pm 0.01^{a,AB}$
	9	$0.80 \pm 0.01^{a,A}$	$0.81 \pm 0.01^{a,A}$
	12	$0.74 \pm 0.02^{a,D}$	$0.73 \pm 0.01^{a,D}$
	15	$0.79 \pm 0.01^{a,B}$	$0.78 \pm 0.02^{a,BC}$
ค่าความเหนียว (N)	0	$12.15 \pm 0.45^{a,D}$	$10.36 \pm 1.28^{b,A}$
	1	$13.91 \pm 1.16^{a,CD}$	$12.45 \pm 0.56^{b,B}$
	2	$17.64 \pm 0.74^{a,B}$	$12.60 \pm 1.06^{b,B}$
	3	$14.65 \pm 3.38^{a,C}$	$17.59 \pm 1.23^{b,B}$
	6	$15.97 \pm 1.96^{a,BC}$	$12.56 \pm 0.91^{b,B}$
	9	$14.50 \pm 1.61^{a,C}$	$11.70 \pm 0.59^{b,B}$
	12	$22.84 \pm 1.72^{a,A}$	$19.86 \pm 2.13^{b,B}$
	15	$15.01 \pm 0.96^{a,C}$	$15.07 \pm 1.67^{b,B}$
ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0	$0.93 \pm 0.02^{a,A}$	$0.90 \pm 0.04^{a,A}$
	1	$0.92 \pm 0.00^{a,AB}$	$0.90 \pm 0.02^{a,A}$
	2	$0.91 \pm 0.03^{a,ABC}$	$0.90 \pm 0.03^{a,A}$
	3	$0.90 \pm 0.02^{a,BC}$	$0.88 \pm 0.03^{a,A}$
	6	$0.89 \pm 0.02^{a,C}$	$0.91 \pm 0.02^{a,A}$
	9	$0.91 \pm 0.02^{a,ABC}$	$0.94 \pm 0.02^{a,A}$
	12	$0.91 \pm 0.03^{a,ABC}$	$0.89 \pm 0.03^{a,A}$
	15	$0.89 \pm 0.03^{a,C}$	$0.92 \pm 0.05^{a,A}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
ค่าการเคี้ยว (N)	0	$12.15 \pm 0.45^{a,D}$	$10.36 \pm 1.28^{b,C}$
	1	$13.91 \pm 1.16^{a,CD}$	$12.45 \pm 0.56^{b,D}$
	2	$17.64 \pm 0.74^{a,B}$	$12.60 \pm 1.05^{b,D}$
	3	$14.16 \pm 2.82^{a,C}$	$17.09 \pm 1.24^{b,B}$
	6	$15.97 \pm 1.96a^{,BC}$	$12.56 \pm 0.91^{b,D}$
	9	$14.50 \pm 1.61^{a,C}$	$11.70 \pm 0.59^{b,DC}$
	12	$22.84 \pm 1.72^{a,A}$	$19.86 \pm 0.59^{b,A}$
	15	$15.01 \pm 0.96^{a,C}$	$15.07 \pm 1.67^{a,C}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.2.1.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ในระหว่างการเก็บรักษาเจลบุกที่สภาวะแช่เย็น จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าการเก็บเจลทั้ง 2 ลักษณะมีจำนวนจุลินทรีย์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำในวันที่ 0, 1 และ 12 ซึ่งโดยรวมแล้วจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะมีมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 2 กลุ่ม ($P<0.05$) โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) กำหนดจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบห้ามเกิน $1x10^6$ cfu/g ยีสต์ 1×10^4 cfu/g และรา 500 cfu/g จากการทดลองในครั้งนี้ ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นของกลุ่มที่เก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งและแบบลักษณะแช่น้ำสามารถเก็บได้นานถึง 9 และ 12 วัน ตามลำดับ โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินกำหนดค่ามาตรฐาน ทางด้านยีสต์ (ตารางที่ 4.9) พบว่าการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแห้งยีสต์ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ตลอดการเก็บรักษาแต่การเก็บแบบลักษณะแช่น้ำตรวจพบยีสต์ได้ในวันที่ 12 และ 15 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามจำนวนยีสต์ทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่เกินกำหนดมาตราฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วันทางด้านรา พบว่าการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแห้งและแบบแช่น้ำมีจำนวนต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (วัน)	log cfu/g	
	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบน้ำ
0	$3.14 \pm 0.04^{a,E\dagger,\ddagger}$	$2.86 \pm 0.11^{b,G}$
1	$3.37 \pm 0.04^{a,DE}$	$3.15 \pm 0.01^{b,F}$
2	$3.52 \pm 0.15^{a,D}$	$3.58 \pm 0.17^{a,E}$
3	$3.91 \pm 0.05^{a,C}$	$3.95 \pm 0.01^{a,D}$
6	$4.01 \pm 0.21^{a,C}$	$4.22 \pm 0.06^{a,C}$
9	$4.85 \pm 0.16^{a,B}$	$4.40 \pm 0.05^{b,C}$
12	$6.07 \pm 0.03^{a,A}$	$5.41 \pm 0.13^{b,B}$
15	$6.09 \pm 0.27^{a,A}$	$6.08 \pm 0.01^{a,A}$

†ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$)

ตารางที่ 4.9 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนยีสต์ (mean ± SD)

เชื้อที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	log cfu/g	
		เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบน้ำ
ยีสต์	0	<1†	<1
	1	<1	<1
	2	<1	<1
	3	<1	<1
	6	<1	<1
	9	<1	<1
	12	<1	1.39 ± 0.12
	15	<1	1.48 ± 0.09

† <1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่แข็ง

เจลบุก D นำมาทดสอบการเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่แข็ง ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและชีวภาพ ผลดังต่อไปนี้

4.2.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเจลบุกที่สภาวะแช่แข็ง

1) น้ำหนักที่สูญหาย ความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลซึม

การเก็บรักษาเจลบุกในสภาวะแช่แข็งพบว่าน้ำหนักที่สูญหาย แสดงในตารางที่ 4.10 ของการเก็บรักษาแบบแช่แข็ง พบว่าการทำละลายในครั้งที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการละลายครั้งที่ 1 ($P<0.05$) ทางด้านความสามารถในการอุ้มน้ำซึ่งแสดงเป็นค่า %free exudate แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าเจลบุกที่ผ่านการละลายรอบที่ 3 มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำที่ลดลงกว่าการละลายครั้งที่ 1 และ 2 ($P<0.05$) และการละลายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจลในรูปแบบ % syneresis (ตารางที่ 4.10) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในระหว่างกลุ่มการทดลอง Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) กล่าวว่าการแช่แข็งมีผลต่อเจลบุกโดยการแช่แข็งแล้วทำละลายส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเจลบุกโดยทำให้เจลบุกมีลักษณะคล้ายฟองน้ำและการลดความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลถึงร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับเจลบุกที่ไม่ได้แช่แข็ง ขณะที่ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจลสูงถึงร้อยละ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคงตัวที่ลดลงของเจลบุกเมื่อผ่านการแช่แข็งและทำละลายซึ่งมีผลต่อ polymer-solvent ซึ่งสัมพันธ์ระหว่างเชิงปริมาณ (การสูญเสียน้ำ) และเชิงคุณภาพ ซึ่งเกิดจากการก่อตัวของผลึกน้ำแข็งซึ่งไปลดน้ำที่อยู่ภายในโครงสร้างเจลก่อให้น้ำภายในเจลเกิดการเคลื่อนที่หลังจากการละลาย Lin and Huang (2008) รายงานถึงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลบุกที่ลดลงเนื่องจากการแช่แข็งและทำละลายขึ้นอยู่กับความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของเจลบุก ซึ่งหมายถึงผงบุกต่างชนิดกันและเตรียมที่ความเข้มข้นต่างกันย่อมทำให้มีการทดต่อการแช่แข็งและทำละลายแตกต่างกันไปด้วย

2) ค่าสี

ค่าสีของเจลบุกในสภาวะแช่แข็งเมื่อผ่านการทำละลายรอบที่ 1, 2 และ 3 แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าค่าความสว่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อทำละลายรอบที่ 1, 2 และ 3 และพบว่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้น เมื่อทำละลายรอบที่ 2 และ 3 โดยค่าสีแดงมีค่ามากกว่าการละลายรอบที่ 1 โดยทำละลายเจลบุกรอบที่ 2 และ 3 มีค่าสีแดงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับค่าสีเหลือง ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Jiménez-Colmenero *et al.* (2013) ที่กล่าวว่า การแช่แข็งส่งผลทำให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่เก็บรักษาสภาวะแช่แข็งผ่านการทำละลายครั้งที่ 1, 2 และ 3 (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ละลายครั้งที่ 1	ละลายครั้งที่ 2	ละลายครั้งที่ 3
การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)	7.58 ± 0.25^{b†}	17.51 ± 0.74^{a}	17.95 ± 0.43^{a}
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (% free exudate)	4.52 ± 0.83^{b}	5.32 ± 1.09^{b}	7.97 ± 1.54^{a}
ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจล (% syneresis)	1.82 ± 0.32^{a}	2.49 ± 0.36^{a}	2.84 ± 1.28^{a}
สี			
- ค่าความสว่าง (L*)	50.69 ± 1.41^{a}	52.70 ± 1.13^{a}	52.40 ± 1.34^{a}
- ค่าสีแดง (a*)	0.68 ± 0.22^{b}	1.25 ± 0.12^{a}	1.04 ± 0.17^{a}
- ค่าสีเหลือง (b*)	2.85 ± 0.45^{b}	4.77 ± 0.20^{a}	4.11 ± 0.64^{a}
ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม			
- ค่าความแข็ง (N)	16.81 ± 1.86^{a}	17.12 ± 3.68^{a}	12.79 ± 1.52^{b}
- ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0.79 ± 0.02^{b}	0.80 ± 0.02^{ab}	0.82 ± 0.02^{a}
- ค่าความเหนียว (N)	13.18 ± 1.26^{a}	13.70 ± 2.69^{a}	10.46 ± 1.09^{b}
- ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.89 ± 0.04^{a}	0.90 ± 0.02^{a}	0.90 ± 0.04^{a}
- ค่าการเคี้ยว (N)	13.18 ± 1.26^{a}	13.70 ± 2.69^{a}	10.46 ± 1.09^{b}

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

3) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

จากการศึกษาการเก็บเจลบุกที่สภาวะแช่แข็งทำละลายรอบที่ 1, 2 และ 3 มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่า การเก็บรักษาเจลแบบแช่แข็งการทำละลายครั้งที่1 และ 2 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน ($P<0.05$) แต่เมื่อทำละลายครั้งที่ 3 พบว่ามีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยว ค่าการเกาะตัวกันของเจลบุกที่เก็บสภาวะแช่แข็งทำละลายครั้งที่ 1 มีค่าน้อยกว่าการทำละลายครั้งที่ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่การทำละลายครั้งที่ 2 ค่าการเกาะตัวกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างการทำละลายรอบที่ 1 และ 3 ทางด้านค่ายืดหยุ่นพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างการทำละลายครั้งที่ 1 , 2 และ 3 ผลขัดแย้งกับรายงานของ Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) กล่าวว่า เจลบุกมีค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวที่เพิ่มขึ้น ค่าการเกาะตัวกันลดลงและไม่มีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของเจลบุกในการแช่แข็ง Teramoto and Fuchigami (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานถึงการแช่แข็งและทำละลายคอนยักกุ (เจลบุกชนิดหนึ่ง) มีคุณสมบัติความยืดหยุ่นที่ลดลงและกลายเป็นแข็งขึ้น ขณะที่เนื้อสัมผัสภายในไม่มีการเปลี่ยแปลงหลังจากแช่แข็ง 1 วัน Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) รางงานถึงการเก็บรักษาเจลบุกแบบแช่เย็นและแช่แข็ง โดยเจลบุกมีความเสถียรลักษณะสัมผัสโดยรวมในการเก็บรักษาแบบแช่เย็นสูง ส่วนการเก็บรักษาแบบแช่แข็งและทำละลายนั้นได้รับผลกระทบอย่างมากต่อคุณลักษณะของเจลบุก

4.2.2.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

การเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่แข็ง พบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด แสดงในตารางที่ 4.11 มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในการทำละลายครั้งที่ 1 น้อยกว่าการทำละลายครั้งที่ 2 และ 3 (3.80, 4.39, 4.41 log cfu/g ตามลำดับ) โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของการทำละลายครั้งที่ 2 และ 3 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (แสดงในตารางที่ 4.11) และสามารถตรวจพบยีสต์ได้ตั้งแต่การทำละลายครั้งที่ 2 เป็นต้นไป ทางด้านราไม่สามารถตรวจพบตลอดการทดลองในครั้งนี้ (<1 log cfu/g) แสดงในตารางที่ 4.11 โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) กำหนดจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบห้ามเกิน $1x10^6$ cfu/g ยีสต์ 1×10^4 cfu/g และรา 500 cfu/g ดังนั้นเจลบุกที่เก็บรักษาแบบแช่แข็งสามารถทำละลายได้ 1, 2 และ 3 รอบ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ไม่เกินกำหนดมาตรฐาน

ตารางที่ 4.11 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่แข็งต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (mean ± SD)

จุลินทรีย์ที่ศึกษา	log cfu/g		
	ละลายครั้งที่ 1	ละลายครั้งที่ 2	ละลายครั้งที่ 3
จุลินทรีย์ทั้งหมด	$3.80 \pm 0.09^{b\dagger}$	4.39 ± 0.07^{a}	4.41 ± 0.01^{a}
ยีสต์	<1†	2.11 ± 0.03	1.41 ± 0.13
รา	<1	<1	<1

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

† <1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

4.3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก

4.3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุก

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้นของเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่ามีร้อยละของ ความชื้น เถ้า โปรตีน และ ไขมัน คือ 91.47, 0.65, 0.39 และ 0.11 โดยร้อยละของปริมาณใยอาหารที่สามารถย่อยได้ (dietary fiber) เท่ากับ 5.38 ค่าพลังงานทั้งหมดของเจลบุกคือ 36.62 กิโล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลอรี่ต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งเหมาะสมกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักเนื่องจากเจลบุกให้แคลลอรี่ที่ต่ำอีกทั้งยังสามารถพองตัวอุ้มน้ำได้มากถึง 200 เท่า จึงทำให้เรารู้สึกอิ่มอาหารได้เร็วและอิ่มได้ในระดับหนึ่ง (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554) เนื่องด้วยโครงสร้างโมเลกุลของเจลบุกเป็นพันธะเบต้า (1, 4) ไกลโคซิดิก ซึ่งแตกต่างจากแป้งที่พบในพืชทั่วไป จึงไม่ถูกย่อยโดยกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหารจึงถูกขับถ่ายออกมาและช่วยลดอาการท้องผูกอีกด้วย (เนาวรัตน์ แย้มแสงสังข์และคณะ. 2542)

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของเจลบุก (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ผลจากการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	91.47 ± 0.25[†]
เถ้า (ร้อยละ)	0.65 ± 0.01
โปรตีน (ร้อยละ)	0.39 ± 0.07
ไขมัน (ร้อยละ)	0.11 ± 0.00
ใยอาหารที่สามารถย่อยได้ (ร้อยละ)	5.38 ± 0.00
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี่/100กรัม)	36.62 ± 0.07

[†]ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รอบการผลิต

4.3.2 ศึกษาการใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน

4.3.2.1 คุณภาพไส้กรอกอีสานระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดการหมัก

ตัวอย่างไส้กรอกอีสานทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ได้แก่ สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0 (กลุ่มควบคุม) , 25, 50, 75 และ 100 จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพเคมี-กายภาพ และชีวภาพระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, และ 2 ถึงวันที่ 3 สิ้นสุดกระบวนการหมักไส้กรอกอีสาน (pH 4.5) ได้ผลการทดลองดังนี้

1) การวิเคราะห์เคมี-กายภาพคุณภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

1.1) การสูญเสียน้ำหนัก ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณความชื้น ในระหว่างการหมัก

ในระหว่างการหมักไส้กรอกอีสานสูตรควบคุม (บุกร้อยละ 0) และสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีค่าการสูญเสียน้ำหนักแสดงในตารางที่ 4.13 ในวันที่ 2 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการหมักมากกว่าวันที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไส้กรอกอีสานสูตรที่ผสมบุกร้อยละ 25, 50 และ 75 มีค่าสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันระหว่างวันที่ 1 และที่ 2 อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในวันที่ 3 ไส้กรอกอีสานที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 4 สูตรการผลิต (ร้อยละ 30.34) ($P<0.05$) ตามด้วยสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 ($P<0.05$) แต่สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 25 มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกับไส้กรอกอีสานสูตรควบคุม ($P>0.05$)

ทางด้านค่าค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) แสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าทุกสูตรการผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และระยะเวลาการหมักไม่ส่งผลต่อค่า a_w ($P>0.05$) Ruiz-Capillas *et al*. (2012) กล่าวว่า การลดไขมันและระยะเวลาไม่มีความสัมพันธ์กับค่าแอคทีวิตีของไส้กรอกหมัก แต่เป็นผลมาจากกระบวนการทำแห้งและความเข้มข้นของเกลือที่ทำให้ค่าแอคทีวิตี้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้งฑ์ลดลง เช่นเดียวกับรายงานผลอื่นๆ (García *et al*.2002 ; Mendoza *et al*. 2001; Salazar *et al*. 2009)

ทางด้านปริมาณความชื้นของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น ไส้กรอกอีสานทุกสูตรการผลิตมีปริมาณความชื้นลดลง ($P<0.05$) ณ วันที่สิ้นสุดกระบวนการหมัก พบว่า ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 และ 75 มีปริมาณความชื้นมากที่สุด รองลงมา คือสูตรทดแทนด้วยเจลบุกร้อยละ 50, 25 และ 0 ตามลำดับซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) *Verbeken et al*. (2003) กล่าวว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเจลบุกเนื่องจากคุณลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่ช่วยในการกักเก็บน้ำ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองในครั้งนี้ อาจมาจากตัวผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแตกต่างกันเพราะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเป็นอาหารหมักต้องนำไปผึ่งอากาศ ดังนั้นน้ำภายในเจลจึงระเหยตามสภาพอากาศทำให้น้ำภายในเจลลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) และปริมาณความชื้น (% wet basis) ของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	วัน	สูตรไส้กรอกอีสานแทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
		0	25	50	75	100
การสูญเสียน้ำ	1	$6.29 \pm 1.54^{c,C\dagger,\ddagger}$	$11.26 \pm 0.92^{b,A}$	$11.93 \pm 0.12^{b,A}$	$23.33 \pm 1.52^{a,A}$	$25.65 \pm 1.57^{a,B}$
หนัก (%weight	2	$8.35 \pm 0.47^{c,B}$	$12.11 \pm 1.28^{c,A}$	$11.78 \pm 1.38^{c,A}$	$24.00 \pm 0.24^{b,A}$	$30.34 \pm 1.65^{a,A}$
loss)	3	$10.49 \pm 0.85^{c,A}$	$11.92 \pm 1.66^{c,A}$	$10.76 \pm 3.02^{c,A}$	$23.19 \pm 3.75^{b,A}$	$28.82 \pm 0.66^{a,A}$
ค่าวอเตอร์	0	$0.93 \pm 0.01^{a,A}$	$0.96 \pm 0.00^{a,A}$	$0.96 \pm 0.01^{a,A}$	$0.97 \pm 0.00^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$
แอคติวิตี้	1	$0.93 \pm 0.01^{a,A}$	$0.96 \pm 0.00^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$	$0.99 \pm 0.00^{a,A}$
(a_w)	2	$0.96 \pm 0.01^{a,A}$	$0.97 \pm 0.00^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$
	3	$0.97 \pm 0.00^{a,A}$	$0.97 \pm 0.01^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$	$0.97 \pm 0.01^{a,A}$	$0.98 \pm 0.00^{a,A}$
ปริมาณ	0	$60.65 \pm 2.45^{d,A\dagger,\ddagger}$	$62.52 \pm 1.54^{d,A}$	$65.68 \pm 0.28^{c,A}$	$68.48 \pm 0.67^{b,A}$	$74.48 \pm 0.93^{a,A}$
ความชื้น	1	$50.90 \pm 0.84^{d,B}$	$54.98 \pm 1.72^{c,B}$	$54.46 \pm 0.90^{c,,B}$	$63.71 \pm 0.91^{b,B}$	$69.66 \pm 1.00^{a,B}$
(% wet basis)	2	$48.40 \pm 0.93^{c,BC}$	$55.83 \pm 2.09^{b,B}$	$56.46 \pm 1.27^{b,B}$	$62.59 \pm 0.48^{a,BC}$	$64.43 \pm 0.76^{a,C}$
	3	$45.04 \pm 4.20^{d,C}$	$49.70 \pm 2.07^{c,C}$	$55.47 \pm 1.40^{b,B}$	$61.70 \pm 0.62^{a,C}$	$62.46 \pm 1.28^{a,D}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.2) ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดในระหว่างการหมัก

ค่าพีเอชของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 5 สูตร แสดงในตารางที่ 4.14 พบว่า ณ วันที่ 0 และ 1 ของระยะเวลาการหมักและแต่ละสูตรการผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ ณ วันที่ 2 ทั้ง 5 ตัวอย่างมีค่าพีเอชลดลงทุกสูตร โดยไส้กรอกอีสานที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่าพีเอชต่ำที่สุด (pH = 5.23) ตามมาด้วยสูตรบุกร้อยละ 75 ($P<0.05$) ซึ่งสูตรไส้กรอกอีสารทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 25 มีค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($P>0.05$) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก สูตรที่มีเจลบุกร้อยละ 100 และ 75 มีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าสูตรควบคุม แต่สูตรที่มีเจลบุกร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เนื่องจากเจลบุกอาจจัดอยู่ในประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกที่มีการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบเนื้อสัตว์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้ผลิตกรดแลคติกออกมามากขึ้น ส่งผลทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานลดลงมากกว่ากลุ่มอื่นๆ (Visessanguan *et al.* 2004)

ปริมาณกรดทั้งหมดในไส้กรอกอีสานที่มีการเติมเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.14 พบว่าสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100, 75, 50 และ 25 มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ในวันที่ 0 และ 1 ของกระบวนการหมักและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกลุ่ม โดยไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากขึ้น (P<0.05) ณ วันที่ 2 ของกระบวนการหมักเมื่อเทียบกับวันที่ 0 และ 1 สูตรที่มีการเติมเจลบุกร้อยละ100 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.65 (P<0.05) และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มการผลิต (P>0.05)

ตารางที่ 4.14 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	วัน	สูตรไส้กรอกอีสานแทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
		0	25	50	75	100
ค่าพีเอช	0	$6.25 \pm 0.07^{a,A\dagger,\ddagger}$	$6.26 \pm 0.02^{a,A}$	$6.18 \pm 0.04^{a,A}$	$6.19 \pm 0.08^{a,A}$	$6.26 \pm 0.07^{a,A}$
	1	$6.24 \pm 0.07^{a,A}$	$6.27 \pm 0.10^{a,A}$	$6.22 \pm 0.06^{a,A}$	$6.15 \pm 0.11^{a,A}$	$6.14 \pm 0.03^{a,A}$
	2	$5.99 \pm 0.10^{a,B}$	$5.98 \pm 0.04^{a,B}$	$5.91 \pm 0.04^{a,B}$	$5.79 \pm 0.08^{b,B}$	$5.23 \pm 0.03^{c,B}$
	3	$4.89 \pm 0.19^{a,C}$	$4.64 \pm 0.21^{ab,C}$	$4.63 \pm 0.15^{ab,C}$	$4.45 \pm 0.04^{b,C}$	$4.36 \pm 0.13^{b,C}$
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	0	$0.32 \pm 0.09^{a,B}$	$0.30 \pm 0.05^{a,C}$	$0.33 \pm 0.08^{a,C}$	$0.33 \pm 0.02^{a,C}$	$0.35 \pm 0.04^{a,C}$
	1	$0.32 \pm 0.09^{a,B}$	$0.29 \pm 0.02^{a,C}$	$0.33 \pm 0.02^{a,C}$	$0.37 \pm 0.04^{a,C}$	$0.35 \pm 0.04^{a,C}$
	2	$0.44 \pm 0.02^{c,B}$	$0.51 \pm 0.05^{b,B}$	$0.55 \pm 0.02^{b,B}$	$0.53 \pm 0.04^{b,B}$	$0.65 \pm 0.02^{a,B}$
	3	$0.79 \pm 0.16^{a,A}$	$0.82 \pm 0.05^{a,A}$	$0.90 \pm 0.14^{a,A}$	$0.95 \pm 0.06^{a,A}$	$1.00 \pm 0.07^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

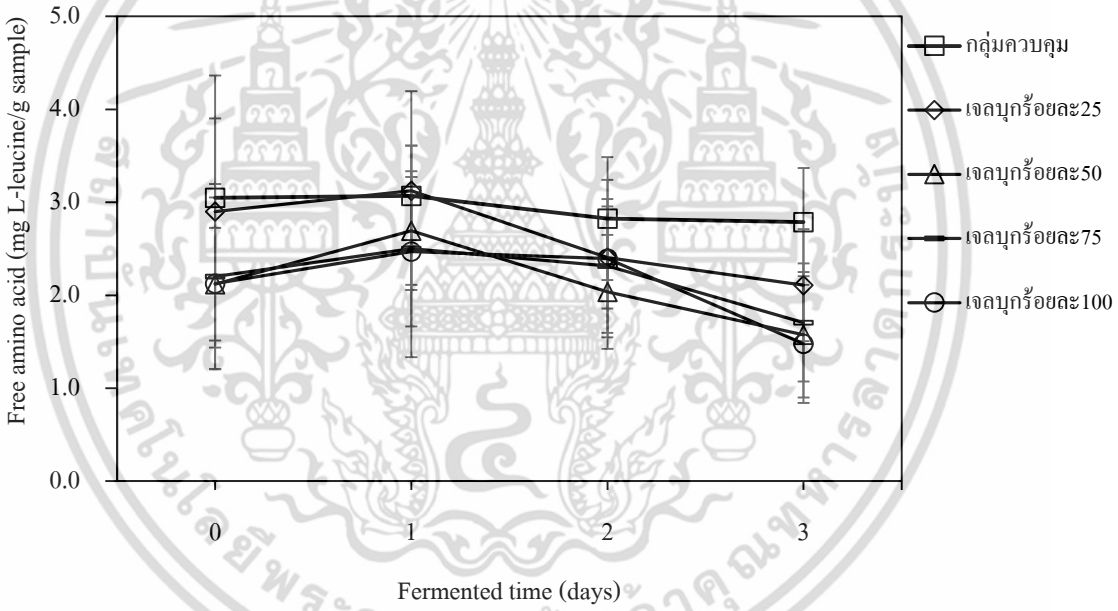
1.3) ค่าการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อในไส้กรอกอีสาน

จากการศึกษาค่ากรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ทั้ง 5 สูตรการผลิต (แสดงในภาพที่ 4.4) พบว่าค่าอะมิโนอิสระในวันแรกของกระบวนการหมัก คือ 3.05, 3.63, 2.12, 2.20 และ 2.13 mg L-leucine/g ของตัวอย่าง ตามลำดับ และค่าอะมิโนอิสระเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักอยู่ที่ 2.79, 2.12, 1.58, 1.70 และ 1.48 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าโดยค่าอะมิโนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิต มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Penet *et al.* (1983) ที่รายงานผลว่าค่ากรดอะมิโนอิสระของเนื้อสุกรและเนื้อโคอยู่ที่ 1.92 และ 2.47 mg/25g ตัวอย่าง อีกทั้งค่าอะมิโนอิสระลดลงตามระยะเวลาการหมักในทุกสูตรการผลิต มีงานวิจัยหลายฉบับได้ทำการศึกษาและรายงานถึงจุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนกรดอะมิโนอิสระให้กลายเป็นสารประกอบจำพวกแอลดีไฮด์ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นรสในเนื้อสัตว์ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

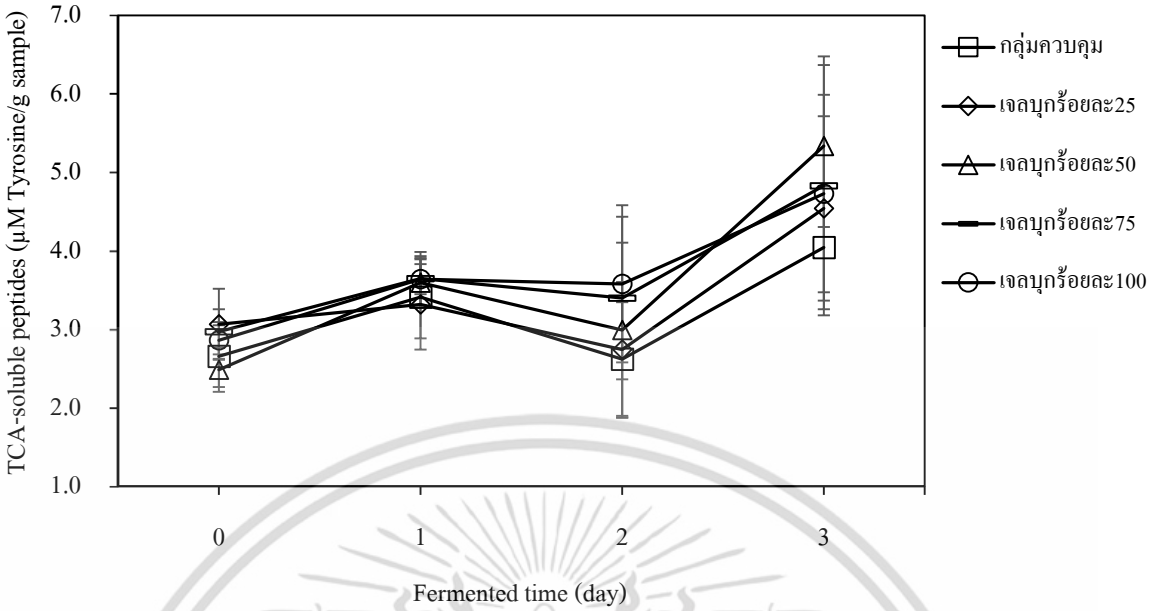
แบคทีเรียในตระกูล Enterobacteriaceae และ Pseudomonaceae แบคทีเรียในสกุล *Lactobacillus, Enterococcus* และ *Staphylococcus (*Santos. 1996)

ผลค่า TCA-Soluble peptide ของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 5 สูตรการผลิต โดย ณ วันแรกของกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 มีค่า 2.66, 3.06, 2.48, 2.97 และ 2.86 µM Tyrosine/g ตัวอย่างและวันที่สิ้นสุดกระบวนการหมักมีค่า 4.04, 4.54, 5.34, 4.83 และ 4.73 µM Tyrosine/g พบว่ามีค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก (แสดงในภาพที่ 4.5) โดยผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Thanonkaew *et al.* (2007) รายงานถึงผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักและการทำแห้งมีการเพิ่มขึ้นของค่า TCA-Soluble peptide ซึ่งบ่งบอกถึงการย่อยสลายโปรตีนอาจมาจากการทำงานของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในระหว่างการหมัก



ภาพที่ 4.4 กรดอะมิโนอิสระระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



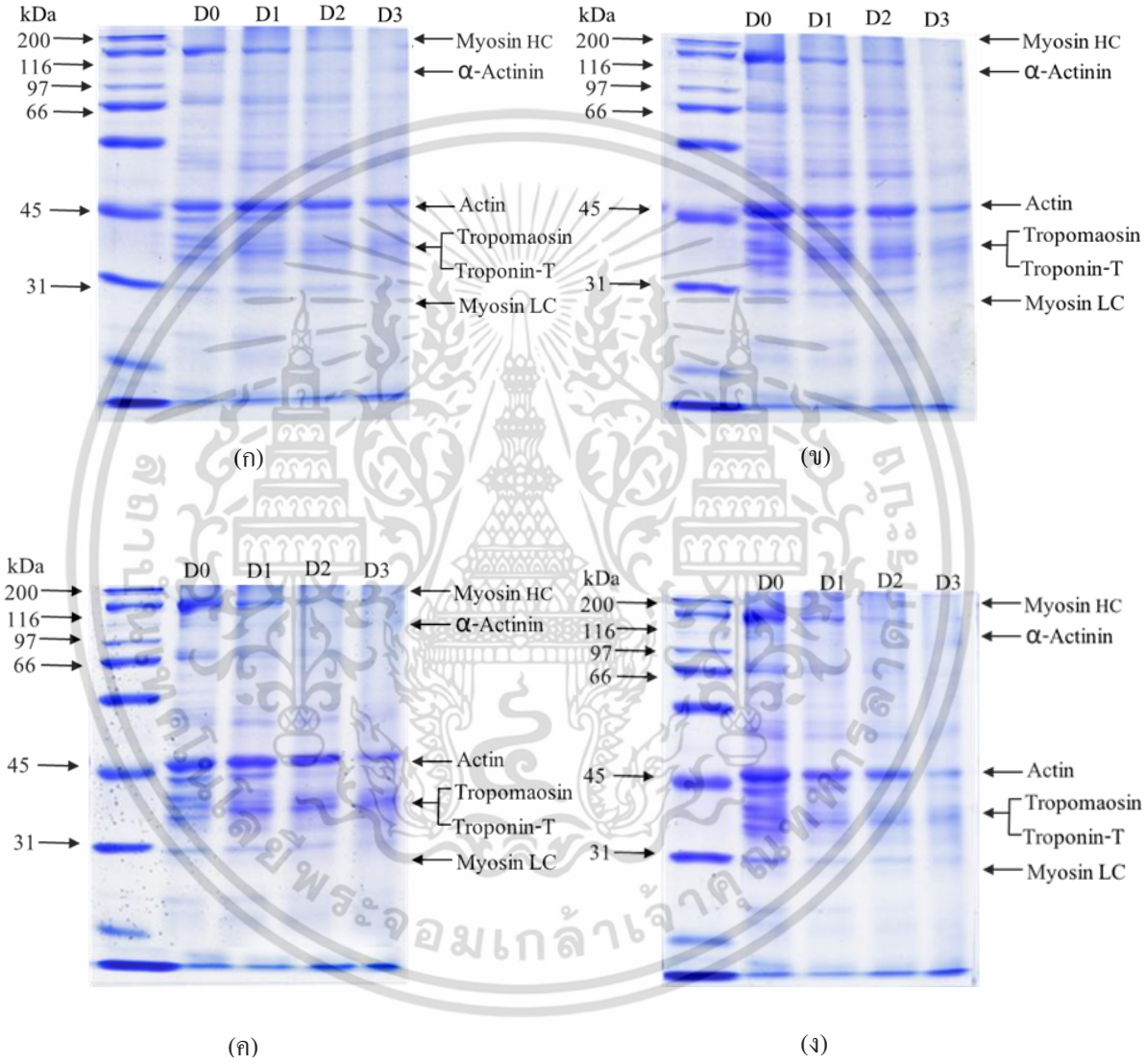
ภาพที่ 4.5 ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

1.4) รูปแบบของโปรตีน

จากการศึกษาผลของการทดแทนไขมันในไส้กรอกอีสานด้วยเจลบุกที่แตกต่างกัน 5 ระดับ โดยการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้เทคนิค SDS-PAGE (ภาพที่ 4.6) ภาพรวมรูปแบบของโปรตีนจากผลิตภัณฑ์กลุ่มควบคุม (ก) ผลิตภัณฑ์ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 (ข ค ง จ ตามลำดับ) พบว่าในช่วง 3 วันของกระบวนการหมักจะพบการย่อยสลายของไมโอซิน (myosin heacy chain) อันเนื่องมาจากแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) มีความสามารถในการย่อยโปรตีน อีกทั้งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักยังช่วยเสริมการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อสัตว์อีกด้วย (Kato *et al.* 1994) โดยอาจไปมีผลเร่งกิจกรรมการทำงานของเอ็นไซม์คาเทปซินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ (endogenous cathepsins) ให้ทำงานดีขึ้น (Molly *et al.* 1997) ซึ่งผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ อมรรัตน์ และคณะ (2552) ที่กล่าวว่าเมื่อผ่านกระบวนการหมักในผลิตภัณฑ์ปลาร้าหมักและการทำแห้ง โปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่โดยเฉพาะ Myosin heavy chain (MHC) และ Actin ได้ถูกย่อยสลายไปทำให้ไม่สามารถเห็นแถบโปรตีนดังกล่าวจาก SDS–PAGE ได้ นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบเจลทั้งหมดจะพบว่าลักษณะรูปแบบโปรตีนจากผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีการเติมเจลบุกร้อยละ 100 มีแถบแบนไมโอซินในวันที่ 2 และ 3 จางกว่ากลุ่มควบคุม และจะชัดเจนขึ้นเมื่อปริมาณร้อยละของเจลบุกน้อยลง นอกจากนี้ในสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 ยังมีแถบ Actin ที่หายไปในระหว่างการหมักมากกว่าชุดการทดลองอื่นซึ่งสอดคล้องกับผลจุลินทรีย์ของแบคทเรียแลคติก (ตารางที่ 4.17) โดยผลิตภัณฑ์

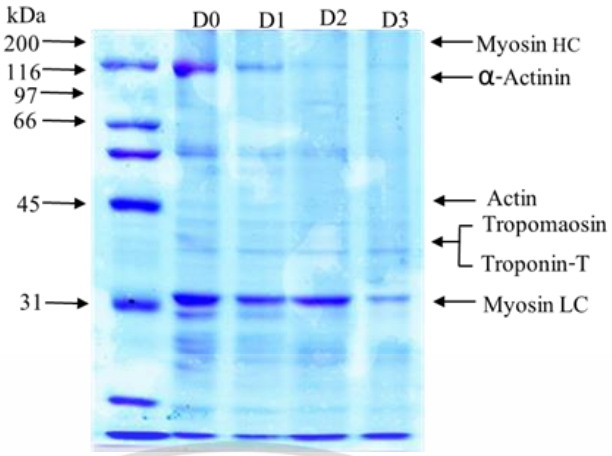
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีจำนวนแบคทเรียแลคติกมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักส่งผลให้สามารถเร่งกระบวนการหมักและสามารถย่อยสลาย Myosin และ Actin ได้มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผล TCA- Soluble peptide (ภาพที่ 4.5) ที่พบปริมาณเปปไทด์ที่ถูกย่อยมากขึ้นตามระยะเวลาการหมักส่งผลทำให้มองเห็นความเข้มข้นของแถบแบนโปรตีนมีน้อยลงตามระยะเวลาการหมัก



ภาพที่ 4.6 รูปแบบโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมัก ด้วยเทคนิค SDS-PAGE Running gel ที่สภาวะ reducing condition กลุ่มควบคุม (ก) เจลบุกร้อยละ 25 (ข) เจลบุกร้อยละ 50 (ค) เจลบุกร้อยละ 75 (ง) เจลบุกร้อยละ 100 (จ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ)

ภาพที่ 4.6 (ต่อ)

1.5) ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีการออกซิเดชั่นของไขมันเกิดขึ้น โดยค่าปริมาณกรดไขมันอิสระ แสดงในตารางที่ 4.15 พบว่าระหว่างกระบวนการหมัก 0 ถึง 2 วัน ในทุกกลุ่มของสูตรการผลิตมีค่าคงที่ ($P>0.05$) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ในวันที่ 3 พบว่าไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกกลุ่มควบคุม กลุ่มทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 75 มีปริมาณกรดไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ 2 วันแรก ($P<0.05$) และเมื่อเทียบระหว่าง 5 สูตรการผลิตของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานมีค่ากรดไขมันอิสระ ณ วันที่สิ้นสุดกระบวนการหมักมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากกระบวนการหมักของไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรกำหนดเงื่อนไขอุณหภูมิการหมักอยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการไฮโดรไลซ์โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ได้ ส่งผลทำให้เกิดปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักของไส้กรอกอีสาน (Saad *et al.* 2007) ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นนี้อาจมาจากไขมันที่มีในสะโพกสุกรมากกว่าไขมันที่เติมเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean ± SD)

	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
วัน	0	25	50	75	100
0	$0.13 \pm 0.01^{a,B\dagger,\ddagger}$	$0.13 \pm 0.01^{a,A}$	$0.13 \pm 0.01^{b,B}$	$0.14 \pm 0.03^{b,B}$	$0.13 \pm 0.01^{a,A}$
1	$0.14 \pm 0.03^{ab,B}$	$0.15 \pm 0.04^{a,A}$	$0.12 \pm 0.01^{bc,B}$	$0.12 \pm 0.01^{c,B}$	$0.12 \pm 0.01^{bc,A}$
2	$0.13 \pm 0.01^{a,AB}$	$0.13 \pm 0.00^{a,A}$	$0.17 \pm 0.03^{a,B}$	$0.13 \pm 0.01^{a,B}$	$0.13 \pm 0.02^{a,A}$
3	$0.18 \pm 0.04^{a,A}$	$0.18 \pm 0.04^{a,A}$	$0.21 \pm 0.01^{a,A}$	$0.20 \pm 0.03^{a,A}$	$0.16 \pm 0.04^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.6) ค่าเปอร์ออกไซด์และค่า TBARs

ผลค่าเปอร์ออกไซด์ (แสดงในตารางที่ 4.16) ในวันที่ 0 ของกระบวนการหมักจะมีค่าร้อยละมากที่สุด หลังจากนั้นค่าเปอร์ออกไซด์จะลดลงตามกระบวนการหมักและค่อนข้างคงที่ โดยวันที่ 0 ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่าเปอร์ออกไซด์มากที่สุดและตามมาด้วยสูตรที่มีเจลบุกร้อยละ 75, 50, 25 และสูตรควบคุม (ค่าเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 22.53, 15.40, 14.00, 9.80 และ 7.20) ($P<0.05$) แต่กลุ่มไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 และ 50 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม เช่นเดียวกับสูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 25 กับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ซึ่งจะพบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นมานั้นมีค่าไม่คงที่ในระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักเนื่องจากการเกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ช่วงแรกที่เริ่มเกิดซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดสลายตัวได้เร็วหลังการเกิดปฏิกิริยาจึงทำให้ผลการทดลองไม่สม่ำเสมอ (Knothe. 2007)

ทางด้านค่า TBARs ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิตมีค่า TBARs เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของกระบวนการหมัก ณ วันที่ 3 สิ้นสุดกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่า TBARs ที่ต่ำที่สุดในทุกสูตรการผลิต ($P<0.05$) (แสดงในภาพที่ 4.7) ซึ่งระดับของการเกิดออกซิเดชันที่ต่ำเนื่องมาจากการลดไขมันในผลิตภัณฑ์ (Kamdem *et al.* 2007). เช่นเดียวกันกับรายงานของ Triki *et al.* (2013) กล่าวว่าค่า TBARs ของแต่ละสูตรการผลิตได้รับผลกระทบมาจากสัดส่วนวัตถุดิบในสูตรและระยะเวลาโดยมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสองปัจจัย

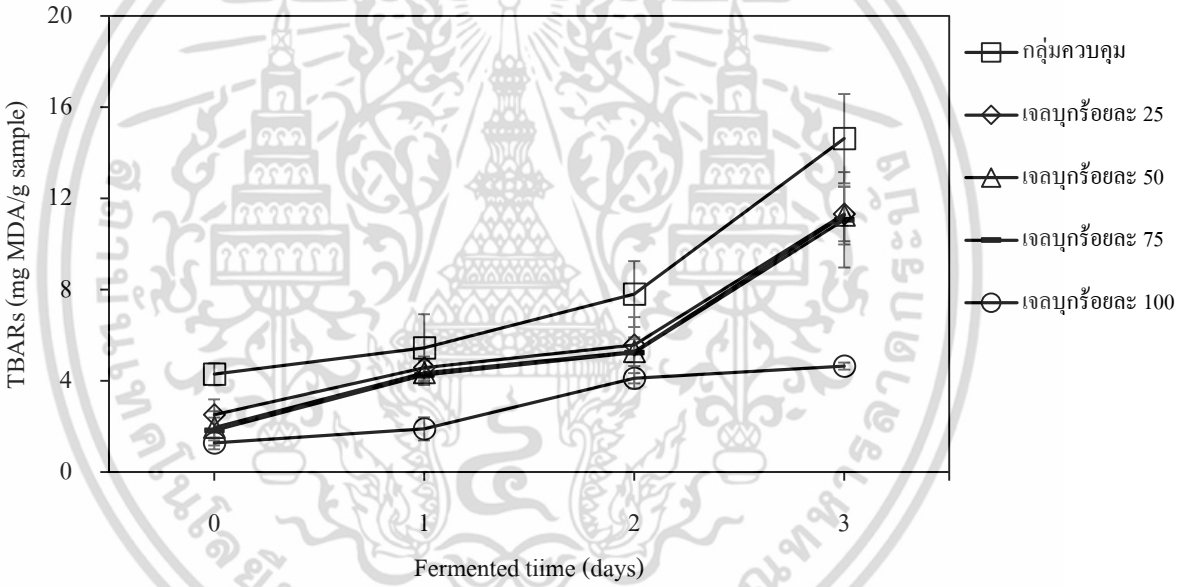
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ปริมาณเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean ± SD)

	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
วัน	0	25	50	75	100
0	$7.20 \pm 1.11^{c,A\dagger,\ddagger}$	$9.80 \pm 1.25^{c,A}$	$14.00 \pm 0.72^{b,A}$	$16.40 \pm 4.21^{b,A}$	$22.53 \pm 2.08^{a,A}$
1	$3.87 \pm 1.33^{a,B}$	$4.00 \pm 3.12^{a,B}$	$3.47 \pm 1.42^{a,B}$	$3.73 \pm 2.16^{a,B}$	$6.00 \pm 0.80^{a,B}$
2	$1.00 \pm 1.73^{a,C}$	$0.93 \pm 1.62^{a,B}$	$0.40 \pm 0.69^{a,C}$	$1.40 \pm 1.25^{a,B}$	$0.00 \pm 0.00^{a,B}$
3	$2.00 \pm 0.72^{ab,BC}$	$3.13 \pm 0.50^{a,B}$	$2.87 \pm 0.31^{a,B}$	$1.53 \pm 1.03^{b,B}$	$0.67 \pm 0.70^{c,C}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางชีวภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

2.1) จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก

ในส่วนของวัตถุดิบหลักคือส่วนสะโพกสุกรที่ใช้พบว่ามีจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นคือ 3.34 log cfu/g โดยจากการศึกษาจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลคติกในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่แตกต่างกัน 5 ระดับ แสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรการผลิตมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างกระบวนการหมัก ($P<0.05$) และ ณ วันสิ้นสุดกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 และ 75 มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกมากที่สุด (11.38 และ 11.32 log cfu/g ตามลำดับ) ตามมาด้วยสูตรที่มีการเติมเจลบุกร้อยละ 25, 50 และสูตรควบคุม ($P<0.05$) เนื่องจากแป้งบุกมีกลูโคแมนแนนซึ่งจัดอยู่ในสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น แบคทีเรียผลิตกรดแลกติกจะเปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตทให้เป็นกรดแลกติกซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลงในอาหารหมักจนถึงพีเอชประมาณ 4 ซึ่งจำกัดการโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli, Salmonella* และ *Staphylococcus* (Ohmomo *et al.* 2000)

ตารางที่ 4.17 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (log cfu/g)ในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean ± SD)

วัน	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
0	$3.91 \pm 0.03^{c,D\dagger,\ddagger}$	$4.07 \pm 0.02^{a,D}$	$3.88 \pm 0.01^{c,D}$	$3.98 \pm 0.03^{b,D}$	$2.91 \pm 0.02^{d,D}$
1	$7.01 \pm 0.02^{d,C}$	$6.73 \pm 0.00^{e,C}$	$7.34 \pm 0.22^{c,C}$	$7.46 \pm 0.17^{b,C}$	$8.12 \pm 0.04^{a,C}$
2	$8.49 \pm 0.22^{d,B}$	$9.41 \pm 0.17^{a,B}$	$9.33 \pm 0.39^{b,B}$	$8.86 \pm 0.00^{c,B}$	$9.22 \pm 0.03^{a,B}$
3	$9.43 \pm 0.22^{d,A}$	$11.16 \pm 0.06^{b,A}$	$10.80 \pm 0.51^{c,A}$	$11.32 \pm 0.00^{a,A}$	$11.38 \pm 0.01^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2) จำนวนยีสต์ รา *Salmonella* spp. Coliform และ *E. coli*

ในส่วนของวัตถุดิบหลักคือส่วนสะโพกสุกรที่ใช้พบว่ามีจำนวนยีสต์เริ่มต้นคือ 1.57 log cfu/g และรามีจำนวนต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ <1 log cfu/g โดยจำนวนยีสต์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก พบว่าในวันสิ้นสุดกระบวนการหมักมีค่าลดลงจากวันแรกของการหมักทั้งสูตร 5 สูตรการผลิต (แสดงในตารางที่ 4.18) โดย ณ วันที่ 3 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานกลุ่มควบคุม กลุ่มเติมเจลบุกร้อยละ 25 กลุ่มเติมเจลบุกร้อยละ 50 กลุ่มเติมเจลบุกร้อยละ 75 และ กลุ่มเติมเจลบุกร้อยละ 100 มีจำนวนยีสต์ อยู่ที่ 2.26, 3.08, 2.49, 2.75 และ 2.49 ตามลำดับ ทางด้านจำนวนราในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิตในวันเริ่มต้นของกระบวนการหมักและวันสิ้นสุดกระบวนการหมักราต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (<1 log cfu/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่เชื้อยีสต์ มีจำนวนลดลงภายหลังกระบวนการหมักเนื่องมาจากจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่มีจำนวนมากขึ้น ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นได้แก่กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก โดยค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการแตกตัว (pKa) และความเข้มขึ้นของกรดอินทรีย์จะส่งผลต่อเชื้อยีสต์รา (De Vuyst and Vandamme. 1994) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu/g แต่เนื่องด้วยยีสต์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในทุกสูตรการผลิตพบว่ามีจำนวนเกินกว่ากำหนดมาตรฐาน อาจเนื่องด้วยเชื้อยีสต์เริ่มต้นมีจำนวนสูงซึ่งอาจปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบที่ใช้ อุปกรณ์และสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตที่ไม่สะอาดมากพอจึงพบจำนวนเชื้อยีสต์มากเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

จากการศึกษาจำนวนเชื้อ S.*aureus* ตลอดระยะเวลาการบ่มพบว่าไม่สามารถตรวจเชื้อ S.*aureus* (<1 lof cfu/g) ซึ่งไม่เกินกำหนดมาตรฐาน โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กล่าวว่า เชื้อ S.*aureus* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

จากการศึกษาจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ในวันแรกและวันสิ้นสุดของกระบวนการหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีระดับต่ำกว่าที่ตรวจนับได้ (<1 log cfu/g) ซึ่งไม่เกินค่าข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546)ที่กล่าว่าต้องไม่พบ *Salmonella* spp. ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

จำนวน total coliform ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.19 ในวันเริ่มต้นของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 มีจำนวน 44, 35, 35, 35 และ 24 MPN ต่อตัวอย่าง 1 กรัม แต่เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตพบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทุกระดับมีจำนวน coliform ที่ตรวจพบน้อยกว่าวันเริ่มต้นของกระบวนการผลิต ยกเว้นสูตรควบคุมที่มีจำนวน coliform เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีจำนวนพีเอชที่ลดลงเร็วกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากเจลบุกซึ่งจัดอยู่ในสารประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกที่มีการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบเนื้อสัตว์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้ผลิตกรดแลคติกออกมามากขึ้น (Visessanguan *et al.* 2004) ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นได้แก่กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก โดยค่าความเป็นกรดด่าง ค่าการแตกตัว (pKa) และความเข้มขึ้นของกรดอินทรีย์จะส่งผลต่อจุลินทรีย์ก่อโรค (De Vuyst and Vandamme. 1994) ทางด้านจำนวน fecal coliform ในตารางที่ 4.19 พบว่าในวันที่ 0 ของกระบวนการหมักสูตรควบคุมมีจำนวน fecal coliform มากที่สุด รองลงมาคือสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ณ วันที่ 3 จำนวน fecal coliform ลดลง โดยสูตรควบคุมมีจำนวน 7.3 MPN/g และสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทุกร้อยละการผลิตมีจำนวน <3 MPN/g ในทุกสูตรการผลิต เมื่อทำการตรวจจำนวน *E. coli* (ตารางที่ 4.19) ในวันเริ่มต้นของกระบวนการหมักพบว่า ไส้กรอกอีสานสูตรควบคุมพบจำนวน *E. coli* 11 MPN/g ทางด้านไส้กรอกอีสานสูตรการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทุกระดับร้อยละมีจำนวน <3 MPN/g และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตพบว่าทุกสูตรการผลิตมีจำนวน <3 MPN/g ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546)

ตารางที่ 4.18 จำนวนยีสต์ (log cfu/g)ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean ± SD)

วัน	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
0	$3.24 \pm 0.01^{c,A\dagger,\ddagger}$	$3.35 \pm 0.04^{b,A}$	$3.18 \pm 0.03^{c,A}$	$3.10 \pm 0.01^{d,A}$	$3.91 \pm 0.01^{a,A}$
3	$2.26 \pm 0.17^{c,B}$	$3.08 \pm 0.02^{a,B}$	$2.49 \pm 0.08^{c,B}$	$2.75 \pm 0.01^{b,B}$	$2.49 \pm 0.10^{c,B}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.19 จำนวน total coliform, fecal coliform และ E. *coli* (MPN/g)ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

เชื้อที่ศึกษา	วัน	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
		0	25	50	75	100
Total coliform	0	44	35	35	35	24
	3	>2,400	7.3	16	<3	7.2
Fecal coliform	0	11	<3	3.6	<3	<3
	3	7.3	<3	<3	<3	<3
E. *coli*	0	11	<3	<3	<3	<3
	3	<3	<3	<3	<3	<3

3) ค่าสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

สิ้นสุดกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 5 สูตรการผลิตพบว่าค่าสี ได้แก่ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ทั้งภายนอกและภายในตัวผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แสดงในตารางที่ 4.20 ทางด้านค่าสีแดง (a*) ทั้งภายนอกและภายในผลิตภัณฑ์พบว่า สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100, 75, 50 และ 25 มีค่าสีแดงมากกว่ากลุ่มควบคุมทุกสูตรการผลิต (P<0.05) ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ ดวงใจ และเมธี (2556) ที่กล่าวว่าการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 70 มีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อความแตกต่างของสีผลิตภัณฑ์แฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยมีค่าค่าสีแดงเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุม งานวิจัยอื่นๆรายงานผลว่าปริมาณไขมันที่ถูกลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและแดงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ซึ่งผลกระทบนี้ถูกสังเกตจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปรุงสุก (Carballo *et al.* 1996) และไส้กรอกหมัก (Muguerza *et al*. 2004 ; Salazar *et al*. 2009) Ruiz-Capillas *et al*. (2012) พบว่าค่าความสว่างไม่แตกต่างกันในไส้กรอกหมักแห้งสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุก แต่ค่าสีแดงมีแน้วโน้มที่จะลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการลดไขมัน แต่งานวิจัยของ Muguerza *et al.* (2002) ไม่พบความแตกต่างของค่าสีแดงในไส้กรอกหมักที่มีระดับไขมันแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.20 ค่าสี (L*, a* และ b*) ด้านนอกและด้านในของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
สีภายนอกผลิตภัณฑ์					
- ค่าความสว่าง (L*)	45.04 ± 1.87[a†]	42.29 ± 2.66[a]	41.29 ± 1.73[a]	42.84 ± 2.61[a]	44.40 ± 2.08[a]
- ค่าสีแดง (a*)	4.82 ± 0.64[b]	6.49 ± 0.43[a]	6.05 ± 0.80[a]	6.79 ± 0.67[a]	7.11 ± 0.95[a]
- ค่าสีเหลือง (b*)	9.17 ± 0.23[a]	8.83 ± 1.13[a]	9.78 ± 0.92[a]	9.25 ± 0.54[a]	8.93 ± 0.53[a]
สีภายในผลิตภัณฑ์					
- ค่าความสว่าง (L*)	46.92 ± 1.94[a]	45.17 ± 3.77[a]	46.14 ± 1.89[a]	46.67 ± 3.26[a]	49.62 ± 2.47[a]
- ค่าสีแดง (a*)	4.59 ± 0.40[b]	6.28 ± 0.85[a]	6.07 ± 0.32[a]	6.18 ± 1.37[a]	5.18 ± 1.48[a]
- ค่าสีเหลือง (b*)	6.02 ± 0.90[a]	6.49 ± 1.09[a]	6.53 ± 0.28[a]	6.61 ± 0.53[a]	6.87 ± 0.81[a]

[†] ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

ลักษณะสัมผัสโดยรวมของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกแต่ละสูตรพบว่า ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัวกัน และค่าความเหนียวของสูตรที่เติมเจลบุลร้อยละ 100 มีค่ามากที่สุดในกลุ่มการผลิต (P<0.05) แสดงในตารางที่ 4.21 ตามมากลุ่มเจลบุกร้อยละ 75, 50, 25 และ 0 ตามลำดับ (P<0.05) แต่กลุ่มไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25 ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัวกัน และค่าความเหนียวไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) ด้านความยืดหยุ่นกลุ่มที่เติมเจลบุกร้อยละ 100, 75 และ 50 มีค่าความยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม และมีค่ามากกว่ากลุ่มไส้กรอกอีสานที่เติมเจลบุกร้อยละ 25 และกลุ่มควบคุม (P<0.05) ทางด้านค่าการเคี้ยวสูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่ามากที่สุด (P<0.05) ตามมาด้วยกลุ่มสูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 75, 50, 25 และกลุ่มควบคุม (10.90, 9.84, 7.46, 3.55 และ 2.82) ตามลำดับ โดยกลุ่มที่มีเจลบุกร้อยละ 25 กับกลุ่มควบคุมค่าการเคี้ยวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(P>0.05) ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันสุกรจะทำให้ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะตัวกัน และค่าความเหนียว เหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากบุกมีองค์ประกอบของกลูโคแมนแนนซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ของโปรตีนเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในไส้กรอกสุกร (Colmenero. 1996) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liaros *et al*. (2009) และ Muguerza *et al.* (2002) โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่แข็งขึ้นมาจากการลดปริมาณของไขมันในไส้กรอกหมักแห้งและในผลิตภัณฑ์เนื้อปรุงสุก (Carballo *et al.* 1995) ซึ่งเจลหรืออิมัลชันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้รับผลกระทบจากการแทนที่ไขมันด้วยเจลบุกที่แตกต่างไปตามลักษณะของเจลบุกและสัดส่วนที่เข้าไปทดแทน (Jiménez-Colmenero *et al*. 2010 ; Kao and Lin. 2006 ; Lin and Huang. 2003 ; Osburn and Keeton. 2004)

ตารางที่ 4.21 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
ค่าความแข็ง (N)	6.51 ± 1.32^{d†}	7.74 ± 1.02^{d}	14.40 ± 2.02^{c}	17.84 ± 3.49^{b}	18.27 ± 1.96^{a}
ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0.43 ± 0.01^{d}	0.46 ± 0.03^{d}	0.52 ± 0.03^{c}	0.55 ± 0.01^{b}	0.60 ± 0.01^{a}
ค่าความเหนียว (N)	2.82 ± 0.53^{d}	3.53 ± 0.62^{d}	7.45 ± 1.15^{c}	9.85 ± 2.05^{b}	10.92 ± 1.17^{a}
ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0.51 ± 0.01^{b}	0.54 ± 0.05^{b}	0.67 ± 0.06^{a}	0.69 ± 0.04^{a}	0.77 ± 0.04^{a}
ค่าการเคี้ยว (N)	2.82 ± 0.55^{d}	3.55 ± 0.62^{d}	7.46 ± 1.15^{c}	9.84 ± 2.06^{b}	10.90 ± 1.18^{a}

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

5) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทดสอบลักษณะ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นเปรี้ยว กลิ่นรส ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิต ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 4.22 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนค่าสี ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำน้ำของทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อาจเนื่องมาจากความแตกต่างเพียงเล็กน้อยที่ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันออกได้ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Osburn and Keeton (2004) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อแกะที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 10 และ 20 ที่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างเพียงเล็กน้อยผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเจลบุกสามารถทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานในสูตรการผลิตได้ร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 100 แต่เนื่องจากการใช้ร้อยละของเจลบุกทดแทนไขมันในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลเสียในด้านค่าการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้นรวมถึงค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยว ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากเจลบุกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ร้อยละ 50 เนื่องจากมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 และ 100 อีกทั้งค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ส่วนด้านค่าสีโดยเฉพาะค่าสีแดงมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งค่าสีแดงมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ดูน่ารับประทานมากขึ้น อีกทั้งการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 ช่วยในเรื่องของการปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่นค่าเกาะตัวกันในผลิตภัณฑ์ ค่าความยืดหยุ่น รวมไปถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ไม่พบความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมในด้านสี ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวมซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
สี	5.53 ± 1.77^{a†}	6.33 ± 2.09^{a}	6.80 ± 1.59^{a}	6.67 ± 1.59^{a}	6.60 ± 1.64^{a}
ลักษณะปรากฏ	5.87 ± 1.60^{a}	5.80 ± 2.43^{a}	6.40 ± 1.59^{a}	6.67 ± 1.54^{a}	6.67 ± 1.63^{a}
กลิ่นเปรี้ยว	5.57 ± 1.59^{c}	6.13 ± 1.13^{bc}	7.33 ± 1.18^{a}	6.73 ± 1.58^{ab}	6.53 ± 1.51^{abc}
กลิ่นรส	5.30 ± 1.75^{c}	5.57 ± 1.90^{bc}	6.90 ± .51^{a}	6.83 ± 1.46^{a}	7.07 ± 1.75^{ab}
ความนุ่ม	5.33 ± 2.02^{a}	5.27 ± 1.94^{a}	5.73 ± 1.75^{a}	6.40 ± 1.59^{a}	5.53 ± 1.92^{a}
ความชุ่มฉ่ำน้ำ	5.83 ± 1.91^{a}	5.87 ± 2.20^{a}	6.23 ± 1.78^{a}	6.47 ± 1.88^{a}	6.00 ± 1.36^{a}
ความชอบโดยรวม	5.27 ± 1.62^{b}	5.30 ± 1.85^{ab}	6.33 ± 1.95^{ab}	6.67 ± 1.35^{a}	6.60 ± 1.64^{a}

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข) (ค) (ง) (จ)

ภาพที่ 4.8 ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักโดยร้อยละ 0 (ก) ร้อยละ 25 (ข) ร้อยละ 50 (ค) ร้อยละ 75 (ง) และ ร้อยละ 100 (จ)

6) องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน พบว่าไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 แสดงในตารางที่ 4.23 มีค่าความชื้น ไขมัน โปรตีน และ เถ้า (ร้อยละ) 59.43, 15.53, 13.46 และ 2.58 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ยกเว้นปริมาณไขมันที่มีร้อยละน้อยกว่า ทางด้านปริมาณใยอาหารที่ย่อยได้ (ร้อยละ) คือ 1.42 ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (ร้อยละ) 0.11 เนื่องจากองค์ประกอบที่พบในเจลบุก คือ กลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตจัดอยู่ในกลุ่มใยอาหาร ดังนั้นไส้กรอกอีสานที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกจึงมีค่าใยอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม สำหรับปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า พบว่าการเพิ่มปริมาณการใช้เจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูจะส่งผลให้มีค่าดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากแป้งบุกมีองค์ประกอบของ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77.8 ความชื้นร้อยละ 12.7 โปรตีนร้อยละ 4.6 ไขมันร้อยละ 0.1 และปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ร้อยละ 4.9 กรัม (พรรัตน์ สินชัย พานิช. 2545) ดังนั้นเมื่อเพิ่มการทดแทนไขมันด้วยเจลบุก จึงเป็นการลดไขมันแต่เพิ่ม ความชื้น โปรตีน และเถ้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ruiz-Capillas *et al.*(2012) ซึ่งรายงานว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูในไส้กรอกหมักแห้งส่งผลให้ปริมาณไขมันลดลง แต่ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าเพิ่มขึ้น จากการศึกษาค่าพลังงานทั้งหมดของสูตรผลิตที่มีการเติมเจลบุกแทนไขมันร้อยละ 50 มีค่า 228.9 กิโลแคลอรี่ต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (339.7 กิโลแคลอรี่ต่อตัวอย่าง 100 กรัม) เนื่องเจลบุกที่จัดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตให้ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม ส่วนไขมันให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม (Jones. 1996)

ตารางที่ 4.23 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ผลจากการวิเคราะห์	
	กลุ่มควบคุม	เจลบุกร้อยละ 50
ความชื้น (ร้อยละ)	47.59 ± 0.65[†]	59.43 ± 1.14
ไขมัน (ร้อยละ)	28.72 ± 0.25	15.53 ± 0.35
โปรตีน (ร้อยละ)	13.06 ± 0.06	13.46 ± 0.31
เถ้า (ร้อยละ)	2.35 ± 0.04	2.58 ± 0.35
ใยอาหารที่สามารถย่อยได้ (ร้อยละ)	0.11 ± 0.00	1.42 ± 0.00
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี่/100กรัม)	339.7 ± 3.02	228.9 ± 2.22

[†] ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รอบการผลิต

4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ

สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดและมีคุณภาพโดยรวมมากที่สุดคือสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 จะถูกนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ไขมันในการผลิตแบบปกติ โดยเจลบุกที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เจลบุกใหม่ และแบบที่ 2 เจลบุกเก่า ที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นแบบลักษณะแช่น้ำ 12 วัน ผลที่ได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 คุณภาพเคมี-กายภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษา

4.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณความชื้น

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก 3 สูตร คือ สูตรควบคุม สูตรเจลบุกใหม่และสูตรเจลบุกเก่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าค่าการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นทั้ง 3 สูตรการผลิต มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาและระหว่างกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4.24 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Özpolat E. (2013) โดยปริมาณความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ แต่มีรายงานกล่าวถึงการสูญเสียของเหลวระหว่างการเก็บรักษาและการระเหยของความชื้นจากเนื้อสัตว์มาจากห้องเย็นที่เก็บเนื้อสัตว์ (Arief *et al*. 1989) แนวโน้มการลดความชื้นระหว่างการเก็บรักษาที่ห้องเย็นสอดคล้องกับผลของ Biswas *et al.* (2011)ในเนื้อเป็ด Haveman and Rao (1997) ในเนื้อไก่ และ Abdolghafour and Saghir (2014) ในไส้กรอกเนื้อควายที่เก็บรักษาสภาวะแช่เย็น แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้เก็บผลิตภัณฑ์ในลักษณะสุญญากาศโดยใช้ถุง PE (Polyethylene) ซึ่งมีคุณสมบัติมีความเหนียวและทนต่อการซึมผ่านของก๊าซ และป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควร (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2542)

ตารางที่ 4.24 การสูญเสียน้ำหนัก (% weigh loss) และปริมาณความชื้น (% wet basis) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
การสูญเสียน้ำหนัก	0	$10.17 \pm 4.56^{a,A\dagger,\ddagger}$	$11.46 \pm 5.17^{a,A}$	$11.13 \pm 3.64^{a,A}$
(% weigh loss)	1	$8.81 \pm 5.70^{a,A}$	$10.54 \pm 5.20^{a,A}$	$11.30 \pm 1.83^{a,A}$
	2	$7.14 \pm 0.41^{a,A}$	$10.96 \pm 3.12^{a,A}$	$10.23 \pm 1.48^{a,A}$
	3	$8.81 \pm 1.61^{a,A}$	$11.15 \pm 7.17^{a,A}$	$11.46 \pm 0.68^{a,A}$
	4	$8.15 \pm 5.58^{a,A}$	$11.73 \pm 9.80^{a,A}$	$12.47 \pm 9.33^{a,A}$
ปริมาณความชื้น	0	$40.73 \pm 4.47^{a,A\dagger,\ddagger}$	$54.30 \pm 0.51^{a,A}$	$56.52 \pm 0.63^{a,A}$
(% wet basis)	1	$44.11 \pm 10.95^{a,A}$	$54.82 \pm 2.06^{a,A}$	$55.77 \pm 3.92^{a,A}$
	2	$51.73 \pm 1.32^{a,A}$	$56.67 \pm 2.23^{a,A}$	$57.97 \pm 2.00^{a,A}$
	3	$49.39 \pm 2.16^{a,A}$	$58.73 \pm 0.64^{a,A}$	$58.76 \pm 3.98^{a,A}$
	4	$48.26 \pm 2.49^{a,A}$	$59.11 \pm 0.45^{a,A}$	$60.00 \pm 0.97^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 ค่าพีเอชและ ปริมาณกรดทั้งหมด

ในระหว่างการเก็บรักษา ณ สัปดาห์ที่ 0 และ 1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 มีค่าพีเอช แสดงในตารางที่ 4.25 พบว่าสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่สูตรการผลิตที่ใช้เจลบุกเก่าทดแทนไขมันร้อยละ 50 ค่าพีเอชไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผลิตโดยใช้เจลบุกใหม่ ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 ทั้งสูตรเจลใหม่และเจลเก่ามีค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าพีเอชที่น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ซึ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ค่าพีเอชแต่ละสูตรมีค่าไม่คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ ($P>0.05$)

ค่าร้อยละของปริมาณกรดทั้งหมดพบว่าทั้ง 3 สูตรการผลิต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาและระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 4.25) ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Karolina *et al*. (2012) ที่กล่าวว่า ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักธรรมชาติของมีการเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอันเนื่องมาจากการเกิด proteolysis ที่มากขึ้นจากเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระซึ่งเป็นผลทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น บางรายงานกล่าวว่าค่าพีเอชของไส้กรอกหมักกึ่งแห้งมีค่าพีเอชลดลงในระหว่างการเก็บรักษาอันเนื่องมาจากกรดแลคติกของจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการจัดเก็บรักษาซึ่งขึ้นอยู่กับผลของเมแทบอริซึมสารอาหารของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกซึ่งค่าพีเอชมีปฏิสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Muguerza *et al.* 2002; Kayaardi and Gok. 2003) Stamatis and Arkoudelos (2007) รายงานถึงค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ปลาในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศว่ามีการเพิ่มและลดของค่าพีเอชระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
พีเอช	0	$4.50 \pm 0.04^{a,A\dagger,\ddagger}$	$4.32 \pm 0.02^{b,A}$	$4.38 \pm 0.11^{ab,A}$
	1	$4.45 \pm 0.05^{a,A}$	$4.32 \pm 0.02^{b,A}$	$4.36 \pm 0.09^{ab,A}$
	2	$4.47 \pm 0.07^{a,A}$	$4.32 \pm 0.01^{b,A}$	$4.29 \pm 0.01^{b,A}$
	3	$4.46 \pm 0.04^{a,A}$	$4.33 \pm 0.02^{b,A}$	$4.38 \pm 0.06^{b,A}$
	4	$4.49 \pm 0.03^{a,A}$	$4.34 \pm 0.03^{c,A}$	$4.39 \pm 0.02^{b,A}$
ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	0	$0.86 \pm 0.02^{a,A}$	$0.90 \pm 0.07^{a,A}$	$0.86 \pm 0.11^{a,A}$
	1	$0.86 \pm 0.08^{a,A}$	$0.82 \pm 0.05^{a,A}$	$0.89 \pm 0.04^{a,A}$
	2	$0.84 \pm 0.07^{a,A}$	$0.83 \pm 0.05^{a,A}$	$0.90 \pm 0.04^{a,A}$
	3	$0.86 \pm 0.02^{a,A}$	$0.93 \pm 0.12^{a,A}$	$0.99 \pm 0.05^{a,A}$
	4	$0.86 \pm 0.07^{a,A}$	$0.90 \pm 0.02^{a,A}$	$0.88 \pm 0.07^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.2.3 ค่าสี

ค่าสีภายนอกผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ในสัปดาห์ที่ 0 สูตรเจลบุกร้อยละ 50 ทั้งเจลบุกใหม่และเจลบุกเก่ามีค่าความสว่าง (L*) มากกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) (ตารางที่ 4.26) แต่ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างกลุ่ม (P<0.05) ในระหว่างการเก็บรักษาค่าความสว่างของสูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่สูตรควบคุมในสัปดาห์ที่ 2 มีค่าความสว่างมากกว่าสัปดาห์ที่ 4 ทางด้านค่าสีแดง (a*) ภายนอกผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับค่าความสว่าง โดยมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มในสัปดาห์ที่ 0 (P<0.05) ซึ่งสัปดาห์ 1, 2, 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันใน 3 สูตรการผลิต โดยแต่ละสูตรของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ค่าสีแดงภายนอกในผลิตภัณฑ์ ณ สัปดาห์ที่ 4 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ของระยะเวลาการเก็บรักษา (P<0.05) ทั้ง 3 สูตรการผลิต ทางด้านค่าสีเหลือง (b*) ภายนอกผลิตภัณฑ์โดยสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 มีแนวโน้มที่จะคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาสำหรับค่าสีภายในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 4.26 ค่าความสว่างไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (P>0.05) แต่สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 มีค่าความสว่างภายในผลิตภัณฑ์ในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 (P<0.05) ค่าสีแดงภายในผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างกลุ่ม (P>0.05) แต่ ณ สัปดาห์ที่ 4 มีไส้กรอกอีสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าและใหม่มีค่าสีแดงลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ของระยะเวลาการเก็บรักษา ($P<0.05$) โดยค่าสีเหลืองภายในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 ในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ($P<0.05$) โดยทั่วไปมีรายงานถึงการเติมเจลบุกทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (18 กรัม/ 100 กรัม) ซึ่งมีอิทธิผลต่อค่าสีเพียงเล็กน้อย (Kao and Lin. 2006; Lin and Huang. 2003) อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบกับไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์กลุ่มควบคุมไขมัน (28 กรัม/ 100 กรัม) พบว่า ค่าความสว่างมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อเติมเจลบุก (Kao and Lin. 2006; Lin and Huang. 2003) คล้ายกับรายงานในไส้กรอกหมูไขมันต่ำ (Osburn and Keeton. 1994) ระดับของไขมันส่งผลกระทบต่อค่าสี การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงถึงปริมาณของไขมันที่ลดลงส่งผลต่อค่าสีแดงและความคล้ำของผลิตภัณฑ์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ซึ่งผลคล้ายกับผลการทดลองในครั้งนี้

ตารางที่ 4.26 ค่าสี (L*, a* และ b*) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
ด้านนอกผลิตภัณฑ์				
L*	0	$51.31 \pm 2.82^{b,AB\dagger,\ddagger}$	$55.07 \pm 0.68^{a,A}$	$55.52 \pm 1.04^{a,A}$
	1	$53.41 \pm 3.51^{a,AB}$	$55.16 \pm 1.35^{a,A}$	$57.46 \pm 0.63^{a,A}$
	2	$61.07 \pm 2.98^{a,A}$	$53.16 \pm 3.97^{b,A}$	$55.94 \pm 0.87^{ab,A}$
	3	$57.57 \pm 4.5^{a,AB}$	$54.63 \pm 5.57^{a,A}$	$53.66 \pm 5.50^{a,A}$
	4	$48.68 \pm 9.39^{a,B}$	$53.47 \pm 1.97^{a,A}$	$54.74 \pm 4.41^{a,A}$
a*	0	$8.65 \pm 1.17^{a,A}$	$6.17 \pm 0.78^{b,A}$	$5.65 \pm 1.47^{b,AB}$
	1	$6.86 \pm 1.98^{a,A}$	$6.01 \pm 0.53^{a,AB}$	$6.45 \pm 0.76^{a,A}$
	2	$2.97 \pm 1.12^{a,B}$	$3.85 \pm 0.22^{a,C}$	$4.13 \pm 1.11^{a,BC}$
	3	$3.53 \pm 0.97^{a,B}$	$4.63 \pm 0.49^{a,BC}$	$4.78 \pm 1.29^{a,ABC}$
	4	$2.51 \pm 0.7^{a,B}$	$3.45 \pm 1.41^{a,C}$	$3.3 \pm 0.55^{a,C}$
b*	0	$15.43 \pm 0.63^{a,A}$	$11.10 \pm 1.37^{b,A}$	$9.37 \pm 0.69^{b,B}$
	1	$14.97 \pm 0.68^{a,A}$	$11.55 \pm 1.49^{b,A}$	$9.21 \pm 0.45^{c,B}$
	2	$14.08 \pm 0.7^{a,A}$	$11.12 \pm 1.58^{b,A}$	$11.57 \pm 1.21^{b,A}$
	3	$13.76 \pm 0.79^{a,A}$	$13.61 \pm 1.39^{a,A}$	$11.97 \pm 2.06^{a,A}$
	4	$10.69 \pm 2.12^{a,B}$	$11.99 \pm 0.83^{a,A}$	$11.13 \pm 0.49^{a,AB}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
ด้านในผลิตภัณฑ์				
L*	0	$55.08 \pm 4.17^{a,A\dagger,\ddagger}$	$54.33 \pm 1.09^{a,A}$	$50.59 \pm 1.75^{a,C}$
	1	$56.49 \pm 3.19^{a,A}$	$54.92 \pm 5.28^{a,A}$	$52.07 \pm 3.77^{a,BC}$
	2	$57.32 \pm 4.41^{a,A}$	$54.63 \pm 4.68^{a,A}$	$55.74 \pm 1.81^{a,ABC}$
	3	$55.68 \pm 7.87^{a,A}$	$59.80 \pm 0.34^{a,A}$	$57.24 \pm 0.55^{a,AB}$
	4	$54.55 \pm 2.37^{a,A}$	$55.58 \pm 3.47^{a,A}$	$59.42 \pm 4.41^{a,A}$
a*	0	$6.26 \pm 1.19^{a,A}$	$8.79 \pm 3.04^{a,A}$	$7.61 \pm 0.61^{a,A}$
	1	$6.86 \pm 1.91^{a,A}$	$8.75 \pm 2.54^{a,A}$	$6.15 \pm 2.17^{a,AB}$
	2	$6.32 \pm 2.11^{a,A}$	$7.19 \pm 2.45^{a,Ab}$	$5.83 \pm 0.93^{a,AB}$
	3	$4.29 \pm 1.17^{a,A}$	$4.51 \pm 0.65^{a,B}$	$5.22 \pm 0.35^{a,B}$
	4	$6.17 \pm 1.29^{a,A}$	$4.53 \pm 0.36^{a,B}$	$4.77 \pm 0.51^{a,B}$
b*	0	$8.33 \pm 0.68^{ab,A}$	$9.14 \pm 0.63^{a,AB}$	$7.27 \pm 0.40^{b,C}$
	1	$8.38 \pm 1.50^{a,A}$	$9.44 \pm 0.31^{a,A}$	$7.99 \pm 1.61^{a,BC}$
	2	$8.32 \pm 0.18^{a,A}$	$8.04 \pm 0.44^{a,B}$	$8.55 \pm 0.66^{a,ABC}$
	3	$8.59 \pm 0.98^{a,A}$	$8.86 \pm 0.56^{a,AB}$	$9.76 \pm 0.27^{a,A}$
	4	$8.73 \pm 0.61^{a,A}$	$9.17 \pm 1.06^{a,AB}$	$9.13 \pm 0.89^{a,AB}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.4.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 3 สูตรการผลิต ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวที่มีลักษณะผลไปในทางทิศเดียวกันคือในสัปดาห์ที่ 0 มีค่ามากที่สุดหลังจากนั้นจะลดลงทุกสูตรการผลิต ($P<0.05$) ตารางที่ 4.27 โดยในสัปดาห์ที่ 0 สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 มีค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามมาด้วยสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่า และสูตรควบคุม ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเจลบุกเก่าไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ($P>0.05$) และมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) ทางด้านค่าการเกาะตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 และสูตรการผลิตที่มีการดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มตลอดการเก็บรักษา ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าการเกาะตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าความยืดหยุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่ากลุ่มควบคุม ($P<0.05$) เนื่องจากเจลบุกมีลักษณะที่คงตัวมากกว่าไขมันจึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Osburn and Keeton (1994) ที่พบว่าระยะเวลามีผลเล็กน้อยต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเจลบุก

ตารางที่ 4.27 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean ± SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
ค่าความแข็ง (N)	0	$8.76 \pm 2.28^{c,A\dagger,\ddagger}$	$20.76 \pm 5.93^{a,A}$	$14.70 \pm 3.53^{b,A}$
	1	$3.49 \pm 2.04^{b,B}$	$9.22 \pm 3.22^{a,B}$	$11.89 \pm 0.68^{a,AB}$
	2	$2.83 \pm 1.14^{b,B}$	$8.98 \pm 2.70^{a,B}$	$8.85 \pm 2.81^{a,B}$
	3	$2.68 \pm 0.79^{b,B}$	$6.07 \pm 1.28^{a,B}$	$7.27 \pm 2.79^{a,C}$
	4	$2.67 \pm 0.93^{b,B}$	$5.29 \pm 1.25^{a,B}$	$5.84 \pm 2.24^{a,C}$
ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0	$0.46 \pm 0.04^{b,A}$	$0.58 \pm 0.04^{a,A}$	$0.58 \pm 0.06^{a,A}$
	1	$0.42 \pm 0.05^{b,AB}$	$0.57 \pm 0.04^{a,AB}$	$0.58 \pm 0.02^{a,A}$
	2	$0.37 \pm 0.06^{b,BC}$	$0.55 \pm 0.02^{a,AB}$	$0.55 \pm 0.02^{a,AB}$
	3	$0.36 \pm 0.05^{b,C}$	$0.54 \pm 0.02^{a,AB}$	$0.52 \pm 0.01^{a,B}$
	4	$0.33 \pm 0.04^{b,C}$	$0.53 \pm 0.04^{a,B}$	$0.51 \pm 0.03^{a,B}$
ค่าความเหนียว (N)	0	$3.73 \pm 1.19^{b,A\dagger,\ddagger}$	$11.32 \pm 3.21^{a,A}$	$7.72 \pm 1.83^{c,A}$
	1	$1.60 \pm 0.94^{b,B}$	$5.13 \pm 1.66^{a,B}$	$6.12 \pm 0.42^{a,AB}$
	2	$1.00 \pm 0.40^{b,B}$	$4.97 \pm 1.95^{a,B}$	$4.85 \pm 1.51^{a,BC}$
	3	$1.03 \pm 0.51^{b,B}$	$3.27 \pm 0.72^{a,B}$	$4.20 \pm 1.53^{a,C}$
	4	$0.90 \pm 0.37^{b,B}$	$3.08 \pm .78^{a,B}$	$3.45 \pm 1.52^{a,C}$
ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0	$0.52 \pm 0.11^{b,A}$	$0.69 \pm 0.07^{a,A}$	$0.71 \pm 0.07^{a,A}$
	1	$0.50 \pm 0.03^{b,AB}$	$0.69 \pm 0.06^{a,A}$	$0.68 \pm 0.07^{a,A}$
	2	$0.44 \pm 0.05^{b,BC}$	$0.64 \pm 0.09^{a,A}$	$0.67 \pm 0.11^{a,A}$
	3	$0.42 \pm 0.04^{b,C}$	$0.63 \pm 0.04^{a,A}$	$0.64 \pm 0.04^{a,A}$
	4	$0.39 \pm 0.04^{b,C}$	$0.62 \pm 0.05^{a,A}$	$0.62 \pm 0.04^{a,A}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
ค่าการเคี้ยว (N)	0	$3.73 \pm 1.19^{c,A}$	$11.31 \pm 3.20^{a,A}$	$7.71 \pm 1.83^{b,A}$
	1	$1.60 \pm 0.95^{b,B}$	$5.12 \pm 1.66^{a,B}$	$6.12 \pm 0.41^{a,AB}$
	2	$1.05 \pm 0.48^{b,B}$	$4.96 \pm 1.93^{a,B}$	$4.87 \pm 1.50^{a,BC}$
	3	$1.03 \pm 0.41^{b,B}$	$3.79 \pm 1.50^{a,B}$	$4.21 \pm 1.53^{a,C}$
	4	$0.90 \pm 0.40^{b,B}$	$3.07 \pm 0.80^{a,B}$	$3.45 \pm 1.52^{a,C}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

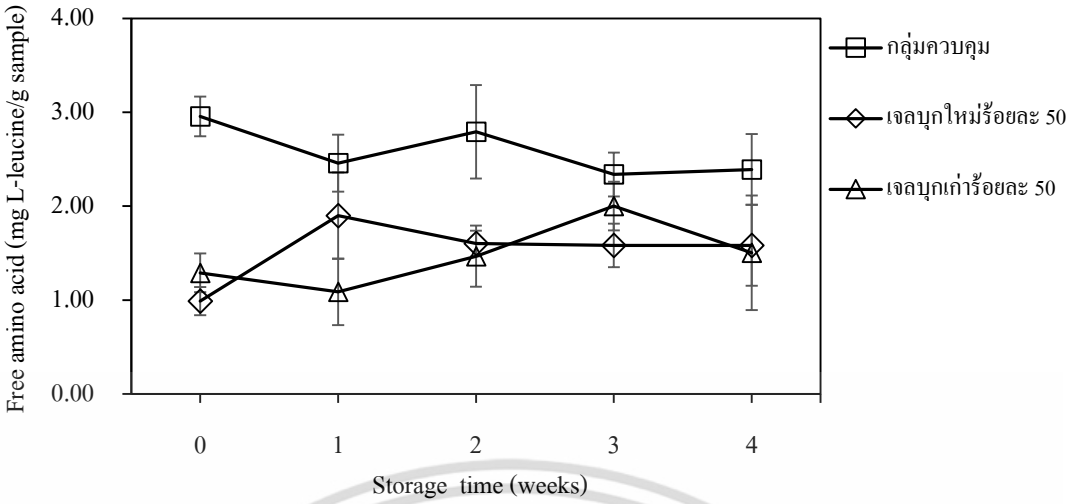
‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.4.2.5 ค่าการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อในไส้กรอกอีสาน

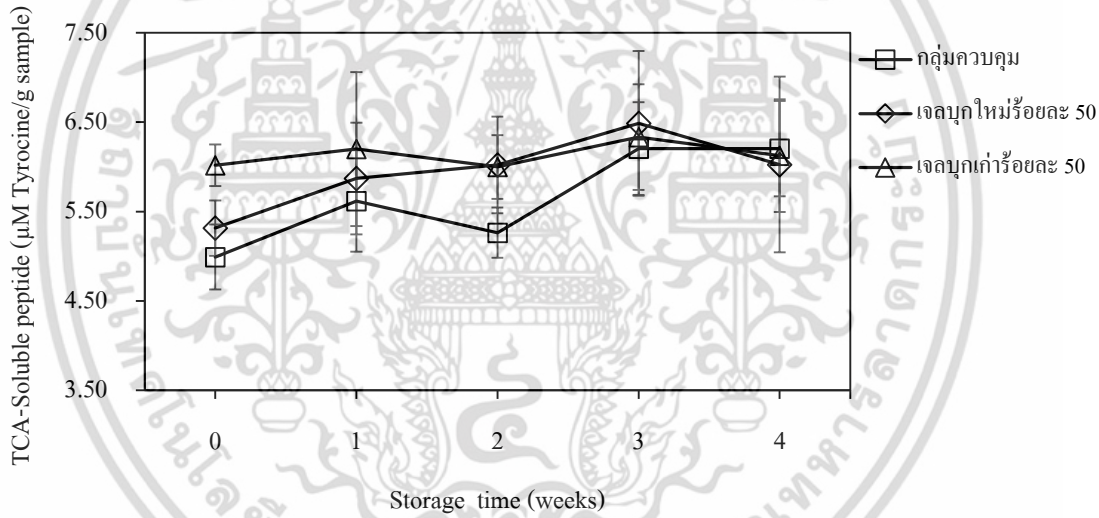
จากการศึกษาค่ากรดอะมิโนอิสระระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกพบว่าค่าอะมิโนอิสระทั้ง 3 สูตรการผลิต มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาการเก็บรักษา และพบว่าค่ากรดอะมิโนอิสระในกลุ่มควบคุมมีค่ามากกว่ากลุ่มที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย ณ สัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาค่าอะมิโนอิสระไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสัปดาห์แรก ($P>0.05$) ในแต่ละสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน แสดงในภาพที่ 4.9 เนื่องจากกรดอะมิโนอิสระอาจลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้น (substate) ที่มีอยู่และเอนไซม์ปฏิกิริยาโดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมของกรดอะมิโน decarboxylase ของจุลินทรีย์ที่รอดตาย (Virgili *et al.* 2007) ซึ่งขึ้นอยู่กับกระบวนการเทคนิคการผลิต (Martin *et al.* 1998) ซึ่งค่าอะมิโนอิสระที่ลดลงบางช่วงของการเก็บรักษานั้นคล้ายกับรายงานระหว่างการบ่มทำแฮมแห้ง (Alfaia *et al.* 2004; Buscailhon *et al*. 1994).

ผลค่า TCA-Soluble peptide ของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แสดงในภาพที่ 4.10 ทั้ง 3 สูตรการผลิต โดย ณ สัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก มีค่า 5.00, 5.31 และ 6.02 µM Tyrosine/g ตัวอย่าง ตามลำดับ และสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามีค่า 6.20, 6.02 และ 6.12 µM Tyrosine/g ตัวอย่าง ตามลำดับ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งปริมาณ TCA-soluble peptide เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ถึงกิจกรรมเอนไซด์ที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นเปปไทด์สายสั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลรูปแบบโปรตีนหลังการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE (แสดงในภาพที่ 4.11 และ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กรดอะมิโนอิสระระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก



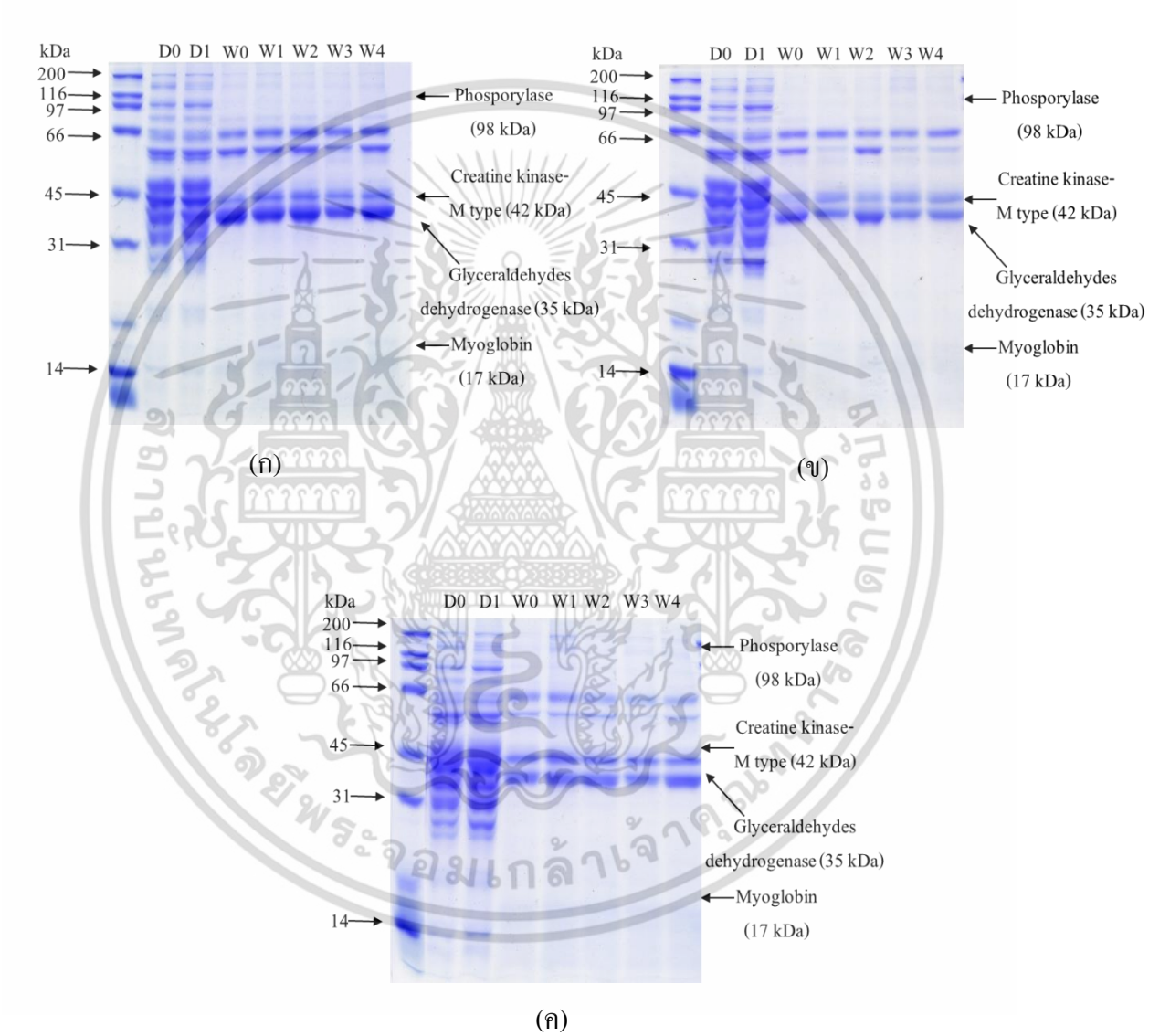
ภาพที่ 4.10 ค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

4.4.2.6 รูปแบบโปรตีนหลังการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE

จากการศึกษาการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้เทคนิค SDS-PAGE ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ดังภาพที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าเมื่อพิจารณาดูภาพรวมทั้งโปรตีนจากตัวอย่างสูตรควบคุม สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 และ สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นนั้นส่งผลทำให้เกิดการย่อยสลายไมโอซิลและแอคติน นอกจากนี้ยังพบความเข้มข้นของแถบโปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 200 kDa มีน้อยกว่าวันแรกของการเก็บ

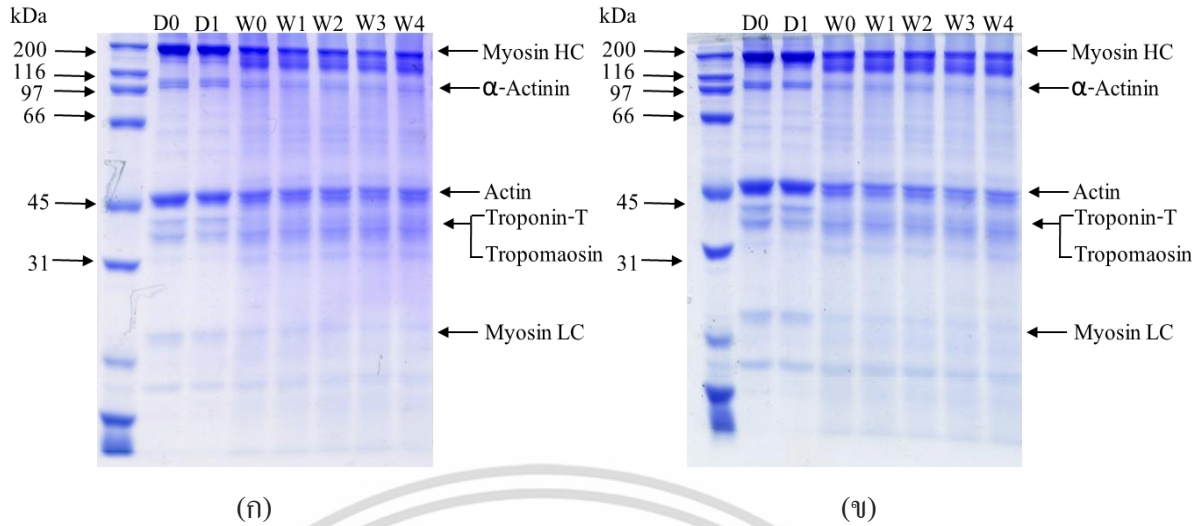
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

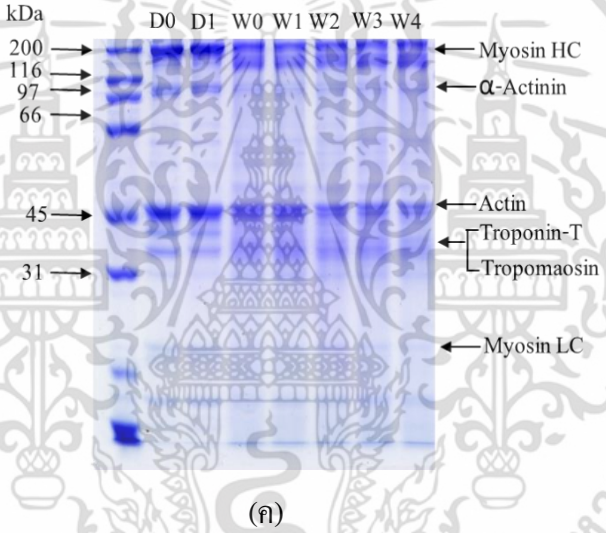
รักษา ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานานขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับตารางที่ 4.27 ที่พบว่าค่าความแข็งมีค่าน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไมโอซินเป็นดัชนีที่บ่งชี้การย่อยสลายของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ซึ่งคล้ายกับกับงานวิจัยของ ธนาภา เชตะวัน (2559) ที่กล่าวว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แหนมเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้เกิดการย่อยสลายของไมโอซินและแอคติน



ภาพที่ 4.11 รูปแบบของโปรตีนซาร์โคพลาสมิกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยเทคนิค SDS-PAGE Running gel ที่สภาวะ reducing conditionกลุ่มควบคุม (ก) เจลบุกใหม่ร้อยละ 50 (ข) และ เจลบุกเก่าร้อนละ 50 (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 4.12 รูปแบบของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยเทคนิค SDS-PAGE Running gel ที่สภาวะ reducing conditionกลุ่มควบคุม (ก) เจลบุกใหม่ร้อยละ 50 (ข) และ เจลบุกเก่าร้อนละ 50 (ค)

4.4.2.7 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระ แสดงในตารางที่ 4.28 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ในสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 มีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P<0.05$) หลังจากนั้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ทุกสูตรการผลิตมีค่าปริมาณกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างกันระหว่างสูตรการผลิตและตลอดระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษา (P>0.05) เนื่องจากในสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันสูง ซึ่งในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นไขมันประเภท triacylglyceride ซึ่งจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ lipase ที่มีอยู่ในเนื้อสัตวืและจากจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ esterase เช่น สกุล *Staphylococcus* ย่อยพันธะในตำแหน่ง mono-, di- tri ของ triacylglyceride ให้กลายเป็นกรดไขมันอิสระ (Ray. 2004) ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นนี้อาจมาจากไขมันในสะโพกสุกรมากกว่าไขมันที่เติมลงไป

ตารางที่ 4.28 ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
0	$0.18 \pm 0.02^{a,A\dagger,\ddagger}$	$0.17 \pm 0.01^{b,A}$	$0.17 \pm 0.01^{b,A}$
1	$0.22 \pm 0.02^{a,A}$	$0.19 \pm 0.05^{a,A}$	$0.18 \pm 0.01^{a,A}$
2	$0.20 \pm 0.03^{a,A}$	$0.17 \pm 0.01^{a,A}$	$0.17 \pm 0.01^{a,A}$
3	$0.22 \pm 0.03^{a,A}$	$0.18 \pm 0.01^{a,A}$	$0.18 \pm 0.02^{a,A}$
4	$0.19 \pm 0.01^{a,A}$	$0.17 \pm 0.01^{a,A}$	$0.17 \pm 0.01^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.2.8 ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TBARs

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีการเกิดออกซิเดชันของไขมันเกิดขึ้น โดยค่าเปอร์ออกไซด์ แสดงในตารางที่ 4.29 ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของระยะเวลาการเก็บรักษาค่าเปอร์ออกไซด์ของแต่ละสูตรมีค่าคงที่ (P>0.05) และค่ามีมากกว่าสัปดาห์ 0 ถึง 2 อย่างไรก็ตามสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 มีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P>0.05) จะเห็นได้ว่าค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากขั้นแรกในการเสื่อมเสียสภาพของน้ำมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในสภาวะมีออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น โดยออกซิเจนจะเข้าไปที่ตำแหน่งพันธะคู่ของสายโซ่กรดไขมัน ได้เป็นสารประกอบที่ไม่อยู่ตัว เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้น ซึ่งช่วงแรกที่เริ่มเกิดสารเปอร์ออกไซด์ขึ้นนี้จะเรียกว่าขั้นเริ่มต้น (initiation phase) ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดด้วยอัตราค่อนข้างช้าและไม่มีความสม่ำเสมอ ต่อมาจะเข้าสู่ช่วงลุกลาม (propasation phase) ในช่วงนี้จะมีการดูดซับออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบจำพวกเปอร์ออกไซด์ด้วยอัตราที่สูงขึ้นหลังจากจุดนี้จะเข้าสู่เฟสต่อไป ซึ่งจะเป็นช่วงสลายตัวของสารประกอบจำพวกเปอร์ออกไซด์กลายเป็นสารประกอบจำพวกโพลิเมอร์หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบที่ระเหยง่าย (Knothe. 2007) Toldrá (2006) รายงานถึงไขมันและฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ถูกไฮโดรไลซ์โดย lipase และ phospholipase ทำให้กรดไขมันอิสระไปเป็นเปอร์ออกไซด์

ตารางที่ 4.29 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
0	$6.33 \pm 3.11^{a,B\dagger,\ddagger}$	$2.93 \pm 0.99^{a,C}$	$2.40 \pm 1.80^{a,D}$
1	$10.47 \pm 3.10^{a,B}$	$6.20 \pm 1.25^{b,BC}$	$5.13 \pm 0.90^{b,C}$
2	$11.13 \pm 2.20^{a,B}$	$9.53 \pm 2.41^{a,AB}$	$8.60 \pm 0.53^{a,B}$
3	$16.93 \pm 0.31^{a,A}$	$11.93 \pm 2.66^{b,A}$	$11.20 \pm 1.93^{b,A}$
4	$16.93 \pm 3.91^{a,A}$	$12.80 \pm 1.78^{a,A}$	$11.87 \pm 0.64^{a,A}$

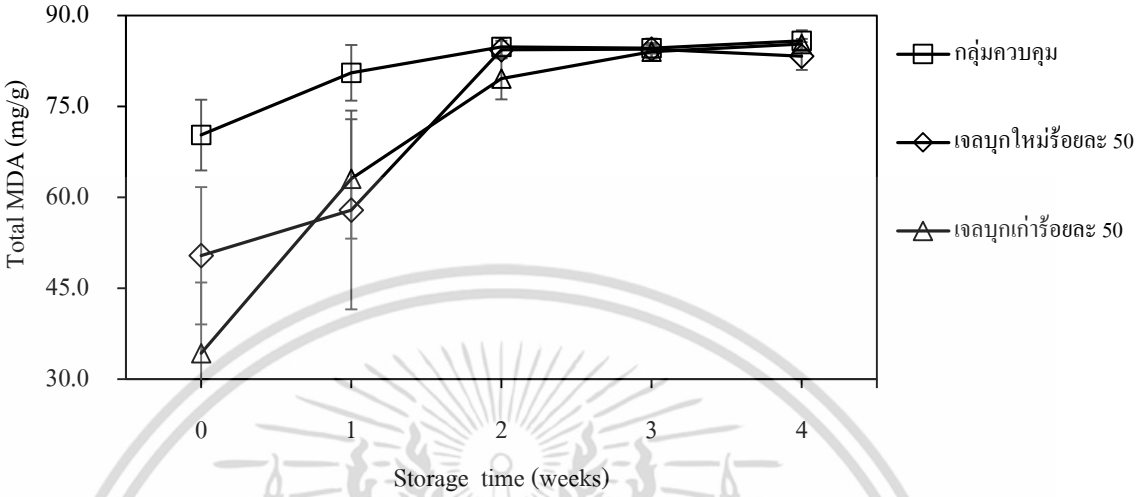
† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ณ สัปดาห์ที่ 0 ระหว่างการเก็บรักษาสูตรควบคุมมีค่า TBARs มากที่สุด ($P<0.05$) และค่า TBARs ที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในทุกสูตรการผลิต ($P<0.05$) แสดงในภาพที่ 4.13 โดยสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ruiz-Capillas *et al.* (2012) กล่าวว่า การออกซิเดชั่นของไขมัน (TBARs) ของไส้กรอกหมักแห้งไม่ได้รับผลกระทบโดยการลดไขมัน (สัดส่วนเจลบุก) แต่ได้รับผลกระทบตามระยะเวลา โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการพบว่าไม่มีความแตกต่างที่สังเกตได้ระหว่างสูตรควบคุมและสูตรที่ทดแทนไขมัน ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาอาหารนั้นมีปฏิกิริยาต่างๆเกิดขึ้นมากมายส่งผลเสียต่อคุณภาพของอาหาร ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน หรือการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นต้น (Obanu. 1988) เมื่อกล่าวถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันนั้นโดยทั่วไปค่า TBARs จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันในอาหาร (Chen *et al.* 2000) ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นที่รายงานว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs สูงขึ้นนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang *et al.* (2009) ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรและเนื้อโคมีค่า TBARs เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า TBARs นั้นมีสาเหตุมาจากการลดลงของค่าวอเตอร์แอคทิวิตีโดยการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น ในขณะที่ ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษากลับพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs ลดลง เนื่องจากการออกซิเดชันของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิดเช่น เพนทานอล เฮกซานอล 4-hydroxyonenal และสารมาลอนแอลดีไฮด์ (malonaldehyde, MA) (Pearson *et al.* 1982)



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

4.4.3 คุณภาพด้านชีวภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

4.4.3.1 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก

จากการศึกษาจำนวนแบคที่เรียผลิดกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.30 โดยมีจุลินทรีย์ในวัตถุดิบหมูสดเริ่มต้น 3.69 log cfu/g พบว่าในกลุ่มควบคุมมีจำนวนแบคทีเรียผลิดกรดแลคติกคงที่ถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษามีจำนวนแบคที่เรียผลิดกรดแลคติกเพิ่มขึ้น (8.88 log CFU/g) สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 มีจำนวนแบคทีเรียผลิดกรดแลคติกค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บ สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 พบว่าแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกไม่คงที่ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Ruiz-Capillas *et al.* (2012) ที่กล่าวว่าไม่พบความแตกต่างของแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศและแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในไส้กรอกหมักแห้งในแต่ละสูตรซึ่งทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 50 และ 80 และสอดคล้องกับงานของ Fernández *et al.* (2008) และ Salazar *et al.* (2009) ที่ไม่พบความแตกต่างของจุลินทรีย์ในไส้กรอกหมักแห้งที่มีระดับไขมันแตกต่างกัน Osburn and Keeton (1994, 2004) ไม่พบความแตกต่างของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดหมูและไส้กรอกแกะที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.30 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (log cfu/g)ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean ± SD)

ระยะเวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก (log cfu/g)		
	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
0	$8.45 \pm 0.21^{a,B\dagger,\ddagger}$	$8.30 \pm 0.00^{a,AB}$	$8.45 \pm 0.21^{a,D}$
1	$8.50 \pm 0.28^{b,B}$	$8.87 \pm 0.04^{b,B}$	$10.24 \pm 0.65^{a,A}$
2	$8.30 \pm 0.43^{a,B}$	$8.30 \pm 0.00^{a,B}$	$8.84 \pm 0.34^{a,CD}$
3	$8.86 \pm 0.01^{b,B}$	$8.76 \pm 0.04^{c,AB}$	$9.40 \pm 0.01^{a,B}$
4	$9.88 \pm 0.00^{a,A}$	$9.25 \pm 0.66^{a,A}$	$9.02 \pm 0.04^{a,BC}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.4.3.2 จำนวนยีสต์ รา *Salmonella* spp. *S. aureus* coliform และ *E. coli*

จากการศึกษาจำนวนยีสต์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.31 ซึ่งวัตถุดิบสะโพกหมูสดมีจำนวนยีสต์เริ่มต้น 2.75 log cfu/g และกระเทียม < 1 log cfu/g จากการศึกษาพบว่าทั้ง 3 สูตรการผลิตมีจำนวนยีสต์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา หากเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองสัปดาห์ที่ 0 และ 1 ทั้ง 3 สูตรการผลิตจำนวนยีสต์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) และเมื่อสัปดาห์สุดท้าย ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 มีจำนวนยีสต์มากที่สุด รองลงมีคือ สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 และสูตรควบคุม (3.97, 3.30 และ 2.82 log cfu/g ตามลำดับ) ทางด้านราพบว่ามีจำนวนต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ทั้ง 3 สูตรการผลิตและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ตามมาตราฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กำหนดจำนวนยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu/g หรือ 1 log cfu/g ดังนั้นในการผลิตครั้งต่อไปต้องระมัดระวังขั้นตอนในการผลิต โดยพยายามเลือกวัตถุดิบที่มาจากโรงงานที่ได้มาตรฐานในส่วนของขั้นตอนการแปรรูปควร ทำความสะอาดและลวกอุปกรณ์ด้วยน้ำร้อนก่อนใช้ ควบคุมสุขลักษณะของผู้ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ รวมถึงสถานที่ที่ผลิตต้องสะอาด เพื่อลดจำนวนเชื้อเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 จำนวนยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	log cfu/g		
	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
0	$1.96 \pm 0.17^{a,D\dagger,\ddagger}$	$1.63 \pm 0.46^{a,C}$	$2.18 \pm 0.00^{a,E}$
1	$2.34 \pm 0.23^{a,BC}$	$2.42 \pm 0.08^{a,B}$	$2.68 \pm 0.01^{a,D}$
2	$2.16 \pm 0.06^{b,CD}$	$2.75 \pm 0.03^{a,AB}$	$2.87 \pm 0.03^{a,C}$
3	$2.63 \pm 0.05^{c,AB}$	$2.93 \pm 0.03^{b,AB}$	$3.21 \pm 0.02^{a,B}$
4	$2.82 \pm 0.04^{c,A}$	$3.30 \pm 0.15^{b,A}$	$3.97 \pm 0.08^{a,A}$

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

‡ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการศึกษา *Salmonella* spp. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตรการผลิตต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (< 1 log cfu/g) ซึ่งตามมาฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กำหนดจำนวน *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

จำนวน *S. aureus* ที่ตรวจพบในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีจำนวนเชื้อ *S. aureus* เริ่มต้นจากสะโพกหมูสด 2.53 log cfu/g พบว่า จำนวน *S. aureus* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตรการผลิตต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ (< 1 log cfu/g) ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กล่าว่าต้องไม่พบในตัวอย่า 0.1 กรัม

จำนวน total coliform ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.32 พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรการผลิต ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีจำนวน total coliform ที่สูง หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 1 มีจำนวนลดลงและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทางด้านจำนวน fecal coliform และ E. *coli* พบว่ามีจำนวนต่ำกว่า 3 MPN/g ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 จำนวน total coliform, fecal coliform และ E. *coli* (MPN/g) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

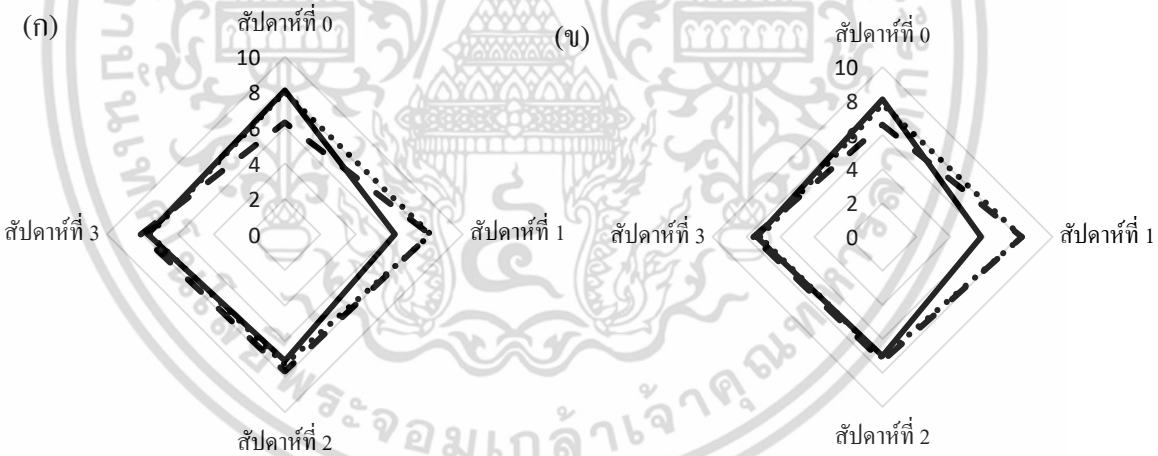
เชื้อที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)		
		กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
Total coliform	0	43	23	43
	1	23	23	23
	2	23	23	23
	3	23	23	23
	4	23	23	23
Fecal coliform	0	<3	<3	<3
	1	<3	<3	<3
	2	<3	<3	<3
	3	<3	<3	<3
	4	<3	<3	<3
E. *coli*	0	<3	<3	<3
	1	<3	<3	<3
	2	<3	<3	<3
	3	<3	<3	<3
	4	<3	<3	<3

4.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการประเมินผลความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น-รสเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรการผลิตแสดงในภาพที่ 4.14 ผู้ทำการทดสอบให้คะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้เจลบุกใหม่ร้อยละ 50 ในสัปดาห์ที่ 0 ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ($P>0.05$) แต่สูตรการผลิตที่ใช้เจลบุกเก่าร้อยละ 50 ทดแทนไขมันในสูตร พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสีต่ำที่สุด ($P<0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1 สูตรควบคุมมีคะแนนด้านสีและลักษณะปรากฏต่ำกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 3 สูตรการผลิตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทางด้านกลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของ

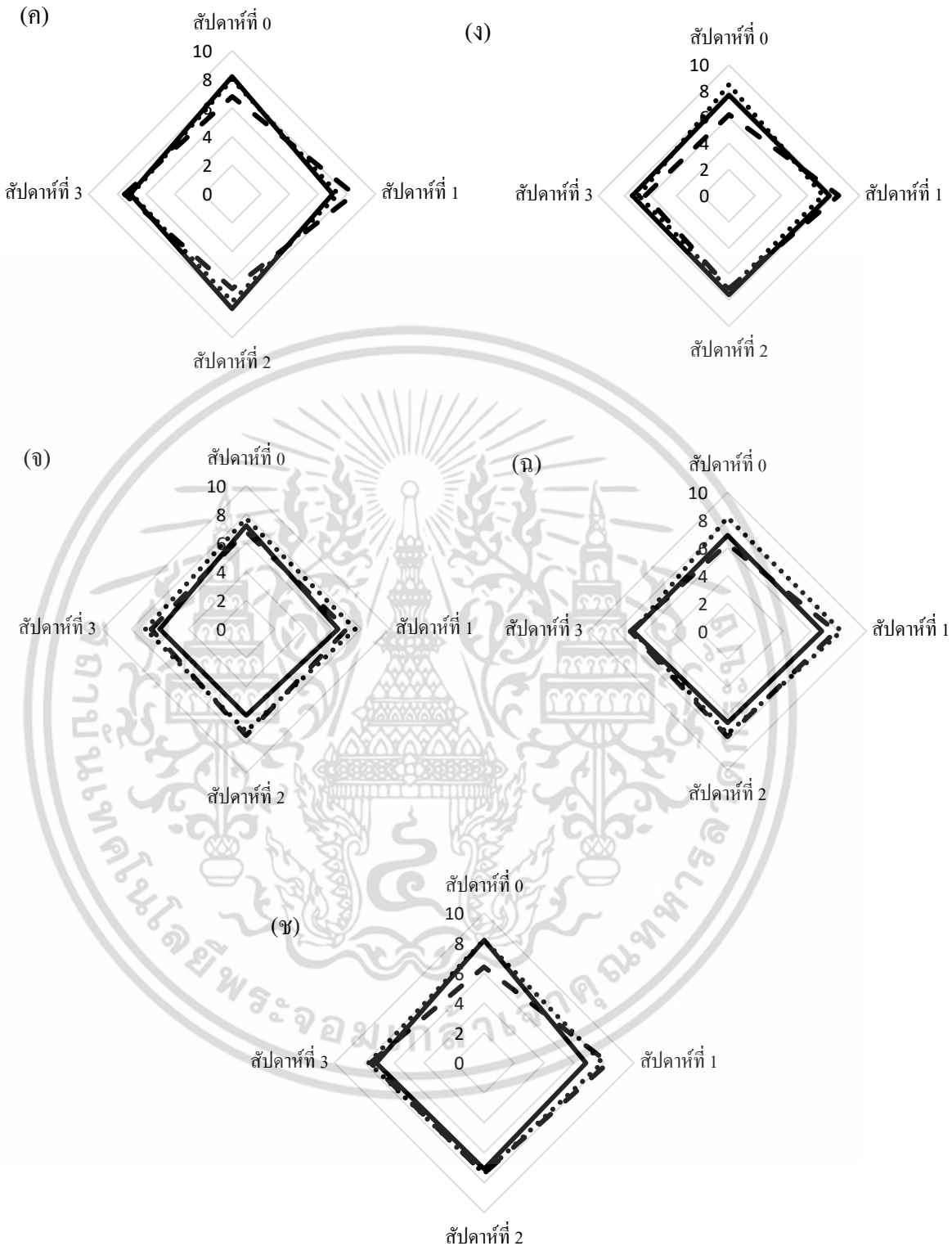
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสูตรและระหว่างการเก็บรักษา (P>0.05) ซึ่งไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์เนื่องจากมีกลิ่นหืนเกิดขึ้น ซึ่งในสัปดาห์ที่ 3 เกิดกลิ่นหืนอย่างเห็นได้ชัดในการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยในกลุ่มควบคุมมีกลิ่นหืนที่ชัดเจนกว่ากลุ่มที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 ในสูตรการผลิต มีรายงานเพียงเล็กน้อยรายงานผลถึงผลกระทบของการเติมเจลบุกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งไม่สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ของผลจากการลดไขมันและและทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (Jiménez-Colmenero *et al.* 2010) Osburn and Keeton (2004) รายงานถึงไส้กรอกไขมันต่ำทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีการลดค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสเพียงเล็กน้อย Liaros *et al.* (2009) รายงานถึงไม่พบความแตกต่างของกลิ่นรสอันเนื่องมาจากระดับไขมันในไส้กรอกหมัก เมื่อตัดผ่านดูลักษณะภายในของผลิตภัณฑ์พบว่าเจลมีลักษณะคล้ายกับไขมัน แต่มีรายงานอื่นกล่าวว่าการลดไขมันส่งผลต่อการลดค่าคะแนนของลักษณะปรากฏของไส้กรอกหมัก (Liaros *et al*. 2009; Muguerza *et al*. 2002) ทั้งนี้การเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน เนื่องจากในสูตรการผลิตมีสัดส่วนของไขมันในสูตรถึงร้อยละ 30 จึงเป็นเหตุทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาสั้นลงเนื่องจากกลิ่นหืน



ภาพที่ 4.14 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษา สี (ก) ลักษณะปรากฏ (ข) กลิ่นเปรี้ยว (ค) รสชาติเปรี้ยว (ง) เนื้อสัมผัส (จ) ความชุ่มฉ่ำ (ฉ) และความชอบโดยรวม (ช) กลุ่มควบคุม (——) กลุ่มเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 (·····) และกลุ่มเจลบุกเก่าร้อยละ 50 (- - - -)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยในส่วนแรกได้ศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม โดยทดสอบความหนืดและความคงตัวของสารละลายผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) ที่ได้จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย พบว่าผงบุก A, B และ C มีความหนืดสูงสุดหลังผสมที่ 2 ชั่วโมง และผงบุก D ที่ 3 ชั่วโมง โดย ณ ช่วงเวลาดังกล่าวผงบุกจะแสดงคุณสมบัติด้านการพองตัวหรืออุ้มน้ำได้ดีที่สุด ซึ่งการใช้น้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสในการผสมทำให้ผงบุกพองตัวได้ดีขึ้น จากผงบุกทั้ง 4 ชนิด ผงบุก D มีค่าความคงตัวต่อความร้อนได้ดีที่สุด อีกทั้งในการศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของเจลบุกพบว่าผงบุกชนิด D ให้ลักษณะปรากฏที่คล้ายกับไขมันสันหลังสุกรในด้านสี ความนุ่ม และความยืดหยุ่น รวมทั้งผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวมได้รับคะแนนมากที่สุด

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเจลบุกพบว่าในสภาวะแช่เย็นการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแช่น้ำดีกว่าการเก็บเจลบุกในลักษณะแห้งเนื่องจากคุณสมบัติของเจล เช่น การสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่าและมีค่าคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บ ส่วนทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมพบว่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากวันแรกที่เก็บรักษา ซึ่งการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแช่น้ำมีอายุการเก็บมากกว่าแบบลักษณะแห้ง เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบได้ไม่เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 12 และ 9 ตามลำดับ ทางด้านการเก็บแบบแช่แข็งควรทำละลายเพียง 1 รอบเนื่องจากการทำละลายหลายครั้งส่งผลต่อคุณสมบัติของเจลที่ลดลงเกือบทุกด้าน ยกเว้นปริมาณน้ำไหลซึมจากเจล ค่าความสว่าง และค่าความยืดหยุ่นที่ไม่เปลี่ยนแปลงในการแช่แข็งทำละลายทั้ง 3 รอบ เจลบุกมีองค์ประกอบเคมีเบื้องต้น ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน และ ไขมัน (ร้อยละ) คือ 91.47, 0.65, 0.39 และ 0.11 มีค่าใยอาหารที่ย่อยได้ (ร้อยละ) 5.38 และพลังงานทั้งหมด (kcal/100g) คือ 36.62

จากการศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติ พบว่าเจลบุกสามารถทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 100 แต่การใช้สัดส่วนของเจลบุกที่มากขึ้นในสูตรการผลิตจะส่งผลเสียทางด้านค่าการสูญเสียน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง ความเหนียว และค่าการเคี้ยวที่สูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 ในสูตรการผลิต มีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่าการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 และ 100 อีกทั้งไม่แตกต่างจากสูตรทดแทนด้วยเจลบุกร้อยละ 25 และสูตรควบคุม รวมถึงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมีลักษณะด้านต่างๆใกล้เคียงกับสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ไขมันปกติในสูตร เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 พบว่า มีค่าโปรตีน ความชื้น เถ้า ใยอาหารที่ย่อยได้มากกว่าและมีค่าพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ไขมันร้อยละ 100 ในสูตร) จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกใหม่และเก่ามาทดแทนการใช้ไขมันร้อยละ 50 ในสูตรการผลิตเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติพบว่า ค่าสีแดง (a*) ลักษณะสัมผัสโดยรวม คือ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว และค่าความเหนียวลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตร และสูตรที่ใช้เจลบุกใหม่ทดแทนไขมันในสูตรมีค่าดังกล่าวคงตัวกว่าสูตรที่ใช้เจลบุกเก่าและยังช่วยในการปรับปรุงลักษณะสัมผัสโดยรวมให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม การใช้เจลบุกใหม่ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ดีกว่าการใช้เจลบุกเก่าเนื่องจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์มีจำนวนน้อยกว่า อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยอมรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ถึงสัปดาห์ที่ 2 เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 3 ผู้ทดสอบตรวจพบกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ทั้งในระดับผู้ผลิตรายย่อยจนถึงระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายทางการค้าต่อไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ปัจจุบันหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้น

5.2.2 อย่างไรก็ตามงานวิจันนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ซึ่งหากจะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2552. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร.** กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, พรรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ, คมแข พิลาสมบัติ และ ศุภลักษณ์ สรภัคดี. 2555. ใน **เอกสารประกอบการอบรม "การแปรรูปเนื้อสัตว์" ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ . คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556. **สมุนไพรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด**. กรุงเทพฯ : ปนิดา เกิดดอนแฝก.

เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา, วรพจน์ สุวจิตตานนท์, นพรัตน์ วัชชจุฑากุล, อำพร เนติ และสุลี วัชระ. 2546. **สมุนไพรน่ารู้**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร.

ฉวีวรรณ พันธ์ไชยศรี, อุมาพร ศิริพินทุ์ และ วิจิตรา แดงปรก. 2543. **การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก**. รายงานผลวิจัย. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ชมพูนุช สีห์โสภณ. 2542. "การศึกษาสภาวะการเตรียมเจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์". **วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง**. 7(2) : 16-22.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2539. **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดารณี วโรดมวิจิตร. 2544. **"การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต"** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงใจ ท่านัทธี และเมธี ศรีศุภรัตนศิริ. 2555. "คุณลักษณะของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมัน". ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิตวิศวกรรมแปรรูปอาหาร.สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธนาภา เชตะวัน. 2559. "ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แหนมเนื้อแม้สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง".วิทยานิพนธ์. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นิจศิริ เรืองรังสี และธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547. **สมุนไพรไทย.** เล่ม 1. กรุงเทพฯ : ฐานการพิมพ์จำกัด.

นภาพร ดีสนาม. 2549. " ผลของการพัฒนาสูตรร่วมกับการเติมเจลบุกและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพของไส้อั่ว" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาลัยแม่โจ้.

นิธิยา รัตนปานนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนาวรัตน์ แย้มแสงสังข์. 2542. **การพัฒนาองค์การ.** กรุงเทพฯ : ศูนย์เอกสารและตาราสถาบันราชภัฏสวนดุสิต

ประดิษฐ์ คาหนองไผ่. 2544. **"การลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวสุกโดยวิธีการจัดการก่อนการทอดและระหว่างทอด"**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยะรัชช์ กุลเมธี, (ผู้รวบรวม). 2551. **"การทำไส้กรอกเปรี้ยวและแหนมในปฏิบัติการจุลชีววิทยาสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร"**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2542. **พลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: สัมพันธ์พานิชย์.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2545. **การวัดค่าความเป็นกรดและด่างด้วย pH Meter**. เชียงใหม่ : ศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคเหนือ.

พรรัตน์ สินชัยพานิช. 2545. สมบัติทางเคมีกายภาพและการนำแป้งบุกไปประยุกต์ใช้. **อาหาร**. 32 : 174-178.

ลักษณา รุจนะไกรกานต์. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. เล่มที่ 2. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา ไข่ดำ. 2537. **แนวโน้มทางด้านการตลาดและความต้องการของผู้บริโภคแหนม**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554. **สารานุกรมสมุนไพรไทย-จีนที่ใช้บ่อยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: สมาคมศาสตร์การแพทย์แผนจีนในประเทศไทย.

ศรายุทธ สิทธิวงศ์. 2543**. การผลิตหมูยอแบบลดไขมันโดยใช้แคปปา-คาร์ราจีแนนและแป้งบุกเป็นส่วนผสม.** รายงานโครงการวิจัย . มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกเปรี้ยว (มผช. 144-2546)**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม

สำนักงานอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2547. **ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร**. กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.

สุทัศน์ สุระวัง, ไพโรจน์ วิริยจารี และ ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2541. **โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แหนมมังสวิรัติ**. รายงานผลงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ . 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ และกมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์. 2543. **ปัจจัยที่มีบทบาทต่อสมบัติทางหน้าที่ของแป้งบุกและการนำไปใช้ประโยชน์**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2540. การผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำจากแป้งบุก. **อาหาร**. 27: 36-43.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้กรอกหมู หมูยอ และไก่ยอไขมันต่ำจากแป้งบุก**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

อุมาพร ศิริพินทุ์. 2546. **เอกสารประกอบการสอนวิชา ทอ470 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อมรรัตน์ ถนนแก้ว, ถาวร จันทโชติ และ สุทธิรักษ์ เพชรรัตน์. 2553. "Effect of Fermentation and Drying on Changes of Lipid and Protein in Dry Fermented Catfish (Pla-duk-ra) Produced from Farmed Catfish and Wild Catfish". **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 12 : 98-107.

Abdolghafour, B., Saghir., A. 2014. "Effect of whey protein concentrate on quality and shelf life of buffalo meat emulsion sausage". **Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences**. 1 : 201–210.

Adler-Nissen J. 1979. "Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid". **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 27 : 1256-1262.

Akesowan, A. 2012. **Viscosity and Gel Formation of a Konjac Flour from *Amorphophallus oncophyllus***. Faculty of Science, University of the Thai Chamber of Commerce Bangkok.

Akoh, C.C. 1999. "Fat substitute". **Food Ingredients and Analysis International**. (21) : 13-22.

Alfaia, C. M., Castro, M. F., Reis, V. A., Prates, J. M., Almeida, I. T., Correia, A. D. and Dias, M. A. 2004. "Changes in the profile of free amino acids and biogenic amines during the extended short ripening of Portuguese dry-cured ham". **Food Science and Technology International**. 10 : 297–304.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. **Association of Official Analytical Chemistry**. 16th Ed. Washington, USA : AOAC International.

AOAC. 2000. Official methods of analysis. **Association of Official Analytical Chemistry**. Washington DC : AOAC international.

AOAC. 2005. AOAC Official methods of analysis. **Association of Official Analytical Chemistry**. 18th Ed. Maryland, USA : AOAC international.

AOAC. 2006. AOAC Official methods : Chapter 17. in Horwitz, W. and Latimer, W. **Official methods of analysis of AOAC international**. Maryland : AOAC international.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arief , M. A., Reddy, K. P. and Reddy, V. R. 1989. **"**Influence of packaging (wrapping) materials and storage periods on certain chemical and organoleptic characteristics of broiler cut up parts". **Kerala Journal of Veterinary Science**. 20 : 107 -114.

Berry,B.M. and Bigner, M.E. 1996. "Use of carrageenan and konjac flour gel in low-fat restructured pork nuggets". **Food Research International**. 29 : 355-362.

Biswas, D., Bose, S.K., and Hossain, M.M. 2011. "Physical and mechanical propertiesof urea formaldehyde-bonded particleboard made from bamboo waste". **International Journal of Adhesion and Adhesives**.31 : 84-87.

Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid, Peroxidation. in Flesicher, S., Packer, L. (Eds). **Methods in Enzymology**. New-York : Academic Press.

Buegu, J.A. and Aust, S.D. 1978. "Microsomal lipid peroxidation". **Methods Enzymal**. 52 : 302-304.

Buscailhon, S., Gandemer, G. and Monin, G. 1994. "Time-related changes in intramuscular lipids of French dry-cured ham". **Meat Science**. 37 : 245–255.

Carballo, J., Barreto, G., and Jimenez-Camenero, F. 1995. "Starch and egg white influence on properties of bologna susage as related to fat content". **Journal of Food Science**. 60 : 673-677.

Carballo, J.Fernández,P. Barreto,G. Solas,M.T. and Jiménez-Colmenero,F. 1996. "Characteristics of high- and low – fat bologna sausage as affected by final internal cooking temperature and chilling storage". **Journal of the Science of Food and Agriculture.** 72 : 42-48.

Case, SE. and Hamann, D.D. 1994. "Fracture properties of konjac mannan: effect of gel temperature".

Food Hydrocolloids. 8 : 147-154.

Chin, K.B., Keeton, J.T., Longnecker, M.T. and Lamkey, J.W. 1998. "Functional, textural and microstructural properties of low-fat bologna (model system) with a konjac blend". **Journal of Food Science**. 63 :801-807.

Colmenero, F. J. 1996. "Technologies for developing low-fat meat products". **Trends in Food Science and Technology**. 7 : 41-48.

Dave, V. and McCarthy, S.P. 1997. "Review of konjacglucomannan". **Journal of Environmental Polymer Degradation**. 5: 237-241.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

De Vuyst, L., and. Vandamme, E. J**.** 1994. "Lactic acid bacteria and bacteriocins: their practical importance". in De Vuyst, L. and Vandamme, E. J (eds.). **Bacteriocins of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and applications**. London, United Kingdom : Blackie Academic and Professional.

Downes, F.P. and Ito, K. 2001. **Compendiuum of method for the microbiological examination of food**. Washington, DC : American Public Health Association.

Drewnowski. 1992. "Sensory properties of fats and fat replacements". **Nutririon Reviews**. 50 : 17-20.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1981. **Pearson's Chemical Analysis of Foods.** New York : Longman .

Englyst, H.N., Veenstra, J. and Hudson, G.J. 1996. "Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods : a potential in vitro prediction of the glycaemic response". **British Journal of Nutrition**. 75 : 327-337.

Enser, M., Hellett, K., Hewitt, B., Fursey, G.A.J. and Wood, J.D. 1996. "Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail". **Meat Science**. 42 : 433-456.

Fernandez, J.L., Cartelle, M., Muriel, L. Santiso, R., Tamayo, M., Goyanes, V., Gosalvez, J. and Bou G. 2008. "DNA fragmentation in microorganisms assessed in situ". **Journal of Applied & Environmental Microbiology** .74 : 5925-33.

FMC. 1994. **Nutricolkonjac : General technology Technical bulletin**. Philadelphia : FMC Co.

Glicksman, M. 1969. **Gum Technology in the Food Industry**. New York and London : Academic Press.

Haveman, H. and Rao, H. 1997. "Structuring a theory of moral sentiments: Institutional and organizational coevolution in the early thrift industry". **American Journal of Sociology**. 102 : 1606-1651.

Herranz, B., Borderias, A.J., Solas, M.T. and Tovar, C.A. 2012. "Influence of measurement temperature on the rheological and microstructural properties of glucomanan gels with different thermal histories". **Food Research International**. 48 : 885-892.

Herranz, B., Tovar, C. A., Solo-de-Zaldívar, B. and Borderias, A. J. 2012. "Effect of alkalis on konjac glucomannan gels for use as potential gelling agents in restructured seafood products". **Food Hydrocolloids**. 27 : 145-153.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Huang, L., Takahashi, R., Kobayashi, S., Kawase, T. and Nishinari, K. 2002. "Gelation behavior of native and acetylated konjacglucomannan". **Biomacromolecules**. 3 : 1296-1303.

Imeson, A. 1997. **Thickening and gelling agents for food .** 2th Ed. Hong Kong : Springer Science Business Media Dordrecht.

Imeson, A.P. 2009. Carrageenan and furcellaran. in Phillips, G.O. and Williams, P.A. (Eds.). **Handbook of hydrocolloids 2ed**. Cambridge : Woodhead.

Ingham, C.J., Sprenkels, A., Bomer, J., Molenaar, D., Van Den Berg, A., Van Hylckama Vlieg JET and De Vos WM.2007. " The micro-Petri dish, a million-well growth chip for the culture and high-throughput screening of microorganisms" 18217–18222. in **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. USA.

Jiménez-Colmenero, F. 1996. "Technologies for developing low-fat meat products". **Trend in food Science and Technology**. 7 : 41-48.

Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., López-López, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T. and Solas, M. T. 2010. "Technological and sensory characteristics of reduced/lowfat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed". **Meat Science**. 84 : 356-363.

Jiménez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A.M. and Rodriguez-Salas, L. 2012. "Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages : Processing and quality characteristics". **Meat Science**. 92 : 144-150.

Jiménez-Colmenero, F., Cofradesa, S., Herreroa, A.M., Solasb, MT. and Ruiz-Capillasa, C. 2013. "Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development : Effect of chilled and frozen storage". **Food Hydrocolloids**. 30 : 351-357.

Jones, S.A. 1996. Issues in fat Replacement. in Roller, S. and Jones, S.A (Eds.). **Handbook of Fat Replacer**. Boca Raton : CRC Press.

Kamdem , DP and Zhang, J. 2007 . "Interaction of copper-amine with southern pine: retention and migration". **Wood and fiber science**. 32 : 332-339.

Karolina, D.S., Tavintharan, S., Armugam, A., Sepramaniam, S., Pek, S.L., Wong, M.T., Lim, S.C., Sum, C.F. and Jeyaseelan, K. 2012. "Cir-culating miRNA profiles in patients with metabolic syndrome". The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. 97 : 2271–2276.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kao, W.T. and Lin, K.W. 2006. "Quality of reduced-fat Frankfurters modified by konjac-starch mixed gels". **Journal of Food Science**. 71 : 326-S332.

Kato, T.T., Matsuda, T., Tahara, M. Sugumoto,Y. and Nakamura, R. 1994. "Effects of meat conditioning and lactic acid fermenteation of pork muscle protein degradation." **Bioscience Biotechnology and Biochemistry.** 58: 408-410.

Kayaardi, S., Gök, V. 2003. "Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk)". **Meat Science.** 66 : 249-257.

Knothe, G. 2007. "Some Aspects of Biodiesel Oxidative Stability". **Fuel Processing Technology.** 88 : 669–677.

Laemmli, U.K. 1970. "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage". **Nature**. 227 : 680-685.

Leammli, U.K. 1970. "Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bactericphage T4". **Nature**. 227 (5259) : 680-685.

Lee, K.-S. and Dunton, K.H. 1997. "Effects of in situ light reduction on the maintenance, growth and partitioning of carbon resources in Thalas-sia testudinumBanks ex König". **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 210 : 53–73.

Leroy X., Aubert, S. and Fosselin ,B. 2002. "Low grade myxoid renal epithelial neoplasms with distal nephron differentiation: A distinct clinicopathologic entity? Hum". **The Journal of Pathology.** 33 : 574-575.

Liaros, N.G., Katsanidis, E. and Bloukas, J.G. "Effect of the ripening time under vacuum and packaging film permeability on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages". **Meat Science.** 83 : 589–598

Lin, K.W. and Huang, C.Y. 2003. "Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters". **Meat Science**. 65 : 749-755.

Lin, K.W. and Huang, C.Y. 2008. "Physicochemical and textural properties of ultrasound-degraded konjac flour and their influences on the quality of low-fat Chiness-style sausage". **Meat Science**. 79 : 615-622.

Lowry , O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. 1951. "Protein measurement with the Folin Phenol Reagent". **Journal of Biological Chemistry**. 193 : 265-275.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Luruena-Martine, M.A., Vivar-Quintana, A.M. and Rivilla, I. 2004. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics low-fat frankfurters. **Meat Science**. 68 : 383-389.

Martin ,H., Eckerskorn, C., Gartner, F., Rassow, J., Lottspeich, F.and Pfanner, N. 1998. "The yeast mitochondrial intermembrane space: purification and analysis of two distinct fractions". **Analytical Biochemistry** . 265 : 123-8.

McClements, D.J. 1999. **Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques**. Boca Raton, Florida : CRC Press.

Molly, K., D. Demeyer, G. Johansson, M. Raemaekers, M. Ghistelinck and Geenen, I. 1997. "The importance of meat enzyme in ripening and flavor generation in dry fermented sausage." **Food Chemistry**. 59 : 539-545.

Moon. S.S., Jin, S.K., Hah, K.H. and Kim, I.S. 2008. "Effect of replacing pork backfat with fat raplacers and olive oil on the Quality characteristics and lipid oxidation of low-fat sausage during storage". **Food Science and Biotechnology**. 17 : 396-401.

Morris, V.J. and Brownsey, G.J. 1995. Physical chemistry of heterogeneous and mixed gels. in Dickinson, E. and Lorient, D. (Eds.). **Food Macromolecules and Colliods**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.

Mugueza, E., Fista, G., Ansorena, D., Astiasaran, I. and Bloukas, J.G. 2002. "Effect of fat level and partial replacement of pork backfat with olive oil on processing and quality characteristic of fermented sausages". **Meat Science**. 61 : 397-404.

Muguerza, E., Gimeno, D., Ansorena, D., and Astiasarán, I. 2004. "New formulations for healthier dry fermented sausages: a review". **Trends in Food Science and Technology.** 15: 452-457.

Nishinari, K., Kim, K.Y. and Kohyama, K. 1987. "Solution properties of konjacmannan". 23. in **Abstracts of 2nd International Workshop on Plant Polysaccharides**. Grenoble : n.p.

Nishinari, P.A., Willams and Phillips, G.O. 1992. "Review of the physic-chemical characteristic and properties of konjacmannan". **Food Hydrocolloids**. 6 : 199-222.

Ohmomo, S., Murata, S., Katayama, N., Nitisinprasart, S., Kobayashi, M., Nakajima, T., Yajima, M.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Nakanishi, K. 2000. “Purification and some characteristics of enterocin ON-157, a bacteriocin produced by Enterococcus faecium NIAI 157”. **Journal of Applied Microbiology**. 88 : 81-89.

Osburn, W. N., and Keeton, J. T. 1994. “Konjac flour gel as fat substitute in low-fat prerigor fresh pork sausage”. **Journal of Food Science**. 59: 484-489.

Osburn, W. N., and Keeton, J. T. 2004. “Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel”. **Meat Science**. 68 : 221-233.

Owusu-Apenten, R. and Khokhar, S. 2005. Protein determination in food and agriculture systems. in Hui, Y. H. and Sherkat, F. (Eds). **Handbook of Food Science, Technology and Engineering**. USA : CRCPress.

Ozvural, E.B. and Varal, H. 2008. “Utilization of interesterified oil blend in the production of frankfurters”. **Meat Science**. 78 : 211-216.

Pappa, I.C., Bloukas, J.G. and Arvatinoyannis, I.S. 2000. “Optimization of salt, Oilve oil and pectin level for low-fat frankfurters produced by replacing pork backfat with olive oil”. **Meat Science**. 56 : 81-88.

Pary, J.-M. 2010. Konjacglucomannan. in Imeson, A. (Ed). **Food stabilizers, thickeners and gelling agents**. Singapore : Wiley-Backwell,.

Penroj, P. 2005. “Gelation mechanism of konjacglucomannan/Kappa-carrageenan and utilization in kamaboko”. Ph.D. Dissertation. Doctor of Philosophy (Food Science), Graduate school, Kasetsart University.

Penroj, P., Mitchell, R., Hill, S.E. and Garnjanagunchorn, W. 2005. “Effect of konjac glucomannan deacrtylation on the properties of gels formed from mixtures of kappa carrageenan and konjac glucomannan”. **Carbohydrate Polymer**. 5 : 367-376.

Ray, B. 2004. **Fundamental food Microbiol**. 3rd. Florida : CRC Press.

Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Herrero, A. M., Rodriguez-Salas, L. and Jimenez-Colmenero, F. 2012. “Konjac gel as pork backfat replacer in dry fermented sausages: Processing and quality characteristics”. **Meat Science** . 92:144–150.

Ruiz-Capillas,C., Triki, M.,Herrero, A.M. and Jiménez-Colmenero, F. 2012. “Biogenic amines in low-and reduced-fat dry fermented sausage formulated with konjac gel”. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 60 : 9242-9248.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Salazar, M., Vongsangnak,W., Panagiotou,G., Andersen, MR. and Nielsen, J. 2009. "Uncovering transcriptional regulation of glycerol metabolism in Aspergilli through genome-wide gene expression data analysis". **Molecular Genetics and Genomics**. 282 : 571-86.

Salazar G., Zlatic S., Craige B., Peden A. A., Pohl J. and Faundez V. 2009. "Hermansky-Pudlak syndrome protein complexes associate with phosphatidylinositol-4-kinase type II alpha in neuronal and non-neuronal cells". **The Journal of Biological Chemistry**. 284 : 1790–1802.

Santos, M.H.S. 1996. Biogenic amines: their importance in foods. **International Journal of Food Microbiology**. 29 : 213-231.

Schoch, T.J. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. in Whistler, R.L. Smith, R.J. and BeMiller, J.N. (Eds.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York : Academic Press.

Sharavathy, M.K., A. Urooj and S. Puttaraj. 2001. "Nutritionally im portant starch fractions in cereal based Indian food preparations". **Journal Food Chemistry** . 75: 241-247.

Solo-de-ZaldÍvar, B., Herranz, J.A. and Borderias, B. 2014. "First steps in using glucomannan to make thermostable gels for potencial use in mince fish restructuration". **International Journal of Food Engineering**. 8 : 1556-3758.

Stamatis , N and Arkoudelos, J.S. 2007. "Effect of modified atmosphere and vacuum package on microbial, chemical and sensory quality indicators of fresh, *filleted Sardina pilchardus* at 3ºC". **Journal of the Science of food and Agiculture**. 8 : 1164-1171.

Thanonkaew, A., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Decker, E. A. 2007. "Yellow discolouration of the liposome system of cuttlefish (Sepia pharaonis) as influenced by lipid oxidation". **Food Chemistry**. 102 : 219-224.

Therkelsen, G.H. 1993. Carrageenan : Chapter 7. in Whistler, R.L. and BeMiller, J.N. (Eds). **Industrial gums : polysaccharides and their derivatives 3rd ed**. New York : Academic Press.

Thomas, W.R. 1997. Konjac gum. in Imeson, A. (ed.). **Thickening and gelling agents for food 2 nd ed**. London : Blackie Academic and Professional.

Toba, S., Hirono, Y. and Tokita, T. 1987. **Konjacmannan contain reversible gel**. U.S. Patent. 4,676,976. 8 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Toldrá, F. 2006. “The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions”. **Trends in Food Science and Technology.** 17 : 164–168.

Triki, M., Herrero, A. M., Colmenero, F. J. and Ruiz-Capillas, C. 2013. “Effect of preformed konjac gels, with and without olive oil, on the technological attributes and storage stability of merguez sausage”. **Meat Science**. 93 : 351-360.

Tye, R. J. 1991. “Konjac flour: properties and applications”. **Food Technology**. 45 : 82-92.

United States Department of Agriculture National Agricultural Statistics Service. 1994. **Agricultural Statistics 1994**. [Online]. Available : http://www.nass.usda.gov/ Publications/Ag_Statistics/.สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2558.

Verbeken, D.; Dierckx, S. and Dewettinck, K. 2003. “Exudate gums: Occurrence, production, and applications”. **Applied Microbiologyand Biotechnology**. 63 : 10–21.

Virgili,R., Saccani,G., Gabba, L., Tanzi E. and Bordini,C. 2007. “Change of free amono acids and biogeniv amines during ectended ageing of Italian dry-cured ham”.**Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologic-Food Science and Technology**. 40 : 871-878.

Visessanguan ,W., Benjakul. S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. 2004. “Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to nham characteristics”. **Meat Science.** 66:579–588.

Wahyuni, E.B. and Trisusilowati, D. 1999. “Sulistyanto protein content and pathogenesis related-proteins in leaf intercellular fluid of cigar tobacco cultivar H-877 infected with tobacco mosaic virus (TMV)”. **Journal Perlind Tan Indiana**. 5 : 100–107.

Warriss P.D. 2000. **Meat science: An introductory text**. Cambridge : CAB International, Cambridge University Press.

Whisrler, R.J. and Daniel, R. 1990. Function of polysaccharides in foods. in Branen, A.L., Davidson, P.M and Salinen, S. (Eds.). **Food Additives**. New York : Marcel Dekker.

Yang, K.-Y., Liu, Y. and Zhang, S. 2001 . **Activation of a mitogen-activated protein kinase pathway is involved in disease resistance in tobacco**. USA : Proceedings of the National Academy of Sciences.

Yoshimura, M. and Nishinari, K. 1999. “Dynamic viscoelastic study on the gelation of konjacglucomannan with different molecular weights”. **Food Hydrocolloids**. 13 : 227-233.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 70

95% ethanol	737.00 มิลลิลิตร
Distilled water	233.00 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารละลายสำหรับการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้า

2.1 30% Monomer solution (acrylamind monomer) (100 มิลลิลิตร)

Acrylamind	30 กรัม
Bisacrylamind	0.8 กรัม

ทำการละลาย acrylamind 30 กรัม และ bisacrymind 0.8 กรัม ในน้ำกลั่นผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer และปรับปริมาณน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2 4X Resolving gel buffer (1.5 Tris, pH 8.8) (100 มิลลิลิตร)

Tris (hydroxymethyl) aminomethane	18.15 กรัม
น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Tris 19.15 กรัม และน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer เมื่อละลายแล้วทำการปรับ pH ให้ได้ 8.8 โดยใช้ 0.1 N HCl จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 4X Stacking gel buffer (0.5 Tris, pH 6.8) (100 มิลลิลิตร)

Tris (hydroxymethyl) aminomethane	6 กรัม
น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Tris 6 กรัม และน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer เมื่อละลายแล้วทำการปรับ pH ให้ได้ 6.8 โดยใช้ 0.1 N HCl จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 10% Sodium dodecyl sulphate (SDS) (100 มิลลิลิตร)

SDS	10 กรัม
น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร SDS 10 กรัม และน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer จากนั้นเก็บสารละลายที่อุณหภูมิห้อง

2.5 10x Tank buffer สำหรับ SDS-PAGE (100 มิลลิลิตร)

Tris (hydroxymethyl) aminomethane	30.28 กรัม
Glycine	144.13 กรัม
SDS	10 กรัม
น้ำกลั่น	90 มิลลิลิตร

ทำการละลาย Tris 30.28 กรัม Glycine 144.13 กรัม และ SDS 10 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร โดยเจือจางสารละลาย 10 เท่า ก่อนใช้ สารละลายสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลา 1 เดือน

2.6 2X Sample buffer สำหรับ SDS-PAGE (10 มิลลิลิตร)

4X Stacking gel buffer (0.5 Tris, pH 6.8)	2.5 มิลลิลิตร
Glycerol	2 มิลลิลิตร
10% SDS	4 มิลลิลิตร
Bromophernol blue	1 มิลลิลิตร
β- mercaptoethanol	0.2 มิลลิลิตร

ทำการละลาย 4X Stacking gel buffer (0.5 Tris, pH 6.8) 2.5 มิลลิลิตร Glycerol 2 มิลลิลิตร 10% SDS 4 มิลลิลิตร และ β- mercaptoethanol 0.2 มิลลิลิตร

2.7 Staning solution (1000 มิลลิลิตร)

Coomassie brilliant blue (R-250)	1.25 กรัม
Ethanol	450 มิลลิลิตร
Acetic acid	100 มิลลิลิตร

ทำการละลายสาร Coomassie brilliant blue (R-250) 1.25 กรัม Ethanol 450 มิลลิลิตร และ Acetic acid 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้ magnetic stirrer ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 Destaining Solution (1000 มิลลิลิตร)

Methanol	300 มิลลิลิตร
Acetic acid	100 มิลลิลิตร

ทำการผสม Methanol 300 มิลลิลิตร และ Acetic acid 100 มิลลิลิตรปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3.การเตรียมสารวิเคราะห์ค่าการย่อยสลายของโปรตีน

3.1 วิเคราะห์กรดอะมิโนอิสระ

3.1.1 0.1 M Sodium sulfite (100 มิลลิลิตร)

Sodium sulfite	1.26 กรัม

ทำการการผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3.1.2 0.225M Phosphate buffer (pH 8.2) (1000 มิลลิลิตร)

Sodium hydrogen phosphite	31.9 กรัม

ทำการการผสมกับน้ำกลั่น 950 มิลลิลิตร ปรับ pH ด้วย HCl 0.1 M จนได้ pH 8.2 และปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3.1.3 0.01% TNBS (100 มิลลิลิตร)

2,4,6-Trinitrobenzenesulfonic acid	200 ไมโครลิตร

ทำการปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เก็บสารละลายที่ได้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

3.1.4 1% SDS (1000 มิลลิลิตร)

Sodium dodecyl sulfate	10 กรัม

ทำการการผสมกับน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิเคราะห์เปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด

3.2.1 5% TCA (1000 มิลลิลิตร)

Trichloroacetic acid	50 กรัม

ทำการการผสมกับน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3.2.2 สารละลายโปรตีน Tyrosine (10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

Tyrosine	0.009 กรัม

ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้ Tyrosine ความเข้มข้น 10 เท่า โดยก่อนใช้ดูดสารละลายที่เตรียมได้ 100 ไมโครลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร เพื่อเจือจาง Tyrosine ให้ได้เป็น 1 เท่า

3.2.3 Reagent A (200 มิลลิลิตร)

0.1 N Sodium hydroxide	200 มิลลิลิตร
Sodium bicarbonate	4 กรัม

ทำการผสมให้เข้ากันและเก็บใส่ขวดที่อุณหภูมิห้อง

3.2.4 Reagent B (200 มิลลิลิตร)

1% Sodium citrate	2 กรัม
0.5% $CuSO_4.5H_2O$	1 กรัม

ทำการละลายสารด้วยน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 200 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.2.5 Folin (10 มิลลิลิตร)

Folin	5 มิลลิลิตร

ทำการผสมสารละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตร (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจวัดการออกซิเดชั่นของไขมัน

4.1 เทคนิค TBARs

4.1.1 0.25 N HCl (1000 มิลลิลิตร)

37% HCl	20.37 มิลลิลิตร

เทน้ำกลั่นลงขวดปรับปริมาตร 500 มิลลิลิตร จาดนั้นเติม 37% HCL 20.73 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น (ทำในตู้ดูดควัน)

4.1.2 0.375% 2-Thiobarbuturic acid (1000 มิลิลิตร)

2-Thiobarbituric acid	3.75 กรัม
15% Trichloacetic acid	150 กรัม

ทำการละลายสาร 2-Thiobarbituric acid 3.75 กรัมและ 15% Trichloacetic acid 150 กรัมด้วย 0.25 N HCl ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บให้พ้นแสงแดดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.1.3 Stock สาร 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) (1000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

1,1,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP)	10.88 ไมโครลิตร

ดูดสารละลาย 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane (TEP) 10.88 ไมโครลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล 95% ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร เก็บให้พ้นแสงแดดที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยทำการเจือจาง stock MDA 100 ไมโครกรับ/มิลลิลิตร เป็น 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ก่อนใช้

4.2 เทคนิค Peroxide

4.2.1 สารละลาย Acetic:Chloroform (500 มิลลิลิตร)

Acetic acid	300 มิลลิลิตร
Chloroform	200 มิลลิลิตร

ทำการผสมสารละลาย Acetic acid 300 มิลลิลิตร และChloroform 200 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน เก็บสารละลายในขวดแก้วที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 สารละลาย Potassium iodide อิ่มตัว (70 มิลลิลิตร)

Potassium iodide 100 กรัม

ละลาย Potassium iodide 100 กรัม ในน้ำเดือด 70 มิลลิลิตร เก็บให้เย็นในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

4.2.3 น้ำแป้ง (100 มิลลิลิตร)

น้ำแป้ง 1.5 กรัม

ละลายน้ำแป้ง 1.5 ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปกวนในน้ำเดือดจนกว่าน้ำแป้งจะใส ทิ้งให้เย็นเก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

4.2 เทคนิค Free fatty acid

4.2.1 0.1N Sodium hydroxide (1000 มิลลิลิตร)

Sodium hydroxide 4 กรัม

ละลาย Sodium hydroxide 4 กรัม ในน้ำกลั่น และนำไปปรับปริมาตรให้ครบ 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.2.2 Phenolphthalein (100 มิลลิลิตร)

Phenolphthalein 1 กรัม

95% Ethanol 100 มิลลิลิตร

ละลาย Phenolphthalein 1 กรัม ใน 95% Ethanol ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สารละลายเกลือร้อยละ 0.85 ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

SodiumChloride	8.5 กรัม

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. Plate count agar (PCA) ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Plate count agar	22.5 กรัม

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

3. Baird-Parker agar (BP) ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Baird-Parker agar	58 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร
Egg yolk	9 มิลลิลิตร
Potassium tellulite	40 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

การเตรียม egg yolk solution

(i) นำไข่ไก่สดมาล้างเปลือกให้สะอาดจากนั้นนำไปแช่ใน 70% ethyl alcohol เป็นเวลา 15 นาที

(ii) นำไข่ไก่มาวางในบีกเกอร์ที่มีกระดาษกรองปลอดเชื้อ ทิ้งไว้ให้แอลกอฮอล์ระเหย

(iii) ตอกไข่ไก่ในตู้ปลอดเชื้อ ทำการแยกไข่ขาวออกให้หมด แยกส่วนไข่แดงลงในบีกเกอร์ปลอดเชื้อ เติมไข่แดงลงในขวดดูแรนขนาดปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่มีน้ำเกลือ 0.85% 140 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ใส่ไข่แดงจนมีปริมาตรรวม 200 มิลลิลิตร เขย่าให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศสเซลเซียส (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

การเตรียม 1% Potassium tellurite (PT)

(i) ชั่ง Potassium tellurite 1 กรัมใส่บีกเกอร์ ใส่น้ำกลั่นทำการคนจนละลายและปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ii) นำ Potassium tellurite ที่ปรับปริมาตรแล้ว นำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

การผสม egg yolk-tellurite emulsion

(i) นำ 1% Potassium tellurite ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 40 มิลลิลิตร (ใช้กระบอกตรวงปลอดเชื้อ) ผสมกับ egg yolk solution ที่เตรียมไว้

(ii) ทำการเขย่าให้เข้ากัน จะได้ egg yolk-tellurite 240 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

การเตรียม Baird-Parker medium

(i) เตรียมอาหาร Baird-Parker agar 285 มิลลิลิตร นำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

(ii) นำขวดอาหารไปแช่ในอ่างปรับอุณหภูมิ 55 องศสเซลเซียส เมื่ออาหารเย็นลง เติม egg yolk-tellurite ลงขวดอาหาร 15 มิลลิลิตร

4. MRS agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

MRS	52.2 กรัม
Agar	15 กรัม
$CaCO_3$	5 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

5. PDA ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

PDA	39 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. BPW ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

BPW	25.5 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

7. HE agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

HE	75 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

นำน้ำกลั่นปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที จากนั้นผสมกับอาหาร HE ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน นำไปให้ความร้อนจนอาหารละลายหมด นำขวดอาหารไปแช่ในอ่างปรับอุณหภูมิ 55 องศสเซลเซียส เมื่ออาหารเย็นลง เติม Novomycin 10 มิลลิลิตร

7. LMX broth ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

LMX	17 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นใช้ปิเปตดูดปริมาตร 9 มิลลิลิตรใส่หลอดแก้ว ทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

8. EMB agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

EMB agar	36 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Simmon citrate agar ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

Simmon citrate agar	22 กรัม
น้ำกลั่น	1000 มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมให้เข้า ทำให้ปลอดจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนางฆ่าเชื้อ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

วันที่.....

ลำดับที่.....

<u>ตอนที่ 1</u> รายละเอียดของผู้ประเมิน

เพศ **O ชาย** **O หญิง**

กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

O ต่ำกว่า 20 ปี **O 20-35 ปี** **O 36-50 ปี** **O สูงกว่า 50 ปี**

รายได้ของท่านต่อเดือน **O น้อยกว่า 5,000 บาท** **O 5,000 - 15,000 บาท**

O 15,001 – 25,000 บาท **O มากกว่า 25,000 บาท**

อาชีพ **O นักเรียน นักศึกษา** **O รับราชการ พนักงานของรัฐ**

O บริษัทเอกชน **O ทำงานส่วนตัว**

O อื่น ๆ โปรดระบุ.....

คุณชอบรับประทานไส้กรอกอีสานหรือไม่

O ไม่ชอบมาก **O ไม่ชอบ** **O ไม่ค่อยชอบ** **O เฉยๆ**

O ค่อนข้างชอบ **O ชอบ** **O ชอบมาก**

กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก

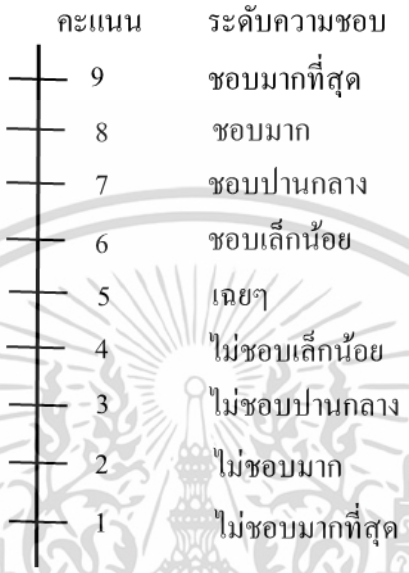
ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่.....

ลำดับที่.....

<u>ตอนที่ 2</u> กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 9 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิมทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง



ลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบ		
สี			
ลักษณะปรากฏ			
กลิ่นรสเปรี้ยว			
รสชาติเปรี้ยว			
เนื้อสัมผัส			
ความชุ่มฉ่ำน้ำ			
ความชอบโดยรวม			

ความคิดเห็นเพิ่มเติม.....

.....

.....ขอบคุณที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ☺

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การประเมินความพึงพอใจต่อคุณภาพเจลบุก

วันที่.....

ลำดับที่.....

<u>ตอนที่ 1</u> รายละเอียดของผู้ประเมิน

เพศ **O ชาย** **O หญิง**

กรุณาระบุช่วงอายุของท่าน

O ต่ำกว่า 20 ปี **O 20-35 ปี** **O 36-50 ปี** **O สูงกว่า 50 ปี**

รายได้ของท่านต่อเดือน **O น้อยกว่า 5,000 บาท** **O 5,000 - 15,000 บาท**

O 15,001 – 25,000 บาท **O มากกว่า 25,000 บาท**

อาชีพ **O นักเรียน นักศึกษา** **O รับราชการ พนักงานของรัฐ**

O บริษัทเอกชน **O ทำงานส่วนตัว**

O อื่น ๆ โปรดระบุ.....

คุณชอบรับประทานเจลบุกหรือไม่

O ไม่ชอบมาก **O ไม่ชอบ** **O ไม่ค่อยชอบ** **O เฉยๆ**

O ค่อนข้างชอบ **O ชอบ** **O ชอบมาก**

กรุณากลั้วปากด้วยน้ำดื่มก่อนชิมตัวอย่างแรก

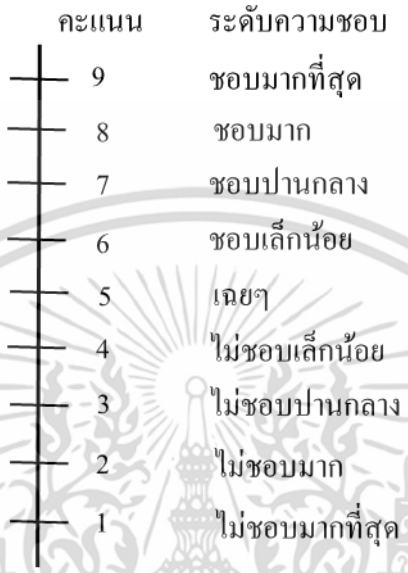
ก่อนชิมตัวอย่างถัดไป กรุณาทานแครกเกอร์เล็กน้อย ตามด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำดื่มอีกเล็กน้อย (ท่านสามารถบ้วนทิ้งลงในถ้วยสูงที่เตรียมไว้ให้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่.....

ลำดับที่.....

<u>ตอนที่ 2</u> กรุณาให้คะแนนระดับความชอบของท่าน (จาก 1 ถึง 9 คะแนน) ที่มีต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ท่านกำลังทดสอบชิมทีละตัวอย่าง โดยกรอกคะแนนลงให้ตรงกับรหัสตัวอย่างในตารางด้านล่าง



ลักษณะของผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบ		
สี			
กลิ่นรส			
เนื้อสัมผัส			
ความยืดหยุ่น			
ความชอบโดยรวม			

ความคิดเห็นเพิ่มเติม.....

.....

.....ขอบคุณที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า ☺

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

เจลบุกชนิด D ก่อนบดและหลังบด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุจิตตา จันสา
วัน เดือน ปีเกิด	13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่	557(548) หมู่ 4 หมู่บ้านเคหะนคร 2 ซอยลาดกระบัง 36 แยก 22 ถ.อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพฯ 10520
ประวัติการศึกษา	2554 มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนนวมินทราชินูทิช หอวัง นนทบุรี 2557 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สาขาวิชา สัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2560 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สาขาวิชา สัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	ผลงานตีพิมพ์ “Quality of Reduced-Fat Thai-fermented Sausage (Isan sausage) Substituted with Konjac Gel” 17th Asian-Australasian Association of Animal Production Societies Animal Science Congress. Fukuoka. Japan. August 22-25, 2016
ทุนที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในการยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ภาคการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้