



## รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน  
Preparation and Application of Preformed Konjac Gel for Replacing Pork  
Back fat in Thai-fermented Sausage (Isan Sausage)

ประเภททุน ทุนพัฒนานักวิจัยใหม่ รหัสโครงการ KREF 015906

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ : ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดี

นักวิจัยที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ผุสดี ตังวชิรินทร์

ผู้ช่วยวิจัย : นางสาวสุจิตตา จันสา

ได้รับการสนับสนุนเงินวิจัยจาก กองทุนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2559

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน  
แหล่งเงิน ทุนพัฒนานักวิจัยใหม่ กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 480,000 บาท  
ระยะเวลาทำการวิจัย 2 ปี ตั้งแต่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2559 ถึง 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561  
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ : ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรรภักดิ์  
นักวิจัยที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ผุสดี ตั้งวัชรินทร์  
ผู้ช่วยวิจัย : นางสาวสุจิตตา จันสา  
หน่วยงานต้นสังกัด : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 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 ความยืดหยุ่น) และคะแนนจากการประเมินทางประสาทสัมผัสมีคะแนนมากที่สุดในทุกด้าน ซึ่งเจลบุก D ถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ 2 แบบ : แบบลักษณะแช่น้ำและแบบลักษณะแห้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาแบบลักษณะแช่น้ำดีกว่าแบบลักษณะแห้งเนื่องจากคุณสมบัติของเจลบุก เช่น ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเจล ปริมาณน้ำไหลซึมออกจากเจล และค่าพีเอช ไม่แตกต่างจากวันแรกที่เก็บรักษา การเก็บรักษาเจลบุกแบบลักษณะแช่น้ำมีอายุการเก็บรักษา 12 วัน และแบบลักษณะแห้งมีอายุการเก็บรักษา 9 วัน ในกรณีเก็บเจลบุกแบบแช่แข็ง/ทำละลาย เนื่องจากการทำละลายหลายครั้งส่งผลกระทบต่อลักษณะเจลบุก คือ ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจลที่เพิ่มมากขึ้น ( $P < 0.05$ ) คุณสมบัติด้านลักษณะสัมผัสโดยรวมและค่าความสามารถอุ้มน้ำของเจลที่ลดลง ( $P < 0.05$ ) เจลบุกมีองค์ประกอบเคมีเบื้องต้นได้แก่ 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

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0,25, 50,75 และ 100 พบว่าเมื่อร้อยละของเจลบุกทดแทนปริมาณของไขมันมากขึ้น ส่งผลต่อค่าพีเอชที่ลดลง ( $P < 0.05$ ) ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ลักษณะสัมผัสโดยรวมที่เพิ่มขึ้น (ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว ค่าความเหนียว ค่าความยืดหยุ่น และค่าการเคี้ยว) ( $P < 0.05$ ) จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกและค่า TBARs ได้รับผลกระทบจากการลดไขมันในผลิตภัณฑ์และระยะเวลาการหมัก ซึ่งทั้ง 5 สูตรการผลิตที่มีร้อยละของปริมาณไขมันแตกต่างกันพบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่ากรดไขมันอิสระ ค่ากรดอะมิโนอิสระ และค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดไม่แตกต่างกันระหว่างสูตร แต่อย่างไรก็ตามทุกสูตรการผลิตได้รับผลกระทบจากระยะเวลาการหมัก; ค่ากรดอะมิโนอิสระที่เพิ่มขึ้นและค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดที่ลดลง ซึ่งโดยรวมแล้วผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณได้เห็นใบแจ้งหนี้ของคุณแล้ว กรุณาอย่าลืมชำระเงินค่า  
ไม่ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $P>0.05$ ) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 พบว่ามีค่าโปรตีน ความชื้น ไขมัน ไอโอดีนที่ย่อยได้สูงและมีค่าพลังงานทั้งหมดน้อยกว่ากลุ่มควบคุมจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเจลบุกเก่าร้อยละ 50 ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน เทียบกับกลุ่มควบคุม (ไขมันร้อยละ 100) โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานถูกศึกษาในสัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 ของการเก็บรักษาผลการศึกษาพบว่าทั้ง 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 สัปดาห์ซึ่งโดยรวมแล้วผู้บริโภคยอมรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกได้ถึงสัปดาห์ที่ 2 เนื่องจากเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์จากการวิเคราะห์ผลจุลินทรีย์การใช้เจลบุกเก่าทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 มีจำนวนยีสต์มากกว่าสูตรควบคุมและสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ ดังนั้นในการผลิตไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกควรใช้เจลบุกใหม่ในผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ : ไส้กรอกอีสาน, เจลบุก, ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์, การทดแทนไขมัน

Research Title : Preparation and application of konjac gel for replacing fat in Isan sausage

Researcher : Asst.Prof.Dr.Supaluk Sorapukdee, Asst.Prof.Dr.Pussadee Tangwatcharin, and  
Sujitta Jansa

Faculty : Agricultural Technology

Department: Animal Production Technology and Fisheries

## 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 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 affected 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 determined 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.

**Keywords :** fermented sausage, konjac gel, meat product, replacing fat

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งนักวิทยาศาสตร์ ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีการเกษตร นอกจากนี้การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากกองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากทุนพัฒนานักวิจัยใหม่ รหัส โครงการ KREF 015906 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

อนึ่ง คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่บุคลากรทางการศึกษา และ ผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนจะเป็นประโยชน์ในการต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไป



ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรรภักดี

ผศ.ดร.ผุสดี ตั้งวัชรินทร์

นางสาวสุจิตตา จันสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
ระยะเวลาการดำเนินงาน.....	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไส้กรอกอีสานหรือไส้กรอกเปรี้ยว.....	4
2.2 หน้าที่ของไขมันและน้ำมันในอาหาร.....	7
2.3 สารที่ใช้เพื่อทดแทนไขมัน.....	10
2.4 ผงบุก (konjac) .....	12
2.5 ประโยชน์ของบุก.....	21
2.6 การใช้ผงบุกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.....	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี.....	26
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	27
3.3 วิธีการทดลอง.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	46
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม.....	46
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่ สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง.....	51
4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VI อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนําเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ.....	75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	90
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	90
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	91
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	92
บรรณานุกรม.....	93
ภาคผนวก ก : หลักฐานผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	103
ภาคผนวก ข : สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย.....	104
ประวัติผู้วิจัย.....	106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIIอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของสารทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ.....	11
2.2 ความแข็งแรงของเจลบุก (gel strength) เมื่อเติมสารละลายต่างที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับน้ำหนักสารละลายบุก.....	20
3.1 ส่วนผสมพื้นฐานที่ใช้ในการทดลองเตรียมเจลบุก.....	32
3.2 แผนการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกระหว่างแช่เย็นและแช่แข็ง.....	34
3.3 ผลทางชีวเคมีของเชื้อ <i>E. coli</i> .....	42
4.1 วิเคราะห์คุณภาพเจลบุก A, B, C และ D.....	49
4.2 การสูญเสียน้ำหนักของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน.....	51
4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน.....	52
4.4 ปริมาณน้ำไหลซึมของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน.....	52
4.5 ค่าพีเอชของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน.....	53
4.6 ค่าสี ( $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ) ของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน.....	54
4.7 ลักษณะสัมผัสโดยรวมของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน.....	55
4.8 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด.....	57
4.9 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนยีสต์.....	57
4.10 ลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่เก็บรักษาสภาวะแช่แข็งผ่านการทำละลาย ครั้งที่ 1, 2 และ 3 .....	59
4.11 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่แข็งต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และรา.....	60
4.12 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของเจลบุก.....	60
4.13 การสูญเสียน้ำหนักค่าวอเตอร์แอกติวิตีและปริมาณความชื้นของไส้กรอกอีสาน ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 .....	62
4.14 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด(ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมัน ด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมักณวันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก).....	63
4.15 ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ระหว่างกระบวนการหมักณวันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก).....	67
4.16 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ระหว่างกระบวนการหมักณวันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก).....	68
4.17 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสาน ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกณวันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก).....	69
4.18 จำนวนยีสต์ ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....	70
4.19 จำนวน coliform ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.20 ค่าสี ( $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ) ด้านนอกและด้านในของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....	71
4.21 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....	72
4.22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....	73
4.23 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....	75
4.24 การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	76
4.25 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	77
4.26 ค่าสี ( $L^*$ , $a^*$ และ $b^*$ ) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	78
4.27 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	79
4.28 ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	83
4.29 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส.....	84
4.30 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....	86
4.31 จำนวนยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....	86
4.32 จำนวน Coliform ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....	87

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	แหล่งพลังงานจากไขมันในอาหารของผู้บริโภคในสหราชอาณาจักร.....8
2.2	โครงสร้างโมเลกุลของผงบุก.....14
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายแป้งบุกที่ความเข้มข้นต่างกัน ในแต่ละช่วงเวลา.....15
2.4	ผลกระทบของความเข้มข้นเกลือต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุกความ เข้มข้น 0.5% .....16
2.5	ผลกระทบของความเข้มข้นน้ำตาลต่อความหนืดของสารละลายแป้งบุกความ เข้มข้น 0.5% .....16
2.6	การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjacglucomanan กับ locust bean gum .....18
2.7	การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjacglucomanan กับ K-carrageenan และ Xanthan gum.....18
2.8	ความแข็งแรงของเจลที่ได้จากการผสมโอโอตา-คาร์ราจีแนนกับคอนยัคกลูโคแมนแนน.....21
3.1	ผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) .....31
4.1	ความหนืดของผงบุก 4 ชนิดที่ละลายน้ำ ณ อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และ 95 องศาเซลเซียส.....47
4.2	ความคงตัวของผงบุก 4 ชนิดที่เวลา 0, 24, 48, 72 ชั่วโมง.....48
4.3	ภาพถ่ายเจลบุก.....48
4.4	กรดอะมิโนอิสระระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของไส้กรอก อีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....64
4.5	ค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของ ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....64
4.6	รูปแบบโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่าง การกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมัก .....66
4.7	การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างกระบวนการหมัก และสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....68
4.8	ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก.....74
4.9	กรดอะมิโนอิสระระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....80
4.10	ค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างการเก็บรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมัน ด้วยเจลบุก.....81
4.11	รูปแบบโปรตีนซาร์โคพลาสซึมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์.....82
4.12	รูปแบบโปรตีนไมโอไฟบริลลารีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์.....83
4.13	การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาของ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก.....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ X ว่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.14	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการผลิต.....88



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

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

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

คอนยัคกลูโคแมนแนน (konjacglucomanan) หรือเรียกโดยทั่วไปว่า ผงบุก จัดเป็นส่วนผสมอาหารชนิดหนึ่งที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าปลอดภัย (Generally Recognized as safe หรือ GRAS) โดยองค์กรอาหารและยา (FDA) ของสหรัฐอเมริกา และนิยมนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในเนื้อสัตว์ ผลบุกได้มาจากส่วนหัวของต้นบุก (Amorphophalluskonjac) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศจีน ญี่ปุ่น ทิลิปีนส์ และไทย (Tye. 1991) องค์ประกอบที่สำคัญในแป้งบุกได้แก่ กลูโคแมนแนน โดยทั่วไปผงบุกจะไม่เกิดเจลในน้ำ จะให้แค่ความข้นเหนียวเท่านั้น อย่างไรก็ตามเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นต่างจะทำให้เกิดเจลได้และเจลที่ได้จะไม่ผันกลับด้วยความร้อน (thermo-irreversible gel) Jimenez-Colmenero et al. (2013) ได้กล่าวว่างบุกยังมีความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้นได้เมื่อผสมกับไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ที่ได้จากพืชหรือสาหร่ายชนิดต่างๆ เช่น แป้ง คาร์ราจีแนน (carrageenan) แซนแทน (xanthan gum) และเจลแลน (gellan) นอกจากนี้เมื่อผสมกับไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) กลุ่มนี้ผงบุกยังสามารถนำมาใช้เป็นไขมันเทียม (fat analog) ด้วยสูตรและวิธีเตรียมที่แตกต่างกัน รวมทั้งมีวิธีการเตรียมที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน เพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดไขมันหรือไขมันต่ำ อาทิเช่น ไส้กรอกแฟรงเฟอ์เทอร์ (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) มาใช้ในไม่ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์กุนเชียง (ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี และคณะ. 2543) และไส้อั่ว (นภาพร ดีสนาม. 2549) ในด้านการนำผงบุกมาเตรียมเจล มีงานวิจัยของอดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2541) และ ศรายุทธ สิทธิวงค์ (2543) ได้มีการนำเจลบุกที่เตรียมได้มาใช้ในไส้กรอกหมู หมูยอ และไก่ยอ อย่างไรก็ตามจากรายงานวิจัยพบว่าการเตรียมเจลบุกจากการใช้ผงบุกประมาณร้อยละ 1.2-1.5 ซึ่งจัดว่าเป็นความเข้มข้นต่ำเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Jimenez-Colmenero et al. (2010) และ Osburn and keeton (2004) ที่มีการใช้เจลบุกที่เตรียมจากผงบุกร้อยละ 5 และร้อยละ 8 ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศยังไม่ได้มีการศึกษาถึงการนำเจลบุกมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาถึงการนำเจลที่เตรียมได้จากผงบุกมาใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน โดยคำนึงถึงชนิดของผงบุกและการเก็บรักษาเจลบุกที่เหมาะสม เพื่อให้ได้เจลบุกที่มีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและลักษณะทางประสาทสัมผัส รวมทั้งความคงตัว ที่เหมาะกับการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นต้องมีการนำส่วนผสมที่ผ่านการอัดไส้บรรจุ (casing) และนำมาผึ่งไว้ในที่สะอาด จนกระทั่ง pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงประมาณ 4.5-4.6 (ใช้เวลาประมาณ 3 วัน) ถ้าชนิดของผงบุกและความคงตัวของเจลบุกไม่เหมาะสม ย่อมทำให้เกิดน้ำไหลออกจากเจล (syneresis) และก่อให้เกิดความชื้นสะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน จนนำไปสู่ปัญหาการเกิดราบริเวณผิวของไส้บรรจุได้ นอกจากนี้การใช้สารอื่นทดแทนไขมันมีข้อจำกัดเนื่องจากไม่สามารถทดแทนได้ร้อยละ 100 เนื่องจากอาจทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในเนื้อสัมผัสและรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงสัดส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนไขมันจากสัตว์ในผลิตภัณฑ์นี้รวมด้วย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ในระดับผู้ผลิตรายย่อยจนถึงระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายทางการค้าต่อไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ปัจจุบันหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog) เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันสันหลังสุกร

1.2.2 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีกายภาพ และชีวภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

1.2.3 เพื่อศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการผลิต

1.2.4 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานสูตรที่ใช้ไขมันสันหลังสุกร

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาการเตรียมเจลบุกที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog) เมื่อเปรียบเทียบกับไขมัน สิ้นหลังสุกร
- 1.4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมี-กายภาพ และชีวภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บ รักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง
- 1.4.3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ ธรรมชาติ
- 1.4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเปรียบเทียบกับไส้กรอกอีสานสูตรที่ใช้ไขมันสิ้นหลังสุกร

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานโดยการลดไขมันในส่วนผสมด้วยเจลบุกซึ่ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปสำหรับ กลุ่มผู้บริโภคที่หันมาสนใจสุขภาพ
- 1.5.2 สามารถตีพิมพ์และเผยแพร่งานวิจัยในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ไส้กรอกอีสานหรือไส้กรอกเปรี้ยว

อุมาพร ศิริพิณฑ์ (2546) ได้กล่าวถึงการใช้เนื้อสัตว์ (meat) เป็นอาหารไว้ดังนี้คือ เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนที่มีความสำคัญต่อร่างกายมนุษย์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) และเป็นแหล่งวิตามินรวม เกือบแล้ว 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 โดยเนื้อหมูจะไม่นำมาล้างน้ำก่อนเนื่องจากเนื้อจะดูดซึมน้ำทำให้มีความชื้นสูง และอาจเน่าเสียง่ายระหว่างการหมัก เมื่อผสมวัตถุดิบต่างๆเข้าที่แล้วจะทำการอัดส่วนผสมในไส้หมูที่ล้างสะอาดมัดด้วยเชือกเป็นข้อๆ เพื่อสะดวกในการรับประทาน เมื่อหมักนานขึ้นจะมีรสเปรี้ยวมากขึ้น เนื่องจากการสะสมของกรดแลคติกที่จุลินทรีย์ผลิตออกมาในช่วงแรก เช่น พวก *Lactobacillus* พวก *Pediococcus* ได้แก่ *Pediococcus cerevisiae* และจุลินทรีย์ในช่วงระยะหลัง เช่น *Lactobacillus* ได้แก่พวก *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis* เป็นต้น ระยะเวลาที่มีรสเปรี้ยวจะขึ้นอยู่กับวิธีการทำ อุณหภูมิในการเก็บ อัตราการสลายตัวของเนื้อหมู ส่วนใหญ่ใช้เวลาหมักประมาณ 3-4 วัน และจะมี pH ประมาณ 4.5-5.5 (ปิยะรัชต์ กุลเมธี. 2551)

ไส้กรอกอีสานนิยมผลิตในระดับอุตสาหกรรมและในหน่วยครัวเรือน ดังนั้นสูตรและกระบวนการผลิตจึงมีความแตกต่างกันไปแต่ละท้องถิ่น โดยทั่วไปมีส่วนผสมหลักดังนี้

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 ไนไตรต์ (nitrite) หรือสารผสมเกลือ น้ำตาล ผงชูรส กระเทียม พริกไทย อาจผสมลูกผักชีปนเพื่อให้มีกลิ่นหอม

เอกสารศึกษานี้ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โรคหัวใจและโรคเกี่ยวกับหลอดเลือด (Ozvural and Vural. 2008; Moon *et al.* 2008; Luruena-Martinez *et al.* 2004) แต่อย่างไรก็ตาม ไชมันก็มีบทบาทสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ลดการสูญเสีย น้ำหนักระหว่างการทำสุก 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 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อหมู มันหมู ข้าวสุก ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ และสมุนไพร เช่น น้ำตาลทราย เกลือ กระเทียมบด พริกไทย ลูกผักชี ผสมให้เข้ากันดี นวดจนเหนียว บรรจุลงในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ มัดเป็นท่อน ผึ่งไว้ในที่สะอาดและแห้งจนเปรี้ยว และต้องทำสุกก่อนรับประทาน

### 2.1.4.2 คุณลักษณะที่ต้องการ

- 1) ลักษณะทั่วไป - ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องมีรูปร่างเดียวกัน และมีขนาดใกล้เคียงกัน มีการกระจายตัวของส่วนประกอบที่ใช้อย่างสม่ำเสมอ มีผิวเรียบ ไม่ฉีกขาด
- 2) สี - ต้องมีสีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้
- 3) กลิ่นรส - ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติที่เกิดจากการหมักและของส่วนประกอบที่ใช้ มีรสเปรี้ยวพอเหมาะ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นเหม็น
- 4) ลักษณะเนื้อ - ต้องนุ่มและไม่รวน
- 5) สิ่งแปลกปลอม - ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

### 6) วัตถุเจือปนอาหาร

#### 6.1 ห้ามใช้สีทุกชนิด

6.2 หากมีการใช้วัตถุเจือปนอาหารให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนด

ดังต่อไปนี้

6.2.1 โซเดียมไนไตรต์หรือโพแทสเซียมไนไตรต์ (คำนวณเป็นโซเดียมไนไตรต์) ต้องไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือถ้าใช้ในรูปของผงเพรก (เกลือ : เกลือไนไตรต์ 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) ไชมัน - 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 10cfu ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 หน้าที่ของไขมันและน้ำมันในอาหาร

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

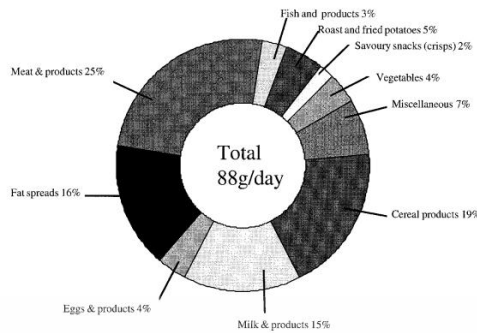
### 2.2.1 บทบาทของไขมันในอาหาร ซึ่งมี 3 ประการดังนี้ (Jones. 1996)

#### 2.2.1.1 หน้าที่ทางด้านโภชนาการ

1) ไขมันเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย หรือกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) คือกรดไขมัน (fatty acid) ที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่บริโภคเข้าไป เพื่อให้สุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ กรดไขมันประเภทนี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ มีประโยชน์ต่อสุขภาพ การเจริญเติบโต, การพัฒนาการ และการทำงานของสมอง และการสืบพันธุ์ การขาดกรดไขมันที่จำเป็นจะมีผลกระทบต่อสุขภาพ กรดไขมันที่จัดเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมี 2 ชนิดคือ กรดลิโนเลนิก ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมกา-3 และกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมกา-6

2) ไขมันเป็นตัวพา (carrier) สำหรับวิตามินที่ละลายในไขมัน เช่น วิตามินเอ ดี อี และ เคซึ่งวิตามินเอ มีผลต่อการเจริญเติบโตการสร้างกระดูกและระบบสืบพันธุ์ วิตามินดีรักษาภาวะสมดุลของระดับแคลเซียมในเลือดและในกระดูก วิตามินอีช่วยในการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายหลายระบบ และเป็นแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ที่ช่วยให้เซลล์ต่างๆ รอดอันตรายจากสารพิษ ช่วยชะลอความแก่ และวิตามินเค ร่างกายใช้วิตามินเคในกระบวนการเติมหมู่คาร์บอกซิลหลังการแปลรหัสอาร์เอ็นเอเป็นโปรตีน ของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) ซึ่งจำเป็นต่อการจับกับแคลเซียม

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



ภาพที่ 2.1 แหล่งพลังงานจากไขมันในอาหารของผู้บริโภคในสหราชอาณาจักร  
ที่มา: USDA National Agricultural Statistics Service, 1994

### 2.2.1.2 หน้าที่ทางด้านเคมี-กายภาพ

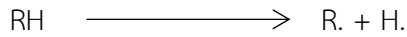
1) ไขมันส่งผลต่อพฤติกรรมของอาหารระหว่างการแปรรูป เช่น ความคงตัวต่อความร้อน และความหนืดซึ่งความคงตัวต่อความร้อนรวมถึงการเกิดผลึกโดยผลึกของไขมันเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของกลีเซอไรด์เข้ามาใกล้กันและสัมผัสกัน มีการเรียงตัวกันแล้วเกิดโครงสร้างที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง (Nucli) ของผลึกขึ้น ผลึกที่เกิดขึ้นมี 3 รูปแบบ คือ แบบปีตา ( $\beta$ ) หรือแบบไตรคลินิก (Triclinic) แบบที่สองคือ ปีตาไพรม์ ( $\beta'$ ) หรือแบบออร์ทอโรโมนิก (Orthorhombic) แบบที่สามคือแบบ เฮกซะโกนอล (Hexagonals) หรือแบบแอลฟา ( $\alpha$ ) ซึ่งรูปแบบนี้ได้ผลึกที่มีขนาดเล็กที่สุดและมีเสถียรภาพน้อยที่สุดแต่ก็ให้ความรู้สึกที่เนียนที่สุดเมื่อบริโภค ส่วนทางด้านความหนืดของไขมันและน้ำมันมีผลต่อการนำไปใช้และการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะมีความสัมพันธ์กับขนาดโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบและความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันเช่นเดียวกับจุดหลอมเหลว คือเมื่อมีกรดไขมันที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ขึ้น จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นและหากกรดไขมันมีความไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น จะทำให้ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะลดลง

2) ไขมันส่งผลต่อลักษณะอาหารหลังการแปรรูป เช่น การกระจายตัวขององค์ประกอบของอาหารหรือเรียกว่าเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ซึ่งทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนียนนุ่ม และความข้นเหนียว

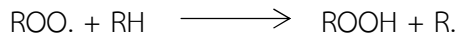
3) ไขมันส่งผลต่อความคงตัวของอาหารในช่วงการเก็บรักษา เช่น การแยกตัวของน้ำมันและการหืนโดยลักษณะของการเหม็นหืนที่เกิดขึ้นในกรดไขมันว่ามีอยู่ 2 ประเภท คือการเหม็นหืนที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากเอนไซม์ไลเปส (Lipase) ที่ถูกสร้างขึ้นโดยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเข้าไปย่อยสลายโครงสร้างของกรดไขมันพวกไตรกลีเซอไรด์ (Triglycerides) ทำให้เกิดการเหม็นหืน ส่วนการเหม็นหืนที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชัน (Autoxidation) เกิดจากออกซิเจนทำปฏิกิริยากับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว นอกจากนี้ นิธิยา รัตนพานนท์ (2539) ยังได้อธิบายกลไกการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันซึ่งสรุปได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขั้นตอนเนื่อง (Propagation) เป็นขั้นตอนที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับ free radical ได้เป็น peroxy radical (ROO·) hydroperoxide (ROOH) และ hydrocarbon radical (R·) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้จะทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป



ขั้นสุดท้าย (Termination) เป็นขั้นตอนที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่เป็น non-radical ปฏิกิริยาจะหยุดลง ตัวอย่างเช่น



Warriss (2000) กล่าวว่า การบดเนื้อในกระบวนการผลิตไส้กรอกสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของไขมันได้เนื่องจากออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยากับฮีมของฮีม (heme) และเกลือแกงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นในเนื้อสัตว์ได้เช่นกัน แต่เกลือไนไตรต์ สารประกอบซิเตรต (Citrates) และสารประกอบฟอสเฟต (Phosphate) ที่เติมในเนื้อหมักใช้เป็นตัวจับฮีมสามารถช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ การเติมออกซิเจนพันธะคู่ของกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัวทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ในอาหารชนิดที่มีไขมัน อนุมูลอิสระของไขมันนอกจากจะทำให้อาหารมีกลิ่นรสผิดปกติ (off-flavor) ยังทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคข้ออักเสบเรื้อรัง (Rhumatoid arthritis) โรคติดเชื้อจากแบคทีเรียและไวรัส โรคหัวใจ โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) โรคมะเร็ง (Cancers) และโรคสภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (AIDS) เป็นต้น

### 2.2.1.3 หน้าที่ทางด้านประสาทสัมผัส

- 1) ไขมันส่งผลถึงด้านลักษณะปรากฏของอาหาร เช่น ไขมัน สี และความชุ่มชื้นของอาหาร ไขมันส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของอาหาร เช่น ความขื่นหนืด และความกระด้างหรือแข็งของอาหาร
- 2) ไขมันส่งผลต่อกลิ่นรสของอาหาร เช่น ความเข้มข้นของกลิ่นรส การปลดปล่อยกลิ่นรส (flavor release) และการพัฒนากลิ่นรสในอาหาร
- 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 โดยทั่วไปจะมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายไขมันแต่ไม่สามารถย่อยสลายในระบบทางเดินอาหารเนื่องจากมีโครงสร้างทางเคมีที่คงทนต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) โดยเอนไซม์ในร่างกาย

2.3.1.3 Fat mimetic หมายถึงสารทดแทนไขมันซึ่งเมื่ออ้วนน้ำไว้ในเมทริกซ์ (matrix) ในปริมาณมากเพียงพอ จึงทำให้มีลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายไขมัน

2.3.1.4 Low-calorie fat หมายถึงสารประกอบไตรกลีเซอไรด์สังเคราะห์ (Synthetic triglyceride) โดยการแทนที่กรดไขมันธรรมชาติด้วยกรดคาโพรลิก (8:0), กรดคาพริก (10:0) และกรดปีฮีนิก (22:0) บนโครงสร้างของกลีเซอรอล (glycerol backbone) ยังผลในการลดปริมาณแคลอรี เนื่องจากกรดปีฮีนิกไม่ถูกย่อยสลายแต่จะกลายเป็นพลังงานน้อยกว่ากรดไขมันธรรมชาติ สารประกอบไตรกลีเซอไรด์สังเคราะห์เหล่านี้ให้พลังงานเพียง 5 กิโลแคลอรีต่อกรัม

2.3.1.5 Fat extender หมายถึงสารทดแทนไขมันที่ประกอบด้วยไขมันธรรมชาติผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เช่น น้ำ ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ เช่น อิมัลชัน

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

2.3.2.1 Fat substitute หมายถึงสารที่มีความคล้ายคลึงกับไตรกลีเซอไรด์ทั้งทางกายภาพและทางเคมีสามารถใช้แทนไขมันได้น้ำหนัก อาจเป็นสารที่ผลิตมาจากไขมัน จากการสังเคราะห์ทางเคมีของไขมันหรือน้ำมัน จากการดัดแปรไขมันหรือน้ำมันปกติด้วยวิธีการทางเอนไซม์ สารทดแทนไขมันประเภทนี้มักคงตัวต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปอาหารทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ

2.3.2.2 Fat mimetic เป็นสารที่เลียนแบบสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสและทางกายภาพของไตรกลีเซอไรด์ แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนไขมันได้ทั้งหมดร้อยละ 100 สารทดแทนไขมันประเภทนี้มักผลิตมาจากโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง และเซลลูโลส จากกระบวนการดัดแปรทางเคมี หรือกายภาพเพื่อให้มีสมบัติใกล้เคียงกับไขมันในธรรมชาติมากที่สุด สารทดแทนไขมันประเภทนี้ให้พลังงานประมาณ 0-4 กิโลแคลอรีต่อกรัม โดยทั่วไปสารทดแทนไขมันประเภทนี้ดูดซับน้ำเอาไว้ในปริมาณสูงจึงไม่เหมาะที่จะใช้ทอดอาหาร 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
ผลิตภัณฑ์ขนมหวาน แขนงหรือแซ่เอือก แซ่ง	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
ไขมันและน้ำมันชนิดอื่นๆ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ประเภทของอาหาร	Fat Replacers		
	Carbohydrate-based	Protein- based	Fat-based
ซูป/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 (Konjacglucomannan) ทำมาจากหัวบุก ซึ่งหัวบุกจัดอยู่ในวงศ์ Araceae สายพันธุ์ที่พบในประเทศแถบเอเชียเขตอบอุ่นคือ สายพันธุ์ *Amorphophallus konjac* ส่วนในประเทศไทยพันธุ์ที่มีปริมาณกลูโคแมนแนนสูง คือบุกเนื้อทรายหรือบุกไข่ โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus cophyllus* พบมากทางตอนเหนือและตะวันตกของประเทศ สมุนไพรบุกมีชื่อเรียกว่า หมอ ยวีจวี ยั่ว (จีนแต้จิ๋ว) หมอยื่อ (จีนกลาง) เป็นต้น ส่วน Tye (1991) รายงานว่าประเทศญี่ปุ่นใช้แป้งบุกทำเป็นอาหาร โดยใช้ในรูปแบบของเจลและใช้เลียนแบบเส้นขนมปัง ในปี ค.ศ.1900 USDA ของประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าแป้งบุกสามารถใช้เป็นส่วนผสมของอาหารได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized as Safe; GRAS)

ต้นบุกเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินทุกชนิด โดยทั่วไปมีลำต้นใต้ดิน ก้านใบมีหลายตลับ ลักษณะใบคล้ายใบมะละกอ ดอกคล้ายดอกของต้นหนั้วว ก้านดอกโผล่ตรงกลางจากหัวบุก การใช้ประโยชน์จากบุกสามารถกระทำได้โดยการนำส่วนหัว ก้านใบหรือลำต้น มาทำแกงบุก ขนมบุกในท้องถิ่นภาคกลางมักพบว่าได้มีการใช้เนื้อบุกมาแช่น้ำปูนและล้างหลายๆครั้ง นำไปทำขนมหวาน ในท้องถิ่นภาคเหนือชาวไทยภูเขา นำหัวบุกมาปิ้งก่อนรับประทาน นอกจากนี้ชาวบ้านบางพื้นที่นำหัวบุกมาผานเป็นแผ่นบางแล้วคลุกเกลือตากแห้ง จากนั้นนำมานึ่งรับประทานกับข้าว

เนาวรัตน์ แยมแสงสังข์และคณะ (2542) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์โยอาหารกลูโคแมนแนนจากหัวบุกในการควบคุมและบำบัดอาการท้องผูก และโรคอ้วน ได้รายงานว่ายอาหารจากหัวบุกเป็นโมเลกุลของน้ำตาลเชิงซ้อนที่มีแคลอรีต่ำมาก ช่วยลดอาการท้องผูกในเพศชายร้อยละ 93 และเพศหญิงร้อยละ 88 สามารถลดน้ำหนักได้ที่ระดับความเชื่อมน้ำร้อยละ 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 และยังมีพบสารที่เป็นพิษ คือ Coniine, เอกลสารนี้เป็นเอกลสารที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่น่าจะมีอันตรายต่อสุขภาพไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cyanophoric glycoside ก้านบุกพบสาร Uniineและวิตามินบีที่ก้านช่อดอก (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554) และหัวบุกยังมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 5-6 และมีคาร์โบไฮเดรตอยู่สูงร้อยละ 67 (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

หัวบุกมีสารสำคัญ คือ กลูโคแมนแนน (Glucomannan) เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วยกลูโคส แมนโนสและฟรุคโตส สารกลูโคแมนแนนสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ เนื่องจากมีความเหนียว ช่วยยับยั้งการดูดซึมของกลูโคสจากทางเดินอาหาร ยิ่งหนักมากก็ยิ่งมีผลการดูดซึมกลูโคส ดังนั้น กลูโคแมนแนน ซึ่งเหนียวกว่า gua gum จึงสามารถลดน้ำตาลได้ดีกว่า จึงใช้แบ่งเป็นวันเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานและสำหรับผู้ที่เป็นโรคไขมันในเลือดสูง (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556) ซึ่งสารกลูโคแมนแนนจะมีปริมาณแตกต่างกันออกไปตามชนิดของบุก (มหาวิทยาลัยมหิดลคณะเภสัชศาสตร์. 2539)

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

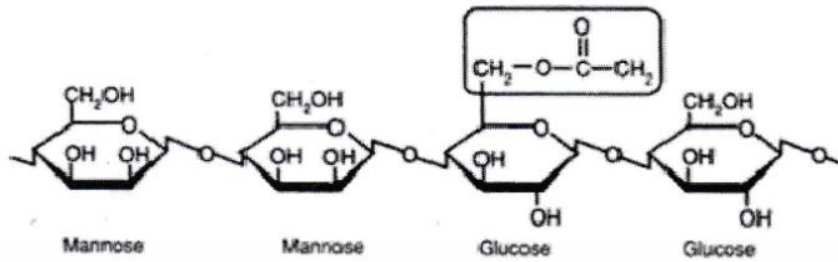
กลูโคแมนแนนสามารถดูดน้ำและพองตัวได้มากถึง 200 เท่า ของปริมาณเดิม เมื่อเรารับประทานกลูโคแมนแนนก่อนอาหารครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมงครึ่งละ 1 กรัม กลูโคแมนแนนจะดูดน้ำที่มีมากในกระเพาะอาหารของเรา แล้วเกิดการพองตัวจนทำให้เรารู้สึกอิ่มอาหารได้เร็วและอิ่มได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจุดนี้เองที่ทำให้เรารับประทานอาหารได้น้อยลงกว่าปกติด้วย อีกทั้งกลูโคแมนแนนจากบุกก็มีพลังงานต่ำมาก กลูโคแมนแนนจึงช่วยในการควบคุมน้ำหนักและเป็นอาหารของผู้ที่ต้องการลดความอ้วนได้เป็นอย่างดี เมื่อนำสารที่สกัดได้จากบุกที่มีการกำจัดพิษแล้ว ให้หนูใหญ่รับประทานครึ่งละ 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) เมื่อนำสารที่สกัดได้จากบุกที่มีการกำจัดพิษแล้ว ให้หนูใหญ่ที่มีอาการบวมที่ขารับประทานครึ่งละ 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 ซึ่งถ้าหมู่อะเซทิลถูกกำจัดออกในสภาวะที่เป็นด่างอ่อนๆ โมเลกุลของบุกจะเกิดเจลที่ทนร้อน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Heat stable gel) น้ำหนักโมเลกุลของผงบุกประมาณ 200,000 – 2,000,000 ขึ้นอยู่กับชนิดกระบวนการผลิตและอายุการเก็บรักษาวัตถุดิบ (Tye, 1991)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของผงบุก

ที่มา: Anonymus, 1998

#### 2.4.4 การผลิตผงบุกและเจลบุก

การผลิตผงบุกด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้ได้ผงบุกที่มีความบริสุทธิ์แตกต่างกัน วิธีการแบบดั้งเดิมทำโดยใช้วิธีการสกัดแบบง่าย โดยนำหัวบุกที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นมาแล้วต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 30 นาที อบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด ต่อมามีการพัฒนาวิธีการมาเป็นการสกัดแบบแห้ง โดยแช่บุกที่ผ่านการลดขนาดในสารละลายซัลไฟด์ อบแห้งโดยใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม บดโดยใช้เครื่องบด (Mincer) หรือเครื่องโม่แบบตี (Hammer mill) ชัดอนุภาคผงที่ได้และผ่านตะแกรงร่อน ผงบุกที่ได้จะมีความบริสุทธิ์มากกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม ส่วนวิธีการสกัดแบบเปียกจะมีการบดบุกที่ผ่านการลดขนาดมาแล้วในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 ชัดอนุภาคในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 ล้างผงบุกที่ได้ในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 อบแห้งและบดด้วยความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรง นอกจากนี้ยังมีการผลิตแบบแห้งร่วมกับแบบเปียก ทำได้โดยนำบุกที่ผ่านการสกัดแบบแห้งมาแล้วมาชัดเจนอนุภาคในสารละลายเอทานอลเป็นเวลา 1 ชั่วโมง สกัดในสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้ได้เป็นผงบุก

ชมพูท สัทโสภา (2542) ได้สรุปถึงกาเตรียมเจลบุกว่าสามารถทำได้โดยการต้มบุกพันธุ์เนื้อทรายที่หั่นเป็นชิ้นบางๆในน้ำเดือด แล้วจึงบดผสมกับน้ำปูนใสที่ความเข้มข้น 100 กรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปต้มในสารละลายน้ำปูนใสความเข้มข้น 50 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที และต้มในน้ำเดือดอีกครั้ง เจลบุกที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่มีความคั้นและไม่รสปวด

#### 2.4.5 คุณสมบัติของผงบุก

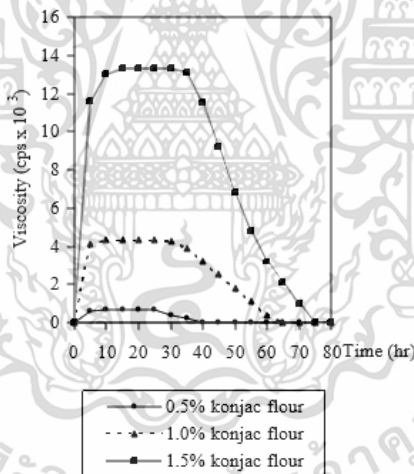
ผงบุกจัดเป็นใยอาหาร (dietary fiber) ที่สามารถละลายน้ำได้และดูดซึมน้ำได้ดีถึง 100 เท่า โดยอนุภาคของผงบุกเชื่อมต่อกันเป็นแมคโครโมเลกุล (macromolecule) และพันกัน โมเลกุลน้ำถูกดูดเข้าไปในสายโซ่โดยการสร้างพันธะไฮโดรเจน และเปลี่ยนจากผงแป้งเป็นของเหลวที่มีความหนืด (Nashinari et al. 1987) ผงบุกมีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น เป็นสารให้ความข้นหนืด สามารถเกิดเจลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือใช้เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) หรือสารอิมัลซิไฟเออร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเลือกใช้ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ สมบัติบางประการของผงบุกที่น่าสนใจได้แก่

#### 2.4.5.1 ความข้นหนืด (viscosity)

ผงบุกเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลสูงและให้ความหนืดสูง ผงบุกที่ยังไม่ได้กำจัด หมู่อะเซทิลออกให้สารละลายที่มีความหนืดสูงโดยใช้ปริมาณเพียงร้อยละ 1 ในน้ำให้ความหนืด 20,000 ถึง 40,000 เซนติพอยส์ (centipoise) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าสารข้นหนืด (Thickening agent) ตัวอื่นๆ เมื่อนำผงบุกมาละลายน้ำ อนุภาคของแป้งดูดซึมน้ำเข้าไว้ แล้วเกิดการพองตัว ทำให้ได้ สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้น Akesowan (2012) กล่าวว่าสารละลายแป้งบุกที่ถูกเตรียมในสภาวะ อุณหภูมิห้อง ความหนืดของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (ภาพที่ 2.3) คือ แป้งบุกทุกๆ ความเข้มข้นมีความหนืดต่ำที่หนึ่งชั่วโมงแรกหลังจากการละลาย และจะเกิดรูปแบบของสารละลายที่มีความหนืด ในไม่กี่ชั่วโมงต่อมาความหนืดของสารละลายแป้งบุกเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และคงที่หลังจากชั่วโมงที่ 5, 6 และ 12 ชั่วโมง ของความเข้มข้นแป้งบुरू้อยละ 0.5, 1.0, และ 1.5 ตามลำดับ ซึ่งสารละลายบุกที่มีความเข้มข้นต่างกันส่งผลให้เกิดความเข้มข้นที่ต่างกันด้วย และ pH มีผลต่อความหนืดของสารละลายบุก โดย ความหนืดจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงค่า pH 2 ถึง 8 ซึ่งอาจถูกระบุว่าความหนืดของสารละลายแป้งบุก มีเสถียรภาพในช่วง pH นี้ ในขณะที่ pH 10 สารละลายแป้งบุกมีความหนืดสูงและเริ่มเปลี่ยนเป็นเจล

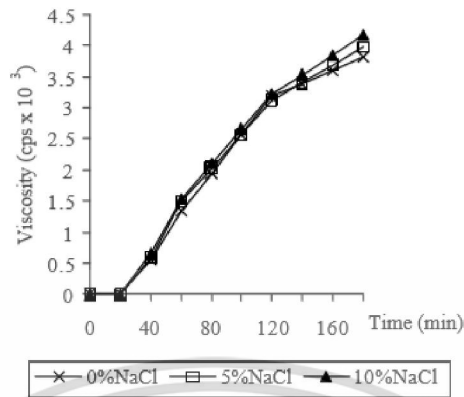


ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของสารละลายแป้งบุกที่ความเข้มข้นต่างกันในแต่ละช่วงเวลา  
ที่มา :Akesowan, 2012

Akesowan (2012) กล่าวว่า ความเข้มข้นของเกลือไม่มีผลต่อความหนืดของ สารละลายแป้งบุก (ภาพที่ 2.4)ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าแป้งบุกเป็น non-ionic ซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจาก ความเข้มข้นของเกลือ และมีความคงตัวที่ pH ต่ำกว่า 3 (Thomas. 1997) ส่วนความเข้มข้นของน้ำตาลส่งผล ต่อค่าความหนืดของสารละลายแป้งบุก โดยความหนืดมีค่าลดลง จากภาพที่ 2.5 ความหนืดของ สารละลายแป้งบุกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ในสารละลายน้ำตาลร้อยละ 50 มีค่า 20 เซนติพอยส์ ซึ่งเป็นค่าคงตัวในช่วง 180 นาที ที่ความเข้มข้นซูโครสร้อยละ 25 สารละลายแป้งบุกมีอัตราของไฮเดรชัน

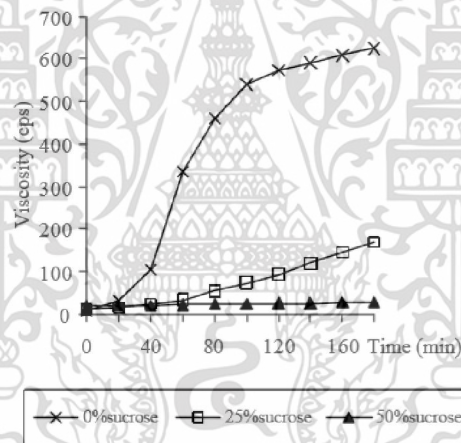
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการฉ้อโกงทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(hydration) ที่ต่ำ ดังนั้นการละลายตัวของแป้งบุกมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2.5)



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) ทำให้สูญเสียความเป็นเจลไปในสภาวะที่เป็นต่างอ่อน เช่น โปแตสเซียมคาร์บอเนต (Potassium carbonate) แต่ผงบุกจะให้เจลที่ทนต่อความร้อน (thermal stability) และมีความแข็งแรงมาก และมีความคงตัวสูงแม้จะไปต้มในน้ำเดือด การให้ความร้อนซ้ำแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรง และเสถียรภาพมากขึ้น การเกิดเจลของผงบุกสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

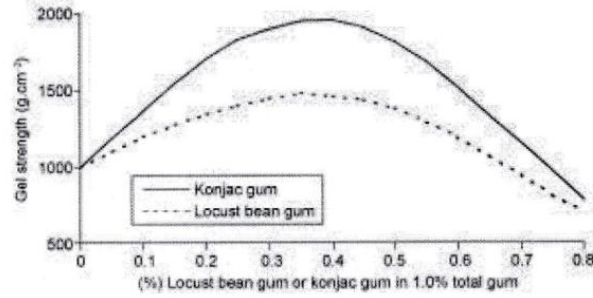
### 1) การใช้ต่างในการเกิดเจล

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

### 2) การใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อช่วยในการเกิดเจล

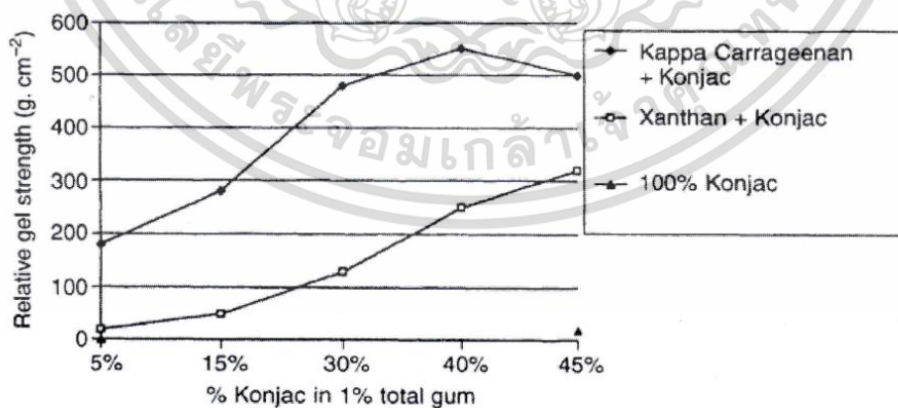
แมคโครโมเลกุลที่อยู่ในสารละลาย มีส่วนหนึ่งของโมเลกุลจับตัวกับโมเลกุลอื่นๆที่อยู่ใกล้กันและปล่อยโมเลกุลน้ำที่จับอยู่ให้หลุดออกไป การจับตัวกันนั้นอาจแข็งแรงกันมากพอที่จะไม่ทำให้แตกตัวออกจากกันที่อุณหภูมิห้อง ถ้าจำนวนโมเลกุลที่จับกันมากพอจะเกิดอนุภาคขึ้นและตกตะกอนออกมา ปรากฏการณ์เช่นนี้มักเกิดขึ้นกับแป้ง การจับตัวแบบอื่นที่พบคือ แต่ละโมเลกุลของแมคโครโมเลกุลมีการจับตัวกับโมเลกุลอื่นมากกว่า 1 ตำแหน่ง ทำให้เกิดโครงสร้างเหมือนร่างแหใน 3 ทิศทางโครงสร้างที่เกิดขึ้นเรียกว่าเจลโดยมีโมเลกุลน้ำแทรกอยู่ทั่วไป (Whistler and Daneil. 1990) โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ไม่ได้ เมื่อแทรกตัวอยู่ระหว่างโมเลกุลของแมคโครโมเลกุลในร่างแหทำให้เจลแข็งตัวและมีรูปร่างที่แน่นอน (นิธิยารัตนพานนท์. 2549) ความแข็งแรงของเจลขึ้นกับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน ถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะเวลาสั้นมาก การจับตัวกันจะไม่แข็งแรงมากนัก เจลถูกทำลายได้ง่าย เช่นการกวนเบาๆ หรือใช้ความร้อนต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะยาวมาก การจับตัวจะแข็งแรงมาก เจลทนความร้อนได้ดี (Whistler and Daneil. 1990) แรงที่อนุภาคใช้จับตัวกันคือ แรงแวนเดอวาลส์และแรงประจุ ซึ่งอาจมีโมเลกุลหรืออนุภาคของสารอื่นๆ เข้ามาเกาะเกี่ยวด้วย การสานตัวเป็นร่างแหทั้งระบบขึ้นกับชนิดของอาหารความเข้มข้นและวิธีการเตรียม ถ้าสารละลายมีความเข้มข้นของตะกอนต่ำเกินไปจะเกิดตะกอนขุ่นขาวแต่ไม่เกิดเจล ความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดที่เปลี่ยนจากตะกอนขุ่นมาเป็นเจลไม่แน่นอน ขึ้นกับสภาวะการเตรียม (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 Konjacglucomanan กับ Locust bean gum  
ที่มา : Imeson, 2009

2.2) แชนแทนกัม (Xanthan gum) ทำให้เกิดเจลที่ผันกลับโดยความร้อน (Thermo reversible gel) ความยืดหยุ่น และความแข็งแรงของเจลแตกต่างกันไปขึ้นกับอัตราส่วนระหว่างกลูโคแมนแนนและแชนแทนกัมที่ใช้ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็น 60:40 ถึง 50:50 (Tye, 1991) ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นรวมของส่วนผสมจนถึงประมาณร้อยละ 1 การเติมเกลือลดความแข็งแรงของเจลที่เกิดขึ้น (ภาพที่ 2.7) (Morris and Brownsey, 1995) นอกจากนี้ พรรัตน์ สิ้นชัยพานิช (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



ภาพที่ 2.7 การเสริมฤทธิ์กันระหว่าง Konjacglucomanan กับ K-carrageenan และ Xanthan gum  
ที่มา: Imeson, 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.5.3 การเกิดฟิล์ม (film formation)

เมื่อสารละลายผงบุกเกิดการสูญเสียน้ำหรือนำไปทำให้แห้งได้ฟิล์มที่มีลักษณะเหนียว (tough film) ฟิล์มที่เกิดขึ้นจะเสถียรทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น หรือในระบบที่เป็นกรด-ด่างได้ดี มีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มน้ำเดือดเป็นเวลาหลายชั่วโมงฟิล์มจากผงบุกมีลักษณะอ่อน (Suppleness) และสามารถทำได้ทั้งฟิล์มในลักษณะโปร่งแสง และทึบแสง การเพิ่มปริมาณสารที่สามารถดูดความชื้นได้ดี (humecent) เช่น กลีเซอริน มีผลทำให้ค่าความแข็งแรงของฟิล์ม (film strength) ลดลง แต่กลับมีผลให้ค่าลักษณะอ่อนของฟิล์มเพิ่มขึ้น การแพร่ผ่านของน้ำ (water permeability) ในฟิล์มชนิดนี้ขึ้นกับสารที่เติมลงไปว่าเป็นแบบไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) โดยอัตราการแพร่ผ่านของน้ำในฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้วัสดุไฮโดรฟิลิก เช่น กลีเซอริน และมีค่าการแพร่ผ่านของน้ำลดลงเมื่อใช้วัสดุไฮโดรฟิลิก เช่น น้ำมันข้าวโพด (Tye. 1991)

### 2.4.6 การเตรียมเจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เจลบุกหากใช้ที่ความเข้มข้นต่ำจำเป็นต้องใช้ต่างเพื่อช่วยในการเกิดเจล เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) โซเดียมฟอสเฟต (Sodium phosphate) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) และ โพแทสเซียมฟอสเฟต (Potassium phosphate) (Imeson. 1997; Herranzet *al.* 2012) สารละลายต่างที่ใช้เติมลงไปในการละลายบุกที่พองตัวมักนิยมเติมลงไปในส่วนร้อยละ 10 ของส่วนผสม ยกเว้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างเท่ากัน กระบวนการเกิดเจลของบุกจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของบุก (น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคแมนแนนสูงจะเกิดเจลเร็ว) และการให้ความร้อน (มีความร้อนเสริมจะทำให้เกิดเจลเร็ว) (Huang *et al.* 2002; Yoshimura and Nishinari. 1999) แต่ถ้าบุกมีหมู่อะซีติลมากจะทำให้เกิดเจลช้า (Huang *et al.* 2002)

นอกจากนี้อาจใช้โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium carbonate) ลงไปร้อยละ 2 ของสารละลายแป้งบุก (Imeson. 1997) ในระบบที่เป็นด่างอ่อนเหล่านี้จะช่วยในกระบวนการกำจัดหมู่อะซีติล (deacetylation) ออกจากแป้งบุก ทำให้โมเลกุลของกลูโคแมนแนนสามารถเกิดเป็นโครงข่ายสามมิติที่คงตัวด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเจลที่ได้จะไม่ฝ่นกลับด้วยความร้อนและคงตัวต่อความร้อนสูง (Tye. 1991; FMC. 1994) หลังจากส่วนผสมเข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิแช่เย็น (Herranzet *al.* 2012) การใช้สภาวะด่างอ่อนในการเกิดเจลทำให้ pH ของเจลสูงถึงประมาณ pH 9-10 แสดงในตารางที่ 2.2 (Imeson. 1997) จึงจำเป็นต้องมีการล้างด้วยน้ำหลายครั้งก่อนนำมาใช้ในระบบอาหาร อย่างไรก็ตามเจลบุกที่ได้ด้วยวิธีการนี้สามารถทนความร้อนได้มากกว่า 200 องศาเซลเซียส

**ตารางที่ 2.2** ความแข็งแรงของเจลบุก (gel strength) เมื่อเติมสารละลายต่างที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับน้ำหนักรวมสารละลายบุก

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 ตั้งทิ้งไว้ในกาเกิดเจลที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ก่อนการใช้งาน

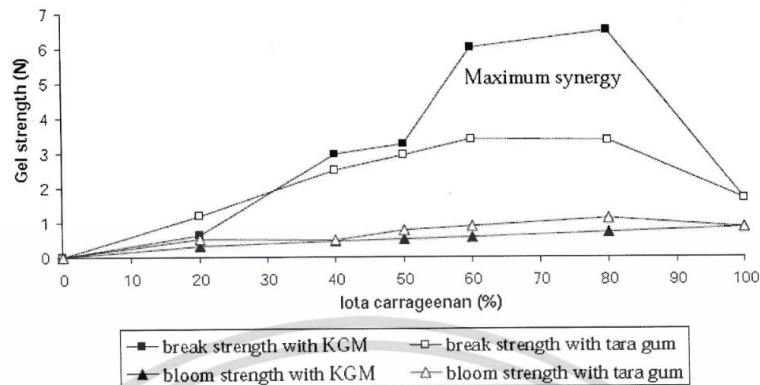
ต่อมา Jiménez-Colmenero (2010) โดยปรับสูตรเตรียมเจลบุกจากวิธีการของ Osburn and Keeton (2004) โดยใช้แป้งบุกร้อยละ 5 ไอโอตา-คาร์ราจีแนน (iota-carrageenan) ร้อยละ 1 แป้งพรีเจลคอร์นสตาร์ช (Pre-gelled corn starch) ร้อยละ 3 และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 เติมร้อยละ 10 เมื่อส่วนผสมเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการใช้งาน เจลที่ได้จาก cold set gel เป็นเจลที่ผันกลับได้ด้วยความร้อน แป้งบุกสามารถเสริมฤทธิ์การเกิดเจลโดยไฮโดรคอลลอยด์จากพืชหรือจากสาหร่ายทะเลหลายชนิด อาทิเช่น แป้งคาร์ราจีแนนเฟอเซลลาราน (Furcellaran) และเจลเลนกัม (Gellan gum) (Jiménez-Colmenero et al. 2013) ซึ่งผลของไฮโดรคอลลอยด์เหล่านี้จะทำให้เกิดการเชื่อมระหว่างสายของกลูโคแมนแนนในแป้งบุกมากยิ่งขึ้นทำให้สามารถเกิดเจลได้โดยไม่ต้องอาศัยสภาวะต่างอ่อนในการเกิดเจล (Imeson. 1997)

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

สัดส่วนผสมที่เหมาะสมของแป้งบุกคาร์ราจีแนนคือผสมแป้งบุกร้อยละ 75-90 กับคาร์ราจีแนนร้อยละ 25-10 อย่างไรก็ตามสัดส่วนที่เหมาะสมก็ขึ้นอยู่กับอาหารแต่ละชนิด เช่น สำหรับกรณีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการให้เกิดเจลในน้ำนม สัดส่วนที่เหมาะสมในการผสมแป้งบุกกับไอโอดา-คาร์ราจีแนน คือ แป้งบุก:ไอโอดา-คาร์ราจีแนน ในช่วงระหว่าง 20:80 ถึง 40:60 (Pary. 2010) (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 ความแข็งแรงของเจลที่ได้จากการผสมไอโอดา-คาร์ราจีแนนกับคอนยัคลูโคแมนแนน  
ที่มา : Pary, 2010

การผสมแป้งบุกโดยการแช่น้ำให้พองตัวดูน้ำเต็มที่สามารถทำได้ทั้งน้ำอุณหภูมิห้อง ร่วมกับการใช้แรงเฉือนที่ความเร็วต่ำ (low shear force) หรืออาจใช้น้ำที่มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (น้ำอุ่น) ร่วมกับแรงเฉือนก็ได้ โดยทั้งผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมจะไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเกิดเจลของบุก (FMC. 1994)

นอกจากนี้ Herranzet *al.* (2012) ได้ทำการศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อความคงตัวและคุณภาพเจลบุกที่ได้ โดยเตรียมเจลบุกจากคอนยัคลูโคแมนแนน ร้อยละ 3 และใช้สารละลายต่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.6 โมลในการกำจัดหมู่อะซิติล จากนั้นเจลบุกที่ได้มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 25, 50, 70 และ 90 องศาเซลเซียสหลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน พบว่าการให้ความร้อนแก่เจลบุกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสจะทำให้โครงสร้างของเจลที่ดีที่สุด คือมีความยืดหยุ่นสูงและคงตัวต่อการนำไปให้ความร้อนซ้ำเมื่อต้องการนำไปแปรรูป

## 2.5 ประโยชน์ของบุก

คนไทยเรานิยมนำหัวบุกไปทำเป็นอาหารทั้งคาวและหวานเช่นเดียวกับเผือก เช่น แกงบวมันบุก แกงอีसान นำไปทอดหรือใส่ในแกงกะหรี่ หรือนำมาผานเป็นแผ่นแล้วนำมาหนึ่งหรืออย่างกินเป็นขนมบุก ส่วนต้นอ่อนที่ปอกเปลือกออกแล้ว ใบอ่อน และก้านใบอ่อนก็สามารถนำมาทำอาหารคล้าย ๆ กับบอนได้ เช่น แกงส้ม แกงเลียง ท่อหมก หรือนำมาต้มลวกจิ้มกับน้ำพริกรับประทานได้ (ก่อนนำมาปรุงเป็นอาหารต้องเอาไปต้มก่อน โดยใส่ลงไปตอนที่น้ำกำลังเดือดเพื่อให้พิษหมดไป) แต่ในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมรับประทานกันแล้ว เนื่องจากขั้นตอนก่อนนำมาปรุงเป็นอาหารนั้นยุ่งยากเกินไป (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

สำหรับในผู้ป่วยโรคเบาหวาน บุกสามารถช่วยควบคุมหรือลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ (เนื่องจากไปช่วยลดการดูดซึมของน้ำตาลกลูโคสในระบบทางเดินอาหาร) และบุกยังเป็นอาหารที่มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์สำหรับผู้ป่วยระหว่างพักฟื้น เป็นอาหารที่ช่วยลดสารพิษ ขจัดไขมันในเลือด และปรุงเป็นอาหารรักษาสุขภาพ (นิจศิริ เรื่องรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547)

ในประเทศญี่ปุ่นนิยมใช้หัวบุกมาทำเป็นอาหารลดความอ้วน เพราะการรับประทานหัวบุกเป็นประจำจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ช่วยลดน้ำหนัก และช่วยควบคุมน้ำหนักตัวได้ เพราะสารกลูโคแมนแนนที่พองตัวจะไปห่อหุ้มอาหารที่เรารับประทานเข้าไป ไม่ให้สัมผัสกับน้ำย่อย จึงใช้ในการควบคุมน้ำหนักตัวได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดซับไขมันและกรดน้ำดี และขับถ่ายออกนอกร่างกาย จึงช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ได้ อีกทั้งยังช่วยในการขับถ่ายและระบาย เนื่องจากการพองตัวของกลูโคแมนแนนในทางเดินอาหาร จะไปกระตุ้นทางเดินอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะลำไส้ใหญ่ให้เกิดการบีบตัวขับกากอาหารที่คั่งค้างอยู่ออกมา จึงช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ได้ ช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเกิดโรคระเพาะอาหารเป็นแผลจากกรดหรือน้ำย่อย (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

ปัจจุบันได้มีการนำหัวบุกหรือแป้งบุกมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารผงบุก (เช่น คุกกี้เส้นบุกเส้นหมี่แป้งบุกคุกกี้บุกก้อนขนมบุก) เครื่องดื่มรูปแบบต่าง ๆ (เช่น เครื่องดื่มบุกผง) ใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนัก ลดความอ้วน และลดไขมันในเลือดกันอย่างแพร่หลาย (เช่น ผงบุก หรือ แคปซูลผงบุก) ซึ่งก็สามารถลดน้ำหนักได้ในระดับหนึ่ง มีความปลอดภัยต่อร่างกาย เพราะเมื่อกินแล้วทำให้อิ่มง่าย ระบบขับถ่ายทำงานดีขึ้น ช่วยระบายท้อง และไม่ทำให้อ้วน (นิจศิริ เรื่องรังสี และ ธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่าในต่างประเทศนั้นได้ใช้ต้นบุกเป็นอาหารสัตว์สำหรับการเลี้ยงหมูมานานแล้ว กากจากหัวบุกอาจนำมาใช้ผสมดินทำเป็นแนวกันพังในพื้นที่เชิงเขาได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ามีการใช้น้ำจากหัวบุกต้มผสมกับยางน่อง สำหรับไว้ใช้ยิงสัตว์ด้วย

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

## 2.6 การใช้ผงบุกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

มีการนำผงบุกมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สูตรไขมันต่ำ (Low-fat meat products) เพื่อทดแทนไขมัน และให้คุณสมบัติในด้านความชุ่มฉ่ำน้ำ อย่างไรก็ตาม การใช้ผงบุกก็ทำให้ขาดคุณสมบัติความชื้นของไขมัน นอกจากนี้การใช้ผงบุกอย่างเดียวโดยเฉพาะถ้าเติมลงไปปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลง อย่างไรก็ตามสามารถใช้สารอื่นเข้าช่วยได้เช่น การใช้แป้งหรือคาร์ราจีแนน ในผลิตภัณฑ์โบโลน่าไขมันต่ำ มีการใช้ผงบุกผสมกับแป้งข้าวโพดตัดแปรในสัดส่วนความชื้นต่อโปรตีน (M:P) ประมาณ 5.5 และ 6.0 เติมลงไปผลิตภัณฑ์ร้อยละ 1 จะให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรที่มีไขมันร้อยละ 30 สำหรับผงบุกที่มีการผสมคาร์ราจีแนนควรผสมกันในอัตราส่วน M:P เท่ากับ 6.0 และเติมลงไปผลิตภัณฑ์ร้อยละ 0.5 จะทำให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับสูตรที่ใช้ไขมัน (Chin *et al.* 1998) ข้อดีอีกอย่างของการใช้ผงบุกเป็นสารทดแทนไขมัน คือสามารถทำให้มองเห็นเจลขาวขุ่นที่มีลักษณะเหมือนไขมันที่ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ซาลามิ (Salami) มอทาเดลา (Mortadell) และ เปปเปอร์โรนี (Pepperoni) เป็นต้น อย่างไรก็ตามเจลบุกที่เกิดขึ้นจะไม่จับกับโปรตีนในเนื้อสัตว์ ดังนั้นจึงอาจแก้ไขโดยการเติมโปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein isolate) เพื่อช่วยปรับปรุงการเกาะติดกับเนื้อสัตว์

Osburn and Keeton (1994) ได้ศึกษาถึงการใช้เจลแป้งบุกเพื่อใช้เป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกหมูเพื่อลดปริมาณไขมันและพบว่าการใช้เจลแป้งบุกร้อยละ 10 ถึง 20 ทดแทนไขมันในไส้กรอกหมูสดที่ผลิตจากเนื้อหมูก่อนเข้าสู่กระบวนการเกร็งตัวหลังการตาย (Rigor mortis) ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดโดยมีค่าแรงเฉือนใกล้เคียงกับไส้กรอกหมูสดที่มีไขมันร้อยละ 40

Osburn and Keeton (2004) ได้ศึกษาถึงการนำเนื้อแกะบดที่ถูกตัดแต่งผสมกับเจลบุก (ร้อยละ 0, 10 และ 20) ผลิตเป็นไส้กรอกสดไขมันต่ำ (ร้อยละ 8) ทำการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบเคมี-กายภาพ ประสาทสัมผัส และ อายุการเก็บรักษาของไขมันเทียม เนื้อแกะบดถูกลดปริมาณคอเลสเตอรอล (2.3 มิลลิกรัมต่อเนื้อเยื่อ) และ ค่าอัตราการผลิตหลังทำให้สุก (cooking yield) (ร้อยละ 0.6) เทียบกับเนื้อแกะที่ถูกตัดแต่งตามปกติ เนื้อแกะบดจะมีปริมาณจุลินทรีย์ใช้อากาศเพิ่มขึ้นกว่า เนื้อแกะที่ถูกตัดแต่งแบบปกติประมาณ  $4 \log_{10}/\text{cm}^2$  แต่ ปริมาณจุลินทรีย์ใช้อากาศเพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อเจลบุก ไส้กรอกที่ใส่บุกร้อยละ 20 มีค่าอัตราการผลิตหลังทำให้สุก ต่ำกว่าประมาณร้อยละ 1 และค่าทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลงเล็กน้อย เจลบุกร้อยละ 10 ให้คุณสมบัติที่คล้ายกับชุดการควบคุมของไส้กรอกเนื้อแกะไขมันต่ำ ขณะที่ร้อยละ 20 จะลดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ การใช้เจลบุกเป็นไขมันทดแทนจะลดพลังงานงานแคลอรีโดยจะแทนที่ส่วนของเนื้อในสูตรไส้กรอก

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

Chin *et al.* (1998) ได้ศึกษาระดับและชนิดของแป้งบุกผสมในโบโลน่าไขมันต่ำแล้วพบว่า การเติมแป้งบุกผสมร้อยละ 0.5 ทำให้โบโลน่าไขมันต่ำมีปริมาณความชื้นสูงและค่าแรงเฉือนสูงกว่าการเติมแป้งบุกผสมร้อยละ 1.0 การเติมแป้งบุกร้อยละ 0.5 อัตราส่วนของความชื้นต่อโปรตีนร้อยละ 5.5 หรือ ร้อยละ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.0 มีค่าแรงเฉือนและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture profile analysis) ใกล้เคียงกับโปลีนาที่มีไขมันร้อยละ 30 แป้งบุกผสมชนิด KHC (แป้งบุกผสมแคปทา-คาร์ราจีแนน และสตาร์ช อัตราส่วน 4:4:2 ที่ pH 9.6) หรือ KNC (แป้งบุกผสมแคปทา-คาร์ราจีแนน และสตาร์ช อัตราส่วน 4:4:2 ที่ pH 8) ถูกเลือกมากกว่าชนิด KSS (แป้งบุกผสมกับสตาร์ช อัตราส่วน 4:6) เนื่องจากมีค่าอัตราการผลิตหลังทำให้สุก และความชอบเนื้อสัมผัสสูง

สุทัศน์ สุระวัง และคณะ (2541) ได้พัฒนาส่วนผสมการผลิตขนมม้งสวีตติและได้รายงานสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมหลักคือ กลูเตน(Gluten) ร้อยละ 65 ร่วมกับโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร้อยละ 5 และเจลแป้งบุกร้อยละ 30 โดยมีเครื่องปรุงต่างๆร่วมกับการใช้กล้าเชื้อบิริสุทธิ *Lactobacillus plantarum* ที่ระดับ  $10^5$  โคโลนีต่อกรัม และเชื้อ *Pediococcus cerevisiae* ที่ระดับ  $10^6$  โคโลนีต่อกรัม หลังการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน และนำไปต้มสุกโดยนึ่งภายใต้ความดันไอน้ำที่ 116 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 7.55นิวตัน ค่าแรงกด 16.10นิวตัน สูญเสียน้ำหนักร้อยละ 61.62 โปรตีนร้อยละ 68.68 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 5.86 ไขมันร้อยละ 0.02 เส้นใยอาหารร้อยละ 0.43 เถ้าร้อยละ 2.70 และ pH เท่ากับ 4.16

ชมพูนุช สีหไสถณ (2542) ได้ศึกษาสภาวะการเตรียมเจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์รายงานว่าขนมที่ใช้เจลบุกทดแทนหนึ่งหมูในปริมาณร้อยละ 70 โดยใช้ข้าวเจ้าเป็นแหล่งคาร์บอนและทำให้สุกโดยการทอดได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อเทียบกับขนมปกติที่ไม่มีเจลบุก ส่วนกระบวนการหมักขนมที่ผสมเจลบุกเกิดขึ้นได้เร็วกว่าขนมที่ไม่ได้ผสมเจลบุก โดยใช้เวลาการหมักเพียง 2 วัน การใช้แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 15 และเจลบุกร้อยละ 30 แทนหนึ่งหมูมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

Yang *et al.* (2001) ได้ศึกษาผลของสารทดแทนไขมัน 8 ชนิด ในไส้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์พบว่าไส้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ (ไขมันร้อยละ 10) ที่มีการเติมส่วนผสมของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง แป้งข้าวโพดดัดแปร (Modified waxy maize starch) และโปรตีนสกัดจากกล้ามเนื้อ (Isolate muscle protein) มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมใกล้เคียงกับสูตรที่มีไขมันสูง (ไขมันร้อยละ 22) แต่มีค่าการสูญเสียที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามไส้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำที่ประกอบด้วยเจลบุกมีความน่ารับประทานโดยรวมต่ำกว่าสูตรที่มีไขมันสูง

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2541) ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์หมวยและไก่แบบลดไขมันโดยใช้เจลบุกความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก (อัตราส่วนระหว่างแป้งบุกต่อแซนแทนกัมเท่ากับ 3:1) ทดแทนไขมันในส่วนผสม พบว่าหมวยและไก่ยอที่ทดแทนไขมันร้อยละ 70 และ 50 โดยน้ำหนักไขมันตามลำดับมีลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) จากสูตรควบคุมและเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

ดารณี วัชรอมจิตร (2544) ได้ศึกษาผลของการลดไขมันในไส้กรอกแพรงเฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต และพบว่าแป้งข้าวเจ้าดัดแปรที่ผลิตโดยการไฮโดรไลซ์ น้ำแป้งเข้มข้นร้อยละ 30 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลส (เทอร์มามิล 120 แอล) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีระดับค่าสมมูลเด็กซ์โทรส (dextrose equivalent; DE) ( $DE = 6.28$ ) สามารถทดแทนไขมันแห้งได้ 1 ส่วนใน 3 ส่วน (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ไส้กรอกมีลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับสูตรควบคุม การใช้แป้งข้าวเจ้าดัดแปรร่วมกับแป้งบุกผสมคาร์ราจีแนน และสตาร์ช ในอัตราส่วน 4:4:2 ความเข้มข้นร้อยละ 0.77 และ ร้อยละ 1.75 สามารถไขมันแห้งในไส้กรอกให้เหลือเพียงร้อยละ 10 ไส้กรอกที่พัฒนาแล้ว

ให้พลังงาน 204.49 กิโลแคลอรีต่อกรัม ความชื้นร้อยละ 70.18 โปรตีนร้อยละ 15.43 ไขมันร้อยละ 10.47 เยื่อใยร้อยละ 0.014 และเถ้าร้อยละ 1.31

### 2.6.1 ข้อกำหนดในการใช้ผงบุก

ตามประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่องข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร พ.ศ. 2547 กำหนดให้ใช้ผงบุกได้ในปริมาณที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ยกเว้นเนื้อสดไม่อนุญาตให้มีการใช้

### 2.6.2 ข้อควรระวังในการใช้บุก

ในเนื้อห้วบุกป่าจะมีผลึกของแคลเซียมออกซาลาต (Calcium oxalate) เป็นจำนวนมากที่ทำให้เกิดอาการคัน ส่วนเหง้าและก้านใบถ้าปรุงไม่ดีแล้วรับประทานเข้าไปจะทำให้ลิ้นพองและคันปากได้ ก่อนนำมารับประทานจะต้องกำจัดพิษออกก่อน และไม่รับประทานกากยาหรือยาสด กรรมวิธีการกำจัดพิษจากห้วบุก ให้นำห้วบุกมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ต้มน้ำเดือด คั้นเอาน้ำออกพักไว้ นำกากที่ได้ไปต้มน้ำ แล้วคั้นเอาแต่น้ำ นำไปผสมกับน้ำที่คั้นครั้งแรก แล้วนำไปต้มกับน้ำปูนใสเพื่อให้พิษหมดไป เมื่อเดือดก็พักไว้ให้เย็น จะจับตัวกันเป็นก้อน จึงสามารถใช้ก้อนดังกล่าวในการปรุงอาหารหรือนำไปตากแห้งเพื่อใช้เป็นยาได้ ถ้าเกิดอาการเป็นพิษจากการรับประทานบุก ให้รับประทานน้ำส้มสายชูหรือชาแก่ แล้วตามด้วยไข่ขาวสด แล้วให้รีบไปพบแพทย์ (วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554)

เนื่องจากงุ่นบุกสามารถขยายตัวได้มาก (ไม่ต่ำกว่า 20 เท่าของเนื้องุ่นแห้ง) จึงไม่ควรบริโภคงุ่นบุกภายหลังการรับประทาน แต่ให้รับประทานก่อนอาหารไม่น้อยกว่าครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมง ส่วนการบริโภคอาหารที่ผลิตจากงุ่น เช่น งุ่นก้อนและเส้นงุ่น สามารถบริโภคพร้อมอาหารหรือหลังอาหารได้ เพราะงุ่นดังกล่าวได้ผ่านกรรมวิธีและได้ขยายตัวมาก่อนแล้ว และการการที่จะขยายตัวหรือพองตัวได้อีกนั้นจึงเป็นไปได้ยาก ส่วนในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการนั้นพบว่างุ่นบุกไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย เนื่องจากไม่มีการย่อยสลายเป็นน้ำตาลในร่างกาย และไม่มีวิตามินและแร่ธาตุ หรือสารอาหารใด ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเลย (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556)

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

## 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 <sub>3</sub>	(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)
28) Sodium dodecyl sulfat (SDS)	(Bio-Rad, USA)
29) Tris (hydroxymethyl) aminomethane	(Fisher scientific, USA)
30) Acrylamind	(Bio-Rad, USA)
31) 2-Mercaptoethanol	(Bio-Rad, USA)
32) Bisacrylamind	(Bio-Rad, USA)
33) Bromophenol blue	(Sigma, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34) Acetic acid	(Merck, Germany)
35) Sodium sulfate	(Carlo erba, Italy)
36) Chloroform	(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) <sub>2</sub>	(Carlo erba., Italy)

### 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1) เครื่องบดเนื้อรูดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร (Biro, Germany)
- 2) ตู้อบลมร้อน (Binder, USA)
- 3) เครื่องชั่งชนิดหยาบ (Tanita model 1144, Tanita Corporation, Japan)
- 4) เครื่องชั่งชนิดละเอียด (Sartorius, Basic, Germany)
- 5) ตู้เขี่ยเชื้อแบบ Laminar Flow (Dwyer model merk II, USA)
- 6) ตู้บ่มเพาะเชื้อจุลินทรีย์ (WTB Binder model BD, Germany)
- 7) ตู้อบเครื่องแก้ว (Hot-air oven, Memmert model CM500, Germany)
- 8) หม้อนิ่งความดันสำหรับฆ่าเชื้อ (Hirayama model HVE 50, Japan)
- 9) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert, Germany)
- 10) เครื่องผสมสารละลายในหลอดทดลอง (Vortex Mixer KMC-1300V, Korea)
- 11) เครื่องตีปั่นไฟฟ้า (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<sub>w</sub>, Novasina company, Switzerland)
- 16) เครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler, Instron Model 1011, Instron company, Thailand)
- 17) เครื่องวัดค่าสีของเนื้อ (Hunterlab Mini Scan EZ LAV, Hunter Associates Laboratory, Inc, USA)
- 18) เครื่องไฮโมจีไนซ์ (Ultra tarrax model IKA T25 digital, IKA group, Germany)
- 19) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Shimadzu model UV – 1601, Shimadzu Corporation, Japan)
- 20) เครื่องหมุนปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France)
- 21) เครื่องอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA)
- 22) เครื่องตีส่วนผสม (Pro 5 plus, KitchenAid, U.S.)
- 23) เครื่องอิเล็กโตรโพรสิส (AE-6530 mPEG, ATTO, Japan)
- 24) กระดาษกรอง (Whatman, Sigma-Aldrich, England)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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 ModelDV2TLV, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA)

ในการทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลองดังนี้

วัตถุประสงค์	กิจกรรม
<p><b>การทดลองที่ 1</b> ศึกษาส่วนผสมและการเตรียมเจลบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม</p>	<p>ผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยนำมาศึกษา</p> <p>1.1 การทดสอบความหนืด</p> <p>1.2 การทดสอบความคงตัวสารละลายบุก</p> <p>1.3 การศึกษาชนิดของบุกต่อคุณภาพของเจลบุก</p> <p>1.3.1 ทดสอบสูตรและส่วนผสมของเจลบุก</p> <p>โดยส่วนผสมพื้นฐานตามวิธีการของ Jimenez-Colmenero (2012)</p> <p>1.3.2 ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกเบื้องต้น</p> <p>1.3.2.1 ลักษณะเจลที่ปรากฏ</p> <p>1.3.2.2 ค่าพีเอช</p> <p>1.3.2.3 สี (CIE <math>L^*a^*b^*</math>)</p> <p>1.3.2.4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยรูปแบบค่าแรงเฉือน (shear force) โดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear</p> <p>1.3.2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยใช้หัววัดแบบกด (compression)</p> <p>1.3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส</p>
<p><b>การทดลองที่ 2</b> ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง</p>	<p>2.1 ศึกษาผลของเจลบุกเมื่อผ่านกระบวนการแช่เย็นและแช่แข็ง โดยคัดเลือกเจลบุก 1 สูตร (จากการทดลองที่ 1.3) เปรียบเทียบผลของการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ที่ 0, 12, 3, 6, 9, 12 และ 15 วัน และผลของการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °C โดยทำการแช่แข็ง-ทำละลาย 1, 2 และ 3 รอบ</p> <p>2.2 ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกด้านกายภาพ</p> <p>2.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)</p> <p>2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (% WHC)</p> <p>2.2.3 ปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (% syneresis)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<p>2.2.4 ค่าพีเอช</p> <p>2.2.5 สี (CIE L*a*b*)</p> <p>2.2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยห้วัดแบบกด (compression)</p> <p>2.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกด้านชีวภาพ</p> <p>2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด</p> <p>2.3.2 ยีสต์และรา</p>
<p><b>การทดลองที่ 3</b></p> <p>ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติในระหว่างการหมัก</p>	<p>3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุกองค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของเจลบุกได้แก่ น้ำโปรตีนไขมัน เถ้า โยอาหารที่ย่อยได้ และค่าพลังงานทั้งหมด</p> <p>3.2 การใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน โดย ปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันในสูตรการผลิตไส้กรอกอีสานแตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ (ร้อยละ) 0, 25, 50, 75 และ 100</p> <p>3.2.1 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี (ระหว่างกระบวนการหมักถึงสิ้นสุดกระบวนการหมัก)</p> <p>3.2.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)</p> <p>3.2.1.2 ค่า <math>a_w</math> (water activity measurement)</p> <p>3.2.1.3 ปริมาณความชื้น (% moisture content)</p> <p>3.2.1.4 ค่า pH</p> <p>3.2.1.5 ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity)</p> <p>3.2.1.6 ค่ากรดอะมิโนอิสระ</p> <p>3.2.1.7 ค่า TCA-Soluble peptide</p> <p>3.2.1.8 วิเคราะห์โปรตีนเทคนิค SDS-PAGE</p> <p>3.2.1.9 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% free fatty acid)</p> <p>3.2.1.10 ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value)</p> <p>3.2.1.11 ค่า TBARs</p> <p>3.2.2 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านชีวภาพ</p> <p>3.2.2.1 แบคทีเรียแลคติก</p> <p>3.2.2.2 ยีสต์และรา</p> <p>3.2.2.3 <i>Samonella</i> spp.</p> <p>3.2.2.4 <i>S. aureus</i></p> <p>3.2.2.5 <i>E. coli</i></p> <p>3.2.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก</p> <p>3.2.3.1 สี (CIE L*a*b*)</p> <p>3.2.3.2 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยห้วัดแบบกด (compression)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

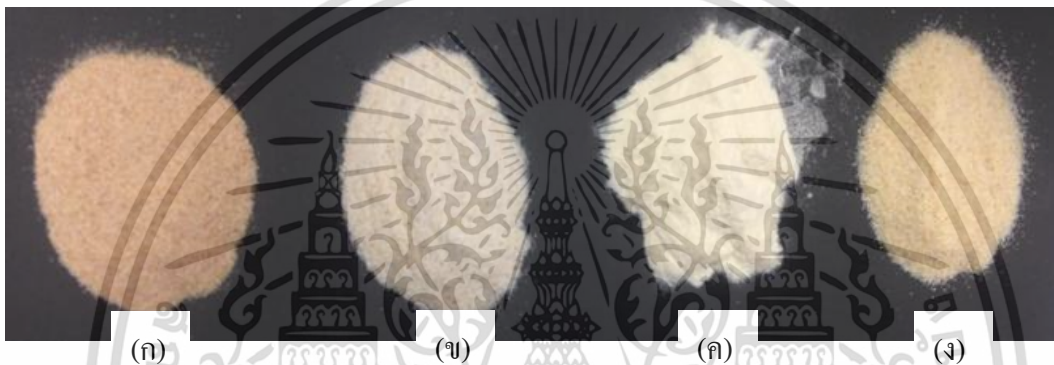
	<p>3.2.4คุณภาพทางประสาทสัมผัส</p> <p>3.2.5 องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเทียบกับกลุ่มควบคุมได้แก่ น้ำโปรตีนไขมัน ถั่ว โยอาหารที่ย่อยได้ และค่าพลังงานทั้งหมด</p>
<p><b>การทดลองที่ 4</b> ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ</p>	<p>4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน โดยศึกษาปัจจัยต่างๆดังนี้</p> <p>ปัจจัยที่ 1: สูตรทดแทนไขมันที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ สูตรที่ใช้ไขมันสันหลังสุกร (control) , สูตรที่ใช้เจลบุกใหม่ และสูตรที่ใช้เจลบุกเก่า (จากการทดลองที่ 2โดยใช้เจลบุกเก็บที่สภาวะแช่เย็นแบบลักษณะแห้งเป็นเวลา 12วัน)</p> <p>ปัจจัยที่ 2: อายุการเก็บรักษาที่ 4 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ณ สัปดาห์ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4</p> <p>4.2ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี</p> <p>4.2.1การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss)</p> <p>4.2.2ปริมาณความชื้น (% moisture content)</p> <p>4.2.3 ค่า pH</p> <p>4.2.4ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity)</p> <p>4.2.5สี (CIE L*a*b*)</p> <p>4.2.6 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยรูปแบบ Texture Profile Analysis โดยหัววัดแบบกด (compression)</p> <p>4.2.7 ค่ากรดอะมิโนอิสระ</p> <p>4.2.8 ค่า TCA-Soluble peptide</p> <p>4.2.9 วิเคราะห์โปรตีนเทคนิค SDS-PAGE</p> <p>4.2.10ปริมาณกรดไขมันอิสระ (% free fatty acid)</p> <p>4.2.11ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value)</p> <p>4.2.12ค่า TBARs</p> <p>4.3 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพด้านชีวภาพ</p> <p>4.3.1 แบคทีเรียแลคติก</p> <p>4.3.2 ยีสต์และรา</p> <p>4.3.3 <i>Samonella</i> spp.</p> <p>4.3.4 <i>S. aureus</i></p> <p>4.3.5 <i>E. coli</i></p> <p>4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบด้วย 9-Point Hedonic scale</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 วิธีการทดลอง

#### 3.3.1 การทดลองที่ 1 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



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 กรัมละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยแบ่งการทดลองเป็นสองชุด ชุดแรกใช้น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและชุดที่สองใช้น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสทำการกวนโดยใช้เครื่องผสม KitchenAid (รุ่น Pro 5 plus) ความเร็วระดับ 4 เป็นเวลา 5 นาที นำมาลดอุณหภูมิโดยใช้น้ำไหลผ่านให้อุณหภูมิลดลงที่ 25 องศาเซลเซียสทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และนำไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfile viscometer (ModelDV2TLV) (spindle 64, speed 6 RPM, modedata collection is multi point averaging) บันทึกข้อมูลทุก 1 นาที 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที โดยวัดความหนืดของสารละลายบุกที่ 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมงทำการทดลองซ้ำ 3 รุ่นการผลิต

##### 3.3.1.2 ความคงตัวของสารละลายบุก

การทดสอบความคงตัวเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการทดสอบความหนืดของสารละลายบุก ตามวิธีการของ Akesson (2012) โดยใช้น้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเท่านั้นจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในตู้อบลมร้อน (hot air oven) (Memmert รุ่น 100-800) และนำไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfile viscometer (ModelDV2TLV) (spindle 64, speed 6 RPM, modedata collection is multi point) เก็บข้อมูลทุก 1 นาที 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาที 30 วินาที โดยวัดความหนืดของสารละลายบุกที่ 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงทำการทดลองซ้ำ 3 รุ่นการผลิต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.3 ชนิดของบुकต่อคุณภาพของเจลบุก

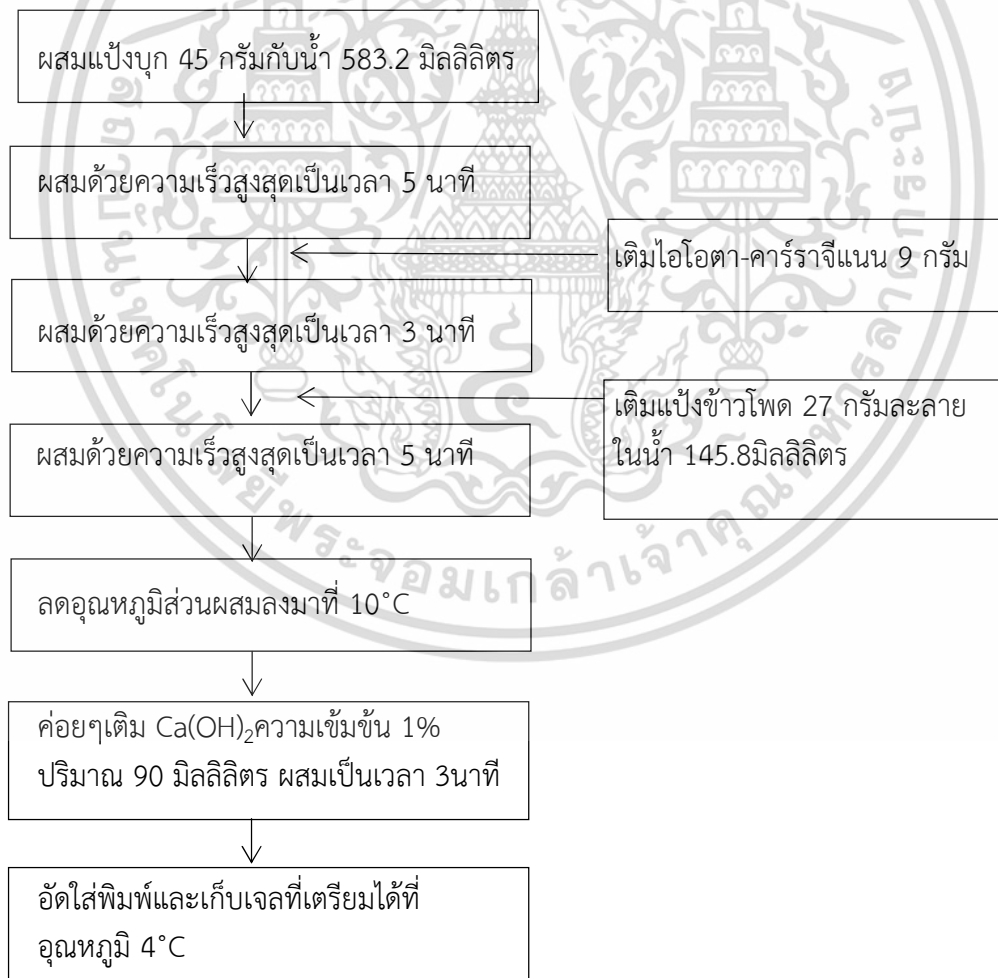
#### 1) สูตรและส่วนผสมของเจลบุก

การทดสอบสูตรและส่วนผสมของเจลบุกของผงบุกทั้ง 4 ชนิดจะถูกนำมาใช้ในการศึกษาส่วนผสมพื้นฐานในการเตรียมเจลบุก (ตารางที่ 3.1) โดยวิธีการทำเจลบุกดัดแปลงและอ้างอิงตามวิธีการของ Jimenez-Colmenero *et al.* (2010) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 และทำการทดลองซ้ำ 3 รุ่นการผลิต

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองเตรียมเจลบุก

ส่วนผสม	ร้อยละ
แป้งบุก	5
ไอโอดา-คาร์ราจีแนน	1
แป้งข้าวโพด	3
1% Ca(OH) <sub>2</sub>	10
น้ำ	81
รวม	100

ที่มา: Jimenez-Colmenero (2012)



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมเจลบุก

ที่มา: ดัดแปลงจากวิธีการของ Jimenez-Colmenero (2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) การวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกเบื้องต้น

### - ถ่ายภาพเจล

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

### - ค่าพีเอช

ทำการวัดค่า pH ของเจลบุกโดยเครื่องวัด pH (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) ทำการแทงหัวโพลลงในเจลบุก 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)

ทำการประเมินตัวอย่างโดยใช้หัววัด Warner-Bratzler shear ด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) โดยตัดตัวอย่างเจลบุกให้มีขนาด 1×1×3 เซนติเมตรตัวอย่างละ 6 ซ้ำบันทึกผลเป็นหน่วยนิวตัน (N)

### - ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

ทำการวัดโดยใช้หัววัดแบบ Compression ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 เซนติเมตรวัดด้วยเครื่อง Instron (model 1011, USA) ค่าที่ได้ได้แก่ค่าความเปราะ (fracturability, N) ความแข็ง (hardness, N) ความสามารถในการเกาะรวมตัวกัน (cohesiveness, ratio) ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง (gumminess, N) ค่าการเคี้ยว (chewiness, N) และความยืดหยุ่น (springiness, ratio) โดยทำการตัดตัวอย่างเจลบุกให้มีขนาด 1×1×1 นิ้ว โหลดเซลล์ที่ใช้ในวัดค่า 500 นิวตันกำหนดการวัดค่าตัวอย่างจะถูกกดลงไปเป็นระยะทางร้อยละ 40 ของความสูงตัวอย่างแต่ละตัวอย่างทดลองจะถูกทำการวัดค่า 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 windows version 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

### 3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

#### 3.3.2.1 การบรรจุเจลบุกและสภาวะในการทดลอง

เจลบุกที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 ที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสว่าให้ลักษณะเจลที่คล้ายไขมันและมีความคงตัวดีที่สุด มาเปรียบเทียบผลของการผ่านกระบวนการแช่เย็นและแช่แข็งโดยเจลบุกที่เก็บรักษาแบบแช่เย็นจะแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 บรรจุเจลบุกในถุงพลาสติก PE และทำการเติมน้ำลงไปเท่าหนึ่งของน้ำหนักเจลบุก และแบบที่ 2 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)	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-กายภาพ และด้านจุลินทรีย์

#### 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)
- 4) การสูญเสียน้ำหนักสูญหาย (%weight loss)

การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการจะถูกคำนวณเป็นร้อยละของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยจะเก็บน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างและน้ำหนักสุดท้ายของกระบวนการทำ 3 ซ้ำ คำนวณค่าการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) จากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 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

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

### 6) ปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (% syneresis)

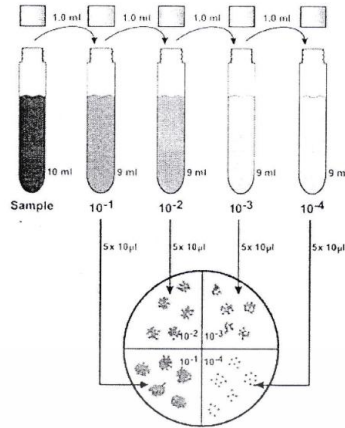
ทำการตัดเจลบุกให้มีขนาด 1× 1×1 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น นำเจลบุกบรรจุลงในถุง PE ปิดผนึกด้วยความร้อน นำไปเก็บที่อุณหภูมิ -19 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน จากนั้นนำมาละลายที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักสุดท้าย ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจล (ร้อยละ) จากสูตร

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

#### 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 จึงต้องทำการเจือจางให้ลดลงที่ละสิบเท่า (ten-fold dilution) หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ในแต่ละระดับการเจือจางจำนวน 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังภาพที่ 3.3 แต่ละระดับความเจือจางจะทำการทดสอบบนอาหาร PCA จำนวน 2 จาน เพื่อนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาตรเชื้อที่ปนเปื้อน หลังจากนั้นนำจานอาหารไปป่มในตู้บ่มเชื้อ (WTB Binder model BD, Germany) อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophile) ถ้าต้องการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิสูง (Thermophile)ให้นำจานอาหารไปป่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน และถ้าต้องการตรวจหาแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (Psychrophile)ให้นำจานอาหารไปป่มที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 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

ตรวจวิเคราะห์หา ยีสต์ และรา โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2005) โดยนำตัวอย่าง เจลบุกจำนวน 25 กรัม ในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.85 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้ สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม (1:100, 1:1000, 1:10000 และ 1:100000 เป็นต้น) ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายเจือจาง 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงใน จานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Malt agar ที่เติมกรดแลคติกร้อยละ 80 ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับ ความเจือจางละ 2 ซ้ำ ทำการ pour plate แล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์ และรา รายงานผลจำนวนยีสต์ และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มี จำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

### 3.3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

### 3.3.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการหมัก

#### 3.3.3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุก

เจลบุกที่เตรียมได้โดยใช้วิธีการที่ได้จากการทดลองที่ 1 จำนวน 3 รุ่นการผลิต จะถูก นำไปส่งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ได้แก่ น้ำ โปรตีน ไขมัน เกลือ และใยอาหารที่ย่อยได้ที่บริษัท Betagro Science Center ด้วยเทคนิค AOAC (2012), Inhouse เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นต้นานกว่า 10 ปี ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ที่ใช้ในการทำไส้กรอกอีสานอ้างอิงตาม จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2555) โดยมีส่วนผสมหลักคือ เนื้อสุกรส่วนสะโพกร้อยละ 50 มันสุกรร้อยละ 35 และข้าวสุกร้อยละ 15 ขั้นตอนการผลิตไส้กรอกอีสาน มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ โดยนำเนื้อและมันมาบดหยาบ นวดเนื้อกับเกลือไนไตรท์ให้เข้ากันแล้วผสมมันหมูกับข้าวสุกนวดให้เข้ากัน เติมเครื่องปรุงอื่นแล้ว นวดผสมให้เข้ากันบรรจุส่วนผสมลงในไส้สุกร (ขนาด 25 มิลลิเมตร, บริษัทปิ.โอ.ที. จำกัด) มัดเป็นท่อนๆ นำมาแขวนผึ่งอากาศให้ไส้กรอกเปรี้ยว ประมาณ 3 วัน จะได้ไส้กรอกเปรี้ยว

#### 2) การใช้เจลบุกทดแทนการใช้ไขมันในการผลิตไส้กรอกอีสาน

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

- ไขมันสันหลังสุกร (ร้อยละ 100)
- 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 โดยจะเก็บน้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่างและน้ำหนักสุดท้ายของกระบวนการ ทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาการสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) จากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### - ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity measurement)

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

#### - ปริมาณความชื้น (% moisture content )

วัดตัวอย่างด้วยเครื่องวัดปริมาณความชื้นโดยทำการชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ลงภาชนะลุมิเนียมสำหรับเครื่องวัด เกลี่ยตัวอย่างให้กระจาย เครื่องจะทำการอบตัวอย่างด้วยความร้อนทำให้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารหมดไป ทำ 3 ซ้ำในแต่ละตัวอย่าง

#### - ค่าพีเอช

ทำการวัดค่า pH ของไส้กรอกอีสานในวันที่ 1, 2 และ 3 ของการหมัก โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ทำการผสมด้วยด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์ (Untra tarrax model LKA T25 digital, Germany) ร่วมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรเป็นเวลา 30 วินาที ทำการวัดด้วยเครื่องวัด pH (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) ทำ 3 ซ้ำ

#### - ปริมาณกรดทั้งหมด (% total acidity)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสาน 2 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตรนำไปผสมด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์ (Untra tarrax model LKA T25 digital, Germany) จากนั้นนำไปหมนเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) 4000 รอบ/วินาที เป็นเวลา 5 นาที นำไปกรองใส่ขวดลูกขมฟู่ ขนาด 125 มิลลิลิตรโดยใช้ผ้าขาวบางกรอง เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลจนได้จุดยุติเป็นสีชมพูทำ 3 ซ้ำ คำนวณหา ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) จากสูตร

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

#### - ค่ากรดอะมิโนอิสระ (free amino acid)

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม นำไปผสมร่วมกับ SDS ร้อยละ 1 ด้วยเครื่องโฮโมจีไนซ์เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กรองแยกส่วนใส่ออกมาด้วยผ้าขาวบาง ทำการเจือจางโปรตีน 40 เท่า โดยทำการเปิดสารละลายโปรตีน 75 ไมโครลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น 2,925 มิลลิลิตร เติม 0.225 โมล ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 8.2 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปผสมด้วยเครื่องผสมสารละลาย จากนั้นเติม 1 มิลลิลิตรของสารละลายร้อยละ 1TNBS (2,4,6-Trinitrobenzenesulfonic acid) ต้มที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที เติม 2 มิลลิลิตรของ 0.1 โมลโซเดียมซัลไฟด์เพื่อหยุดปฏิกิริยา นำไปวัดค่าดูดกลืนแสง 420 นาโนเมตร โดยมีสารละลาย 2.5mM 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 4000rpm เป็นเวลา 5 นาทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อแยกส่วนใสและส่วนตะกอนออกจากกัน นำส่วนใสมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดด้วยเทคนิค Lowry คำนวณความเข้มข้นไทโรซีนในตัวอย่าง เทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายไทโรซีน (0.1ถึง1.0mM) รายงานค่าปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรด (TCA-Soluble peptide) ในหน่วย ไมโครโมลไทโรซีนต่อกรัมของตัวอย่าง ( $\mu\text{mol Tyrosin/g sample}$ )

#### - ตรวจวิเคราะห์รูปแบบโปรตีนด้วยเทคนิค SDS-PAGE

ทำการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าตามความแตกต่างของมวลโมเลกุล ด้วยเทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิส (SDS-PAGE) ตามวิธีการของ Laemmli (1970) โดยใช้ความเข้มข้นของ เจลอะคริลามิดสำหรับการแยก (running gel) ร้อยละ 10 และความเข้มข้นของเจลสำหรับการทำให้ โปรตีนเข้มข้น (stacking gel) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 จากนั้นนำสารละลายโปรตีนที่ผสม SDS ความเข้มข้นร้อยละ 5 ไปต้มที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาวิเคราะห์หาโปรตีนด้วยวิธี Lowry (Lowry *et al.* 1951) ทำการโหลดโปรตีนลง เจลที่ปริมาตร 15 ไมโครกรัมต่อเลน ทำการแยกโปรตีนด้วยเครื่อง Electrophoresis (AE-6530 mPEG, ATTO, Japan) หลังจากแยกเสร็จนำเจลมาย้อมสีด้วย coomassie brilliant blue R-250 ที่ประกอบด้วย สารละลายผสมของเอทานอลร้อยละ 45 และกรดอะซิติกร้อยละ 10 แช่ทิ้งไว้ข้ามคืนด้วยเครื่อง Incubator shaker (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA) แล้วล้างสีด้วยตัวทำละลายผสม เอทานอล ร้อยละ 30 และกรดอะซิติกร้อยละ 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 ทำการผสมด้วยเครื่องผสมสารละลาย ให้เข้ากัน 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 โมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีน เป็นอินดิเคเตอร์ ปริมาณกรดไขมันอิสระเป็นต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (Egan and Sawyer, 1981) คำนวณปริมาณ กรดไขมันอิสระ (ร้อยละ) ตามสูตร

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

#### - ค่าเปอร์ออกไซด์ (% peroxide value)

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกอีสานประมาณ 5 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ หลอดสำหรับหมุนเหวี่ยง (Centrifuge tube) 50 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที เติม 30 มิลลิลิตรของสารผสมกรดแอสติคกับคลอโรฟอร์มในสัดส่วน 3:2 เขย่า 5 นาที ด้วยเครื่องอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Daiki Model KBLee 1001, Bio-Active, USA) นำไป แยกตะกอนออกจากส่วนใสด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Jouan, CR3i, France) 4000rpm เป็นเวลา 5 นาที กรองเก็บส่วนใสด้วยผ้าขาวบาง เติม 500 ไมโครลิตรของสารละลาย โพแทสเซียมไอโอไดด์อิมิตัว (KI) เก็บในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรก่อนนำไปไตเตรทกับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate) 0.01 โมล โดยใช้ น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ (AOAC ,1999) ทำ 3 ซ้ำ คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ) ตามสูตร

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาตรไตรเตรท} \times \text{ความเข้มข้นของ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (โมล)} \times 1000}{\text{ตัวอย่าง (กรัม)}}$$

#### - ค่า Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs)

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันด้วยเทคนิค Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARs) ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีของ Buege and Aust (1987) โดยการชั่งตัวอย่างจำนวน 2 กรัมใส่ในหลอด centrifugal tube 50 มิลลิลิตร บันทึกรับน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นใส่สารละลาย TBA ปริมาณ 10 มิลลิลิตรนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 9500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นให้ความร้อนในน้ำเดือด (95-100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นโดยการเปิดน้ำไหลผ่าน และนำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง ด้วยความเร็ว 5500 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บสารละลายส่วนใสไปทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น สารละลายมาตรฐาน (Blank) จากนั้นคำนวณค่าความเข้มข้นของ TBARs ที่ได้โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร 1,1,3,3 tetra-ethoxypropane และคำนวณค่า TBARs ที่แสดงในหน่วย มิลลิกรัมของ MDA ต่อ กิโลกรัมของตัวอย่าง

#### 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 มิลลิลิตรและถ่ายลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร MRS agar ที่เติมร้อยละ 0.5 ของแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) ปริมาตร 15-20 มิลลิลิตรด้วยวิธีการ drop plate ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ จากนั้นนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ โดยนับจำนวนโคโลนีที่มีบริเวณใส (clear zone) รอบๆ โคโลนี รายงานผลจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเฉพาะจานที่มีจำนวนเชื้อระหว่าง 30-300 โคโลนี นำเสนอในรูปแบบ log cfu/g

##### - ยีสต์และรา

ตรวจวิเคราะห์หา ยีสต์ และรา โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก AOAC (2005) โดยนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก 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 ที่เติมกรดแลคติกร้อยละ 80 ปริมาตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ โดยใช้เทคนิค pour plate แล้วคว่ำจานเพาะเชื้อ นำไปบ่มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนับจำนวนยีสต์ และรา รายงานผลจำนวนยีสต์ และรา เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

#### - *Salmonella* spp.

วิธีการวิเคราะห์ตามวิธีการของ AOAC (1995) โดยสู่มตัวอย่าง ใส่กรอกีสานน้ำหนัก 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 ที่ผิวหน้าอาหารแล้วคว่ำจานเพาะเชื้อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนับโคโลนีเชื้อ *Salmonella* spp. บนจานเพาะเชื้อ รายงานผลจำนวนจุลินทรีย์เฉพาะจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนระหว่าง 30-300 โคโลนี หน่วยเป็น log cfu/g

#### - *S. aureus*

ตรวจวิเคราะห์หาเชื้อ *S. aureus* โดยวิธีการที่อ้างอิงจาก BAM (2001) โดยนำตัวอย่างใส่กรอกีสานจำนวน 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 ร้อยละ 1 และไข่แดง ปริมาตรจานละ 15-20 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางละ 2 ซ้ำ ใช้แท่งแก้วรูปสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วนั้นเกลี่ย (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 เชื้อโคโลนีที่สงสัยว่าเป็น *S. aureus*เพาะเชื้อในหลอดที่มี BHI broth และหลอดอาหาร TSA slant (สำหรับการทดสอบซ้ำ) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ดูด coagulase plasma ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร ลงในหลอดเพาะเชื้อที่มี BHI broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง อ่านผลโดยการแข็งตัวของ plasma อันเนื่องมาจากเอนไซม์ coagulase (coagulase positive) ที่เชื้อ *S. aureus* สร้างขึ้น ซึ่งอาจจะมีลักษณะต่าง ๆ กัน สำหรับเชื้อที่ให้ coagulase ไม่เท่ากัน

#### - Coliform และ *E. coli*

ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อ *E. coli* เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ใส่กรอกีสาน ก่อนการทำให้สุกตามวิธีการของ AOAC (2006) โดยนำตัวอย่างใส่กรอกีสาน 25 กรัม ในสารละลายเปปโทนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1:10 จากนั้นเจือจางตัวอย่าง โดยการปิเปตสารละลายตัวอย่าง 3 มิลลิลิตร ลงในอาหาร LMX broth 9 มิลลิลิตร จนได้ระดับความเจือจาง 3 ระดับ (1:100, 1:1000 และ 1:10000 เป็นต้น) จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารซึ่งอาหาร LMX broth จากสีเหลืองกลายเป็นสีฟ้า ตรวจนับ coliform จากนั้นนำไปส่อง UV ดูการเรืองแสง และนำหลอดที่เรืองแสงมา streak plate ลงอาหาร EMB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำโคโลนีที่มีสีดำล้อมเงาสีเขียว ทดสอบ *E.coli* ต่อโดยวิธีทางชีวเคมีดังแสดงในตารางที่ 3.3

1) การทดสอบ indole โดยการถ่ายเชื้อจากอาหาร plate count agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ tryptophan broth แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลาย Kovac จำนวน 0.20-0.30 มิลลิลิตร ถ้าให้ผลบวกจะปรากฏสีแดงที่ส่วนบนของ tryptophan broth

2) การทดสอบ methyl red และ acetoin (MR-VP) โดยการถ่ายเชื้อจากอาหารใน plate count agar slant ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 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 ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติม 0.60 มิลลิลิตร ร้อยละ 5 ของ  $\alpha$ -naphthol ลงในสารละลายแอลกอฮอล์ และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 ลงไป ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ผลบวกจะให้สีชมพูแดง

3) การทดสอบ Citrate ทำการถ่ายเชื้อใส่อาหาร simmon's citrate agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง รายงานการเจริญเป็นผลบวก ไม่เจริญผลเป็นลบ

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 <i>E.coli</i>
-	+	-	-	Atypical <i>E.coli</i>
+	+	-	+	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 เซนติเมตรวัดด้วยเครื่อง 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

### 2.2.3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

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

## 2.3) องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (proximate composition) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน

ไส้กรอกอีสานสูตรไขมันปกติและสูตรทดแทนไขมันบางส่วนด้วยเจลบุกที่ผู้บริโภคมองมากที่สุดจากการทดลองที่ 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 windows version 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)

### 3.3.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ

#### 3.3.4.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

สูตรไส้กรอกอีสานสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่ผู้บริโภคมองทดสอบและมีคุณภาพโดยรวมมากที่สุดจากการทดลองที่ 3 จะถูกนำมาศึกษาถึงอายุการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) โดยวางแผนการทดลองแบบ  $3 \times 5$  Factorial in RCBD (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) เปรียบเทียบ 10 ชุดการทดลองดังนี้

ปัจจัยที่ 1 : สูตรทดแทนไขมัน ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

- สูตรควบคุม โดยใช้ไขมันสันหลังสุกร
- สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ (เจลบุกผลิตใหม่)
- 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-กายภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วย

##### เจลบุก

(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*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

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

#### 3.3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบลักษณะของทั้งสองกลุ่มการทดลองโดยจัดการทดลองแบบ 3x5 Factorial in RCBD นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS for windows version 11.5: SPSS Inc.) (Steel and Torrie, 1980)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

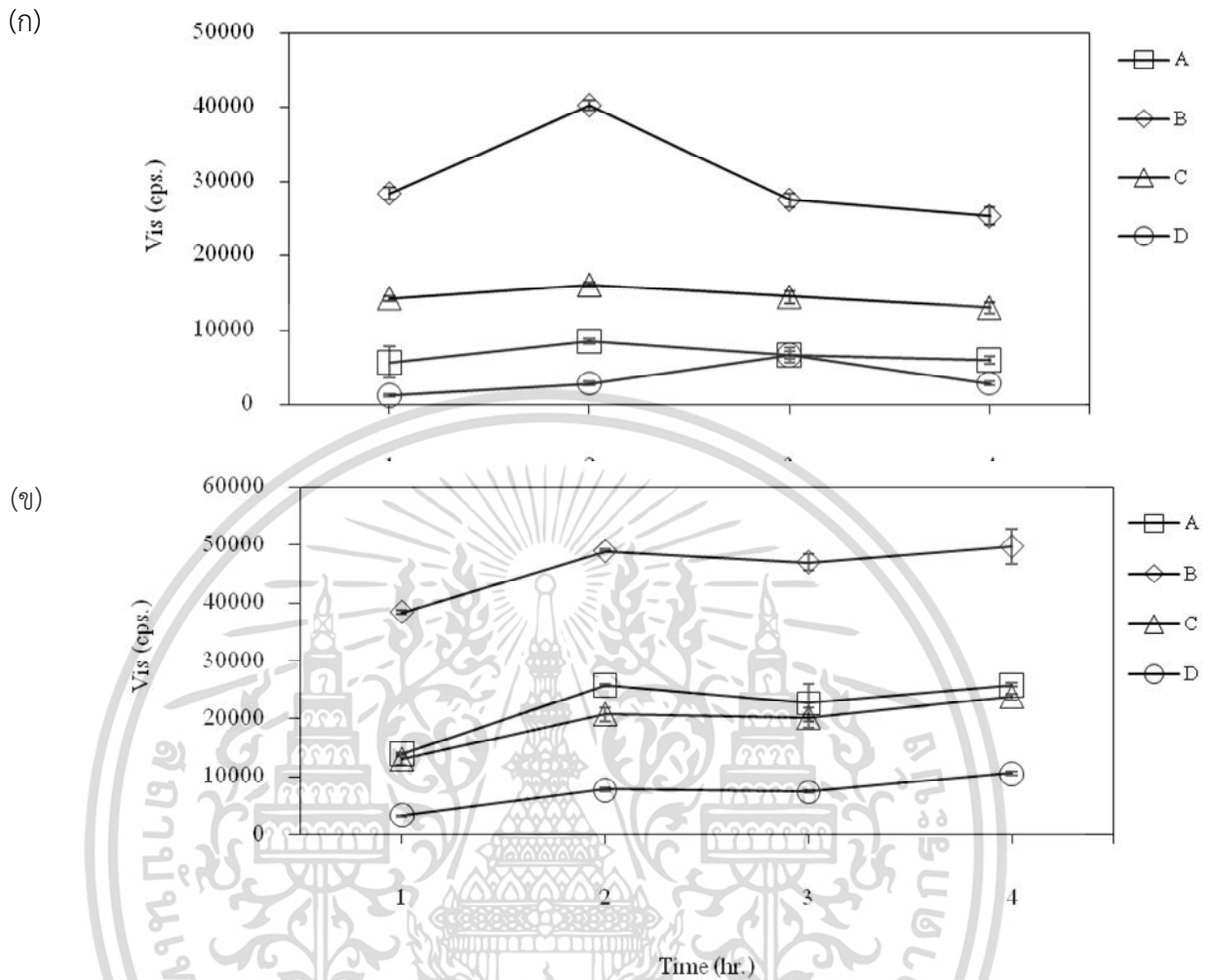
### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ศึกษาผลของชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของไขมันเทียม (fat analog)

##### 4.1.1 คุณสมบัติทางด้านความหนืดของสารละลายผงบุก

จากการนำตัวอย่างผงบุก 4 ชนิด (A, B, C และ D) จากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย มาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติเบื้องต้นด้านความหนืดเพื่อศึกษา ณ ช่วงเวลาที่สารละลายบุกมีการพองตัวหรือ อิ่มน้ำได้ดีที่สุดซึ่งจะนำไปใช้ในการทดสอบสูตรและส่วนผสมในการทำเตรียมเจลบุกต่อไป 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 มีค่าความหนืดสูงที่สุดเมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องหลังผสมเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นค่าความหนืดจะลดลง ผงบุก D มีค่าความหนืดสูงที่สุด 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

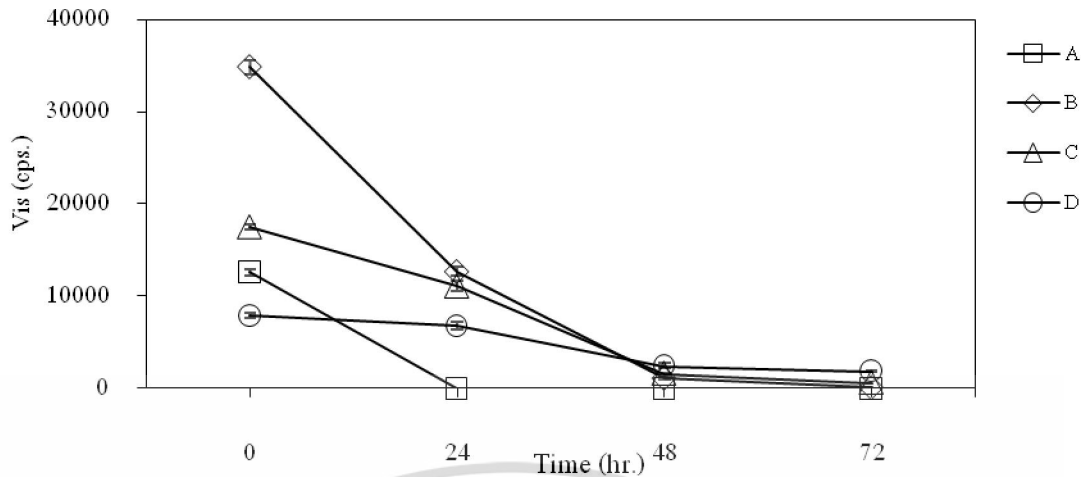
ผงบุกเมื่อใช้อุณหภูมิ น้ำ 95 องศาเซลเซียสในการทำละลาย (แสดงในภาพที่ 4.1ข) พบว่าที่เวลา 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมงหลังทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง B มีความหนืดสูงที่สุด ตามมาด้วยผงบุกชนิด C, A และ D ตามลำดับ ( $P < 0.05$ ) ผงบุก A, B และ C มีความหนืดสูงที่สุด ณ เวลาที่ 2 ชั่วโมงหลังการผสมจากนั้นความหนืดจะคงที่ ผงบุก D เมื่อใช้อุณหภูมิ น้ำ 95 องศาเซลเซียสในการละลายผงบุก จะมีความหนืดสูงที่สุดเมื่อ ณ เวลาที่ 3 ชั่วโมงและเมื่อเทียบความหนืดของผงบุกชนิดเดียวกัน แต่อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการละลายผงบุกต่างกัน ปรากฏว่าผงบุกที่ละลายด้วยน้ำอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสมีค่าความหนืดมากกว่าการใช้อุณหภูมิ น้ำ 25 องศาเซลเซียส Schoch (1964) พบว่าแป้งบุกมีความสามารถในการพองตัวได้มากถึง 70 เท่าที่ อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้แป้งบุกสามารถพองตัวได้มากขึ้น ส่งผลทำให้มีความหนืดเพิ่มขึ้น Case and Hamann (1994) ทำการทดสอบคุณสมบัติการแตกหัก (degradation) ของแป้งบุกความเข้มข้นร้อยละ 2 ทำการกวนผสมที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบว่าความเค้นของแป้งบุกมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น



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

#### 4.1.2 คุณสมบัติทางด้านความคงตัวของสารละลายบุก

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



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

#### 4.1.3 ชนิดของเจลบุกต่อคุณภาพของเจลบุก

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

##### 4.1.3.1 ตรวจวิเคราะห์คุณภาพเจลบุกเบื้องต้น

##### 1) ลักษณะเจลบุกที่เตรียมได้



ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายเจลบุก เจลบุกA (ก.) เจลบุกB (ข.) เจลบุกC (ค.) และ D (ง.)

เจลบุกทั้ง 4 ชนิด เมื่อผ่านการทดสอบสูตรและส่วนผสมในอัตราส่วนที่เท่ากันจะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยลักษณะที่บวม-โปร่งแสง พบว่า A มีความที่บวมมากกว่าเจลบุกชนิดอื่นๆ 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-หดตัว เมื่อใช้แรงกดของมือที่น้ำหนักใกล้เคียงกัน ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันลงบนเจลบุก และสังเกตการณ์คืบตัวพบว่า เจลบุกทั้ง 4 ชนิดมีการคืบตัวและน้ำซึมออกจากเจลที่ใกล้เคียงกัน 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 ( $P > 0.05$ ) แต่มีความสว่างน้อยกว่าเจลบุกกลุ่ม 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  $\pm$  SD)

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

<sup>t</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3) ค่าแรงเฉือน

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของเจลบุกทั้ง 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 (ParindaPenroj. 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 ซึ่งเหมาะสมในการนำไปศึกษาต่อเนื่องจากมีค่าความคงตัวดีที่สุดและมีลักษณะปรากฏที่คล้ายกับไขมันสีนหลังสุกร (สี ความนุ่ม ความยืดหยุ่น) อีกทั้งผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวมมีคะแนนมากที่สุด

## 4.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นและแช่แข็ง

### 4.2.1 ผลของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็น

เจลบุกD นำมาทดสอบการเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่เย็นโดยเก็บแบบแห้งและแบบแช่น้ำ

#### 4.2.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเจลบุกที่สภาวะแช่เย็น

##### 1) น้ำหนักที่สูญหาย ความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลซึม

จากการศึกษาน้ำหนักที่สูญหายระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 วันของเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า ณ วันที่ 1, 3, 6, 12 และ 15 ของการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งและการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งค่าการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ ( $P < 0.05$ ) ทางด้านการเก็บเจลลักษณะแช่น้ำมีการสูญเสียน้ำหนักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากเจลบุกมีการดูดซึมน้ำเข้าไปและฟองตัวเต็มที่ทำให้น้ำหนักสูญหายไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลา 15 วัน เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มพบว่าการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเก็บเจลแบบแช่น้ำ ( $P < 0.05$ ) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลแบบแช่เย็น (แสดงในตารางที่ 4.3) พบว่าเจลมีปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากเจลมากขึ้น กล่าวคือมีความสามารถในการอุ้มน้ำในรูปแบบ % free extudate ที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 2 กลุ่มและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วัน ( $P > 0.05$ ) ซึ่ง % free extudate เป็นการวัดความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลโดยวัดปริมาณของของเหลวที่ไหลซึมออกจากเจลและเจลบุกที่ผ่านการแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วันมีปริมาณน้ำที่ไหลซึมจากในรูปแบบ % syneresis เจลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในระหว่างกลุ่มและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (แสดงในตารางที่ 4.4) โดย % syneresis เป็นการวัดปริมาณน้ำที่ไหลซึมออกจากเจลเมื่อผ่านการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.2 การสูญเสียน้ำหนัก (%weight loss) ของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (% free exudate) ของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำไหลซึม (% syneresis) ของเจลบุกในสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

## 2) ค่าพีเอช

จากการศึกษาการเก็บรักษาเจลบุกเป็นระยะเวลา 15 วันในสภาวะแช่เย็น (แสดงในตารางที่ 4.5) พบว่าค่าพีเอชของการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าพีเอชลดลงตามระยะเวลาการเก็บอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ทางด้านการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่เย็นมีค่าพีเอชไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บรักษา (P>0.05) ซึ่งเมื่อเทียบค่าพีเอชระหว่างสองกลุ่มพบว่าในวันที่ 1, 2, 6, 9 และ 12 การเก็บเจลบุกแบบลักษณะแห้งมีค่าพีเอชต่ำกว่าการเก็บรักษาแบบลักษณะแช่เย็น

**ตารางที่ 4.5** ค่าพีเอชของเจลบุกเก็บรักษาสถานะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean  $\pm$  SD)

เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่เย็น
0	8.00 $\pm$ 0.05 <sup>a,At,†</sup>	8.01 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>
1	7.87 $\pm$ 0.07 <sup>b,AB</sup>	8.01 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>
2	7.90 $\pm$ 0.07 <sup>a,AB</sup>	8.04 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>
3	7.87 $\pm$ 0.09 <sup>b,AB</sup>	8.07 $\pm$ 0.03 <sup>a,A</sup>
6	7.86 $\pm$ 0.06 <sup>b,AB</sup>	8.07 $\pm$ 0.09 <sup>a,A</sup>
9	7.83 $\pm$ 0.02 <sup>b,B</sup>	8.04 $\pm$ 0.07 <sup>a,A</sup>
12	7.82 $\pm$ 0.06 <sup>b,B</sup>	8.03 $\pm$ 0.02 <sup>a,A</sup>
15	7.80 $\pm$ 0.04 <sup>a,B</sup>	8.09 $\pm$ 0.03 <sup>a,A</sup>

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

### 3) ค่าสี

ค่าสีของเจลบุกในการเก็บรักษาสถานะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน แสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าค่าความสว่างของการเก็บรักษาเจลที่สถานะแช่เย็นในกลุ่มการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งและการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่เย็น ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ( $P < 0.05$ ) อาจเนื่องมาจากเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน เจลมีความสามารถอุ้มน้ำได้ต่ำลง ส่งผลทำให้มีน้ำไหลซึมออกจากเจลทำให้ค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เห็นว่าเจลมีลักษณะซีดขึ้นค่าสีแดงของการเก็บเจลแบบลักษณะแบบแห้งที่สถานะแช่เย็นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ ( $P < 0.05$ ) โดยวันที่ 15 ของระยะเวลาเก็บรักษามีค่าสีแดงคือ 0.77 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ของการเก็บรักษา คือ -0.33 (สีเขียว) ทางด้านการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่เย็นที่สถานะแช่เย็นพบว่าค่าสีแดงค่อนข้างคงที่ไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับค่าสีเหลือง แต่เมื่อเก็บรักษาเจลบุกแบบแห้งค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บ 15 วัน Jiménez-Colmenero *et al.* (2008) พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษาเจลบุกมีผลต่อค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้น และไม่มีผลต่อค่าสีแดง แต่ค่าสีเหลืองยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดถึงความสัมพันธ์ ผลกระทบทางด้านลักษณะปรากฏมีผลกระทบค่อนข้างจำกัดต่อสูตรของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปจะรายงานว่าการเติมเจลบุกลงไปไน้สักรอกแพรงเฟอร์เตอร์มีผลเล็กน้อยทางด้านสี (Kao and Lin. 2006; Lin and Huang. 2003) ความแตกต่างของค่าความสว่างของโครงสร้างผลิตภัณฑ์อาหารทะเลได้รับผลกระทบจากการเก็บรักษาเจลบุกที่สถานะแช่เย็น (Herranz *et al.* 2012)

ตารางที่ 4.6 ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ของเจลบุกเก็บรักษาภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean  $\pm$  SD)

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

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

จากการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของการเก็บรักษาเจลบุกที่สภาวะแช่เย็นเป็นเวลา 15 วัน แสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าการเก็บเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าความแข็งมากกว่าการเก็บเจลแบบลักษณะแช่น้ำซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ระยะเวลาการเก็บเจลไม่มีผลต่อค่าความแข็งของเจลทั้งสองกลุ่ม ผลค่าการเกาะตัวกันและค่าความยืดหยุ่นของเจลบุกที่เก็บสภาวะแช่เย็น แสดงในตารางที่ 4.7 มีค่าไม่แตกต่างกันในระหว่าง 2 กลุ่ม ( $P < 0.05$ ) และมีค่าไม่คงที่ในระหว่างการเก็บรักษาการเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่เย็นเป็นตลอดระยะเวลา 15 วันพบว่าการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งมีค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยวมากกว่าการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) และตลอดไม่ว่าการฉีกที่ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการเก็บรักษาเจลแต่ละลักษณะมีค่าไม่คงที่ Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) รายงานถึงการเก็บรักษาเจลบุกแบบแช่เย็น โดยเจลบุกมีความคงตัวด้านลักษณะสัมผัสโดยรวมในการเก็บรักษาแบบแช่เย็นสูง Herranz and Tovar *et al.* (2012) ทำการสังเกตการณ์เก็บเจลบุกที่สภาวะแช่เย็นเป็นเวลา 10 วันพบว่าไม่มีการเพิ่มหรือลดลงของคุณลักษณะเจลบุกซึ่งเหล่านี้เกิดจากผลกระทบของด่าง (KOH หรือ NaOH) ที่ใช้ deacetylation ในการเตรียมเจลบุก

**ตารางที่ 4.7** ลักษณะสัมผัสโดยรวมของเจลบุกเก็บรักษาสภาวะแช่เย็นเป็นระยะเวลา 15 วัน (mean  $\pm$  SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่เย็น
ค่าความแข็ง (N)	0	15.30 $\pm$ 0.57 <sup>a,E</sup>	12.63 $\pm$ 1.54 <sup>b,E</sup>
	1	17.33 $\pm$ 1.54 <sup>a,DE</sup>	15.52 $\pm$ 0.66 <sup>b,D</sup>
	2	22.91 $\pm$ 1.05 <sup>a,B</sup>	15.75 $\pm$ 1.38 <sup>b,D</sup>
	3	17.69 $\pm$ 3.81 <sup>a,CDE</sup>	22.50 $\pm$ 1.90 <sup>b,B</sup>
	6	20.29 $\pm$ 2.82 <sup>a,C</sup>	15.76 $\pm$ 1.11 <sup>b,D</sup>
	9	18.06 $\pm$ 2.11 <sup>a,CDE</sup>	14.54 $\pm$ 0.84 <sup>b,DE</sup>
	12	30.71 $\pm$ 2.69 <sup>a,A</sup>	27.09 $\pm$ 3.11 <sup>a,A</sup>
	15	19.08 $\pm$ 1.08 <sup>a,CD</sup>	19.39 $\pm$ 2.58 <sup>a,C</sup>
ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0	0.79 $\pm$ 0.01 <sup>a,AB</sup>	0.80 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>
	1	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>
	2	0.77 $\pm$ 0.01 <sup>a,C</sup>	0.76 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>
	3	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a,C</sup>
	6	0.79 $\pm$ 0.01 <sup>a,AB</sup>	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a,AB</sup>
	9	0.80 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>	0.81 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>
	12	0.74 $\pm$ 0.02 <sup>a,D</sup>	0.73 $\pm$ 0.01 <sup>a,D</sup>
	15	0.79 $\pm$ 0.01 <sup>a,B</sup>	0.78 $\pm$ 0.02 <sup>a,BC</sup>
ค่าความเหนียว (N)	0	12.15 $\pm$ 0.45 <sup>a,D</sup>	10.36 $\pm$ 1.28 <sup>b,A</sup>
	1	13.91 $\pm$ 1.16 <sup>a,CD</sup>	12.45 $\pm$ 0.56 <sup>b,B</sup>
	2	17.64 $\pm$ 0.74 <sup>a,B</sup>	12.60 $\pm$ 1.06 <sup>b,B</sup>
	3	14.65 $\pm$ 3.38 <sup>a,C</sup>	17.59 $\pm$ 1.23 <sup>b,B</sup>
	6	15.97 $\pm$ 1.96 <sup>a,BC</sup>	12.56 $\pm$ 0.91 <sup>b,B</sup>
	9	14.50 $\pm$ 1.61 <sup>a,C</sup>	11.70 $\pm$ 0.59 <sup>b,B</sup>
	12	22.84 $\pm$ 1.72 <sup>a,A</sup>	19.86 $\pm$ 2.13 <sup>b,B</sup>
	15	15.01 $\pm$ 0.96 <sup>a,C</sup>	15.07 $\pm$ 1.67 <sup>b,B</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบแช่น้ำ
ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0	0.93 ± 0.02 <sup>a,A</sup>	0.90 ± 0.04 <sup>a,A</sup>
	1	0.92 ± 0.00 <sup>a,AB</sup>	0.90 ± 0.02 <sup>a,A</sup>
	2	0.91 ± 0.03 <sup>a,ABC</sup>	0.90 ± 0.03 <sup>a,A</sup>
	3	0.90 ± 0.02 <sup>a,BC</sup>	0.88 ± 0.03 <sup>a,A</sup>
	6	0.89 ± 0.02 <sup>a,C</sup>	0.91 ± 0.02 <sup>a,A</sup>
	9	0.91 ± 0.02 <sup>a,ABC</sup>	0.94 ± 0.02 <sup>a,A</sup>
	12	0.91 ± 0.03 <sup>a,ABC</sup>	0.89 ± 0.03 <sup>a,A</sup>
	15	0.89 ± 0.03 <sup>a,C</sup>	0.92 ± 0.05 <sup>a,A</sup>
ค่าการเคี้ยว (N)	0	12.15 ± 0.45 <sup>a,D</sup>	10.36 ± 1.28 <sup>b,C</sup>
	1	13.91 ± 1.16 <sup>a,CD</sup>	12.45 ± 0.56 <sup>b,D</sup>
	2	17.64 ± 0.74 <sup>a,B</sup>	12.60 ± 1.05 <sup>b,D</sup>
	3	14.16 ± 2.82 <sup>a,C</sup>	17.09 ± 1.24 <sup>b,B</sup>
	6	15.97 ± 1.96 <sup>a,BC</sup>	12.56 ± 0.91 <sup>b,D</sup>
	9	14.50 ± 1.61 <sup>a,C</sup>	11.70 ± 0.59 <sup>b,DC</sup>
	12	22.84 ± 1.72 <sup>a,A</sup>	19.86 ± 0.59 <sup>b,A</sup>
	15	15.01 ± 0.96 <sup>a,C</sup>	15.07 ± 1.67 <sup>a,C</sup>

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4.2.1.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

ในระหว่างการเก็บรักษาเจลบุกที่สภาวะแช่เย็น จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบ แสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าการเก็บเจลทั้ง 2 ลักษณะมีจำนวนจุลินทรีย์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่ในการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่าการเก็บรักษาเจลแบบลักษณะแช่น้ำในวันที่ 0, 1 และ 12 ซึ่งโดยรวมแล้วจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจะมีมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 2 กลุ่ม ( $P < 0.05$ ) โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2553) กำหนดจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบห้ามเกิน  $1 \times 10^6$  cfu/g ยีสต์  $1 \times 10^4$  cfu/g และรา 500 cfu/g จากการทดลองในครั้งนี้ ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแช่เย็นของกลุ่มที่เก็บรักษาเจลแบบลักษณะแห้งและแบบลักษณะแช่น้ำสามารถเก็บได้นานถึง 9 และ 12 วัน ตามลำดับ โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินกำหนดค่ามาตรฐาน ทางด้านยีสต์ (ตารางที่ 4.9) พบว่าการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแห้งยีสต์ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ตลอดการเก็บรักษาแต่การเก็บแบบลักษณะแช่น้ำตรวจพบยีสต์ได้ในวันที่ 12 และ 15 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามจำนวนยีสต์ทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่เกินกำหนดค่ามาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 15 วันทางด้านราพบว่าการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแห้งและแบบแช่น้ำมีจำนวนต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (mean ± SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 4.9 ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่เย็นต่อจำนวนยีสต์ (mean ± SD)

เชื้อที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (วัน)	log cfu/g	
		เก็บเจลแบบแห้ง	เก็บเจลแบบน้ำ
ยีสต์	0	<1 <sup>†</sup>	<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

<sup>†</sup> <1 log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผลของเจลบุกซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะแช่แข็ง

เจลบุก D นำมาทดสอบการเก็บรักษาเจลที่สภาวะแช่แข็ง ทำการวิเคราะห์คุณภาพด้วยกายภาพและชีวภาพ ผลดังต่อไปนี้

##### 4.2.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพของเจลบุกที่สภาวะแช่แข็ง

###### 1) น้ำหนักที่สูญหาย ความสามารถในการอุ้มน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลซึม

การเก็บรักษาเจลบุกในสภาวะแช่แข็งพบว่าน้ำหนักที่สูญหาย แสดงในตารางที่ 4.10 ของการเก็บรักษาแบบแช่แข็งพบว่าการทำละลายในครั้งที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการละลายครั้งที่ 1 ( $P < 0.05$ ) ทางด้านความสามารถในการอุ้มน้ำซึ่งแสดงเป็นค่า % free exudate แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าเจลบุกที่ผ่านการละลายรอบที่ 3 มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ลดลงกว่าการละลายครั้งที่ 1 และ 2 ( $P < 0.05$ ) และการละลายครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจลในรูปแบบ % syneresis (ตารางที่ 4.10) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในระหว่างกลุ่มการทดลอง Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) กล่าวว่า การแช่แข็งมีผลต่อเจลบุก โดยการแช่แข็งแล้วทำละลายส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเจลบุกโดยทำให้เจลบุกมีลักษณะคล้ายฟองน้ำและการลดความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลถึงร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับเจลบุกที่ไม่ได้แช่แข็ง ขณะที่ปริมาณน้ำไหลซึมจากเจลสูงถึงร้อยละ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความคงตัวที่ลดลงของเจลบุกเมื่อผ่านการแช่แข็งและทำละลายซึ่งมีผลต่อ polymer-solvent ซึ่งสัมพันธ์ระหว่างเชิงปริมาณ (การสูญเสีย น้ำ) และเชิงคุณภาพ ซึ่งเกิดจากการก่อตัวของผลึกน้ำแข็งซึ่งไปลดน้ำที่อยู่ภายในโครงสร้างเจลก่อให้น้ำภายในเจลเกิดการเคลื่อนที่หลังจากการละลาย Lin and Huang (2008) รายงานถึงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลบุกที่ลดลงเนื่องจากการแช่แข็งและทำละลายขึ้นอยู่กับความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของเจลบุก ซึ่งหมายถึงผงบุกต่างชนิดกันและเตรียมที่ความเข้มข้นต่างกันย่อมทำให้มีการหดต่อการแช่แข็งและทำละลายแตกต่างกันไปด้วย

###### 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 ( $P > 0.05$ ) เช่นเดียวกับค่าสีเหลืองซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) ที่กล่าวว่า การแช่แข็งส่งผลทำให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น

###### 3) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม (Texture Profile Analysis)

จากการศึกษาการเก็บเจลบุกที่สภาวะแช่แข็งทำละลายรอบที่ 1, 2 และ 3 มีค่าลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม แสดงในตารางที่ 4.10 พบว่าการเก็บรักษาเจลแบบแช่แข็งการทำละลายครั้งที่ 1 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านค่ายืดหยุ่นพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างการทำละลายครั้งที่ 1, 2 และ 3 ผลขัดแย้งกับรายงานของ Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) กล่าวว่า เจลบุกมีค่าความแข็งและค่าการเคี้ยวที่เพิ่มขึ้น ค่าการเกาะตัวกันลดลงและไม่มีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของเจลบุกในการแช่แข็ง Teramoto and Fuchigami (2000) รายงานถึงการแช่แข็งและทำละลายคอนยัคกุกุ (เจลบุกชนิดหนึ่ง) มีคุณสมบัติความยืดหยุ่นที่ลดลง และกลายเป็นแข็งขึ้น ขณะที่เนื้อสัมผัสภายในไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากแช่แข็ง 1 วัน Jimenez-Colmenero *et al.* (2013) รายงานถึงการเก็บรักษาเจลบุกแบบแช่เย็นและแช่แข็ง โดยเจลบุกมีความเสถียรลักษณะสัมผัสโดยรวมในการเก็บรักษาแบบแช่เย็นสูง ส่วนการเก็บรักษาแบบแช่แข็งและทำละลายนั้นได้รับผลกระทบอย่างมากต่อคุณลักษณะของเจลบุก

**ตารางที่ 4.10** ลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่เก็บรักษาสถานะแช่แข็งผ่านการทำละลายครั้งที่ 1, 2 และ 3 (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4.2.2.2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

การเก็บรักษาเจลที่สถานะแช่แข็ง 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$1 \times 10^6$  cfu/g ยีสต์  $1 \times 10^4$  cfu/g และรา 500 cfu/g ดังนั้นเจลบุกที่เก็บรักษาแบบแช่แข็งสามารถทำละลายได้ 1, 2 และ 3 รอบ โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ไม่เกินกำหนดมาตรฐาน

**ตารางที่ 4.11** ผลของอายุการเก็บรักษาของเจลบุกสภาวะแช่แข็งต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>+</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>+</sup>  $<1$  log cfu/g (ต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้)

#### 4.3 ศึกษาการนำเจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่บรรจุด้วยไส้ธรรมชาติและติดตามการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการหมัก

##### 4.3.1 ศึกษาคุณภาพของเจลบุก

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้นของเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.12 พบว่ามีร้อยละของความชื้น เถ้า โปรตีน และ ไขมัน คือ 91.47, 0.65, 0.39 และ 0.11 โดยร้อยละของปริมาณใยอาหารที่สามารถย่อยได้ (dietary fiber) เท่ากับ 5.38 ค่าพลังงานทั้งหมดของเจลบุกคือ 36.62 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งเหมาะสมกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักเนื่องจากเจลบุกให้แคลอรีที่ต่ำอีกทั้งยังสามารถพองตัวอุ้มน้ำได้มากถึง 200 เท่า จึงทำให้เรารู้สึกอิ่มอาหารได้เร็วและอิ่มได้ในระดับหนึ่ง (วิทยานิพนธ์พัฒน์. 2554) เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของเจลบุกเป็นพันธะเบต้า(1,4) ไกลโคซิดิก ซึ่งแตกต่างจากแป้งที่พบในพืชทั่วไป จึงไม่ถูกย่อยโดยกรดและน้ำย่อยในกระเพาะอาหารจึงถูกขับถ่ายออกมาและช่วยลดอาการท้องผูกอีกด้วย (เนาวรัตน์ แยมแสงสังข์และคณะ. 2542)

**ตารางที่ 4.12** องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของเจลบุก (mean  $\pm$  SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ผลจากการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	$91.47 \pm 0.25^+$
เถ้า (ร้อยละ)	$0.65 \pm 0.01$
โปรตีน (ร้อยละ)	$0.39 \pm 0.07$
ไขมัน (ร้อยละ)	$0.11 \pm 0.00$
ใยอาหารที่สามารถย่อยได้ (ร้อยละ)	$5.38 \pm 0.00$
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100กรัม)	$36.62 \pm 0.07$

<sup>+</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รอบการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 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 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และปริมาณความชื้นในระหว่างการหมัก

ในระหว่างการหมักไส้กรอกอีสานสูตรควบคุม (บุกร้อยละ 0) และสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีค่าการสูญเสียน้ำหนักแสดงในตารางที่ 4.13 ในวันที่ 2 ของระยะเวลาการหมักมากกว่าวันที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไส้กรอกอีสานสูตรที่ผสมบุกร้อยละ 25, 50 และ 75 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันระหว่างวันที่ 1 และที่ 2 อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักในวันที่ 3 ไส้กรอกอีสานที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่าการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 4 สูตรการผลิต (ร้อยละ 30.34) ( $P < 0.05$ ) ตามด้วยสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 ( $P < 0.05$ ) แต่สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 25 มีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกับไส้กรอกอีสานสูตรควบคุม ( $P > 0.05$ )

ทางด้านค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) แสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าทุกสูตรการผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และระยะเวลาการหมักไม่ส่งผลต่อค่า  $a_w$  ( $P > 0.05$ ) Ruiz-Capillas *et al.* (2012) กล่าวว่า การลดไขมันและระยะเวลาไม่มีความสัมพันธ์กับค่าแอกติวิตีของไส้กรอกหมัก แต่เป็นผลมาจากกระบวนการทำแห้งและความเข้มข้นของเกลือที่ทำให้ค่าแอกติวิตีในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้งที่สุดลง 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) กล่าวว่าค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาหมึกเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณเจลบุกเนื่องจากคุณลักษณะทางกายภาพของเจลบุกที่ช่วยในการกักเก็บน้ำซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองในครั้งนี้ อาจมาจากตัวผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแตกต่างกัน เพราะผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเป็นอาหารหมักต้องนำไปผึ่งอากาศ ดังนั้นน้ำภายในเจลจึงระเหยตามสภาพอากาศทำให้น้ำภายในเจลลดลง

**ตารางที่ 4.13** การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้( $a_w$ ) และปริมาณความชื้น(% wet basis)ของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3(สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> 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 ( $P < 0.05$ ) ซึ่งสูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 25 มีค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ( $P > 0.05$ ) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก สูตรที่มีเจลบุกร้อยละ 100 และ 75 มีค่าพีเอชที่ต่ำกว่าสูตรควบคุม แต่สูตรที่มีเจลบุกร้อยละ 25 และ 50 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) เนื่องจากเจลบุกอาจจัดอยู่ในประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกที่มีการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบเนื้อสัตว์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้ผลิตกรดแลคติกออกมาเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานลดลงมากกว่ากลุ่มอื่นๆ (Visessanguan *et al.* 2004)

ปริมาณกรดทั้งหมดในไส้กรอกอีสานที่มีการเติมเจลบุก แสดงในตารางที่ 4.14 พบว่าสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100, 75, 50 และ 25 มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ในวันที่ 0 และ 1 ของกระบวนการหมักและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มโดยไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากขึ้น ( $P < 0.05$ ) ณ วันที่ 2 ของกระบวนการหมักเมื่อเทียบกับวันที่ 0 และ 1 สูตรที่มีการเติมเจลบุกร้อยละ 100 มีค่าปริมาณกรดทั้งหมดมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.65 ( $P < 0.05$ ) และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มการผลิต ( $P > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.14** ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean  $\pm$  SD)

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

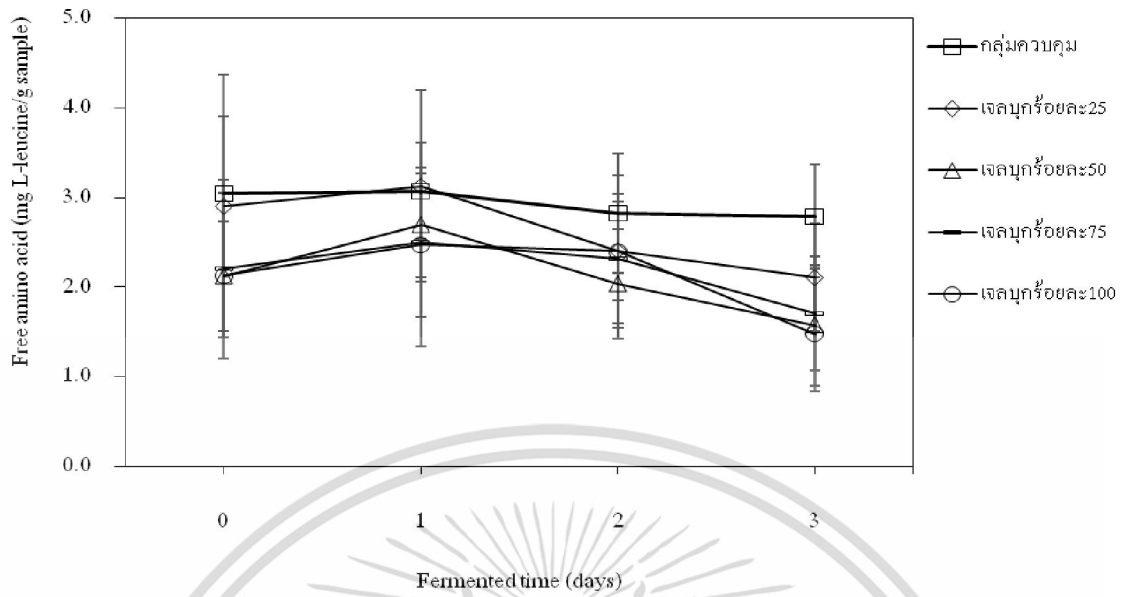
<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

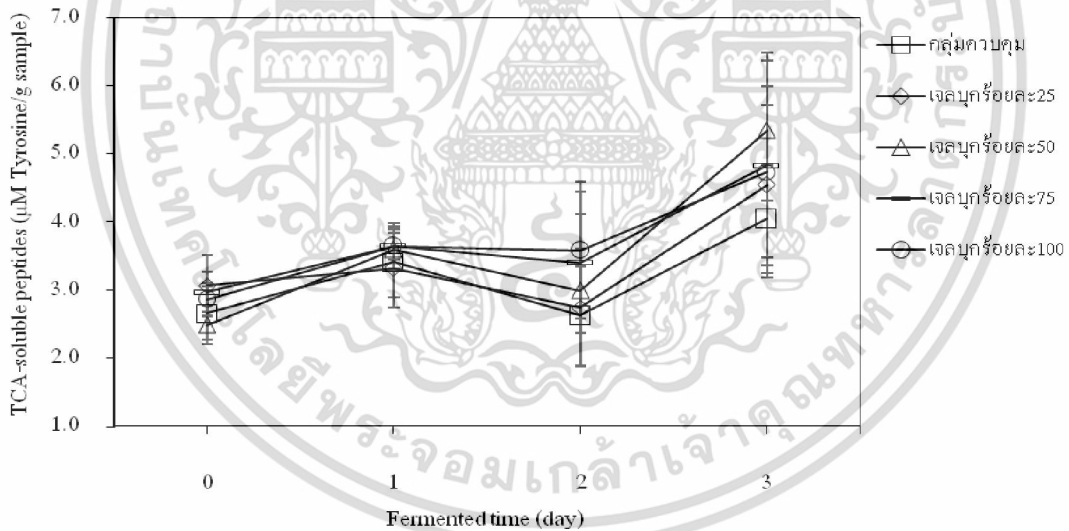
### 1.3) ค่าการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อในไส้กรอกอีสาน

จากการศึกษาค่ากรดอะมิโนอิสระในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ทั้ง 5 สูตรการผลิต (แสดงในภาพที่ 4.4) พบว่าค่าอะมิโนอิสระในวันแรกของกระบวนการหมัก คือ 3.05, 3.63, 2.12, 2.20 และ 2.13mg L-leucine/g ของตัวอย่าง ตามลำดับ และค่าอะมิโนอิสระเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักอยู่ที่ 2.79, 2.12, 1.58, 1.70 และ 1.48 ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าโดยค่าอะมิโนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิต มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Penetet *al.* (1983) ที่รายงานผลว่าค่ากรดอะมิโนอิสระของเนื้อสุกรและเนื้อโคอยู่ที่ 1.92 และ 2.47 mg/25g ตัวอย่าง อีกทั้งค่าอะมิโนอิสระลดลงตามระยะเวลาการหมักในทุกสูตรการผลิต มีงานวิจัยหลายฉบับได้ทำการศึกษาและรายงานถึงจุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนกรดอะมิโนอิสระให้กลายเป็นสารประกอบจำพวกแอลดีไฮด์ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นรสในเนื้อสัตว์ เช่น 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  $\mu$ M Tyrosine/g ตัวอย่างและวันที่สิ้นสุดกระบวนการหมักมีค่า 4.04, 4.54, 5.34, 4.83 และ 4.73  $\mu$ M Tyrosine/g พบว่ามีค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก (แสดงในภาพที่ 4.5) โดยผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Thanonkaewet *al.* (2007) รายงานถึงผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักและการทำแห้งมีการเพิ่มขึ้นของค่า TCA-Soluble peptide ซึ่งบ่งบอกถึงการย่อยสลายโปรตีน อาจมาจากการทำงานของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นในระหว่างการหมัก



ภาพที่ 4.4 กรดอะมิโนอิสระระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก



ภาพที่ 4.5 ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

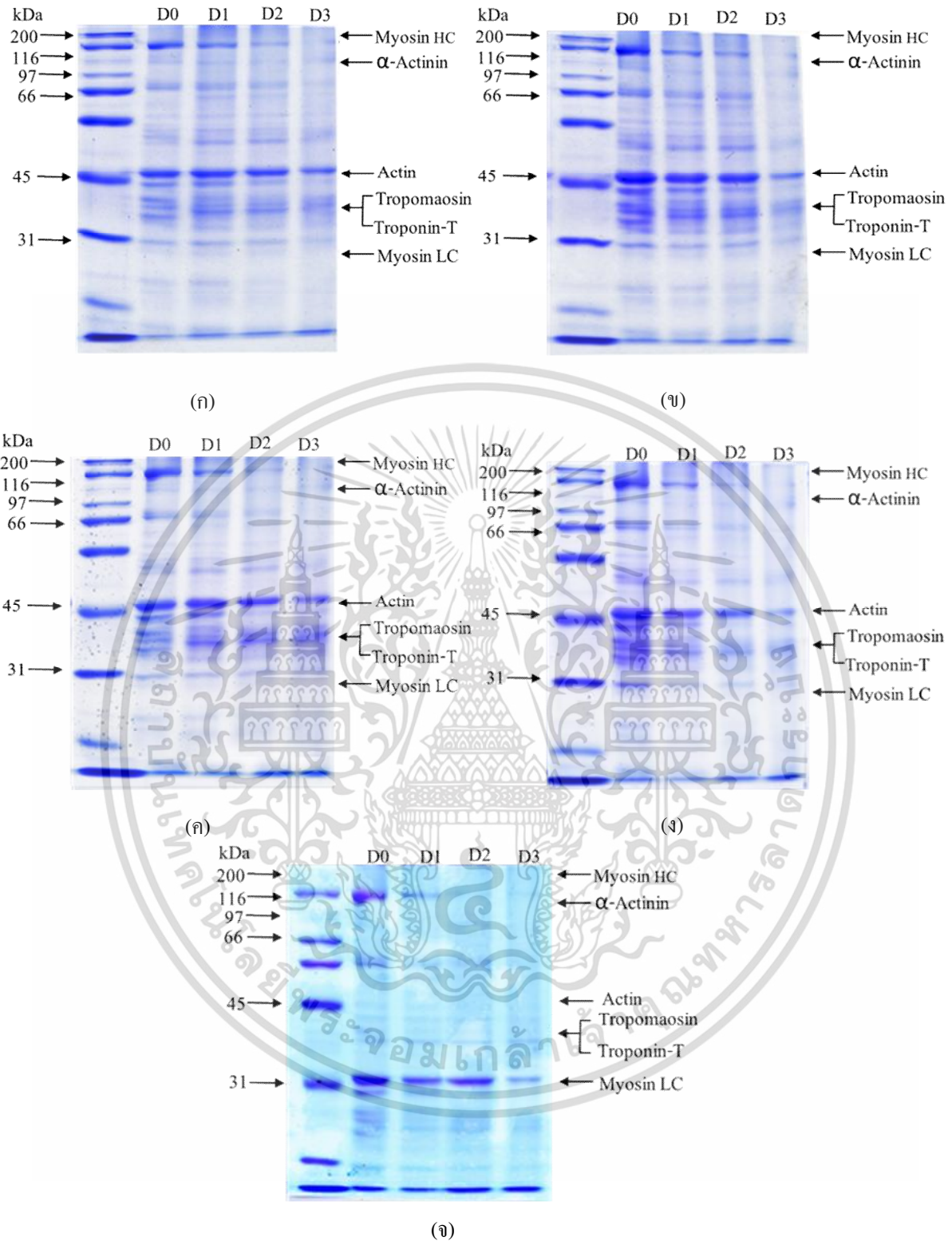
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 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 heavy chain) อันเนื่องมาจากแบคทีเรียแลคติก(Lactic acid bacteria) มีความสามารถในการย่อยโปรตีน อีกทั้งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักยังช่วยเสริมการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อสัตว์อีกด้วย (Kato *et al.* 1994) โดยอาจไปมีผลเร่งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์คาเทปซินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ (endogenous cathepsins) ให้ทำงานดีขึ้น (Molly *et al.* 1997) ซึ่งผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ อมรรัตน์ และคณะ (2552) ที่กล่าวว่าเมื่อผ่านกระบวนการหมักในผลิตภัณฑ์ปลาร้าหมักและการทำแห้งโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ โดยเฉพาะ Myosin heavy chain (MHC) และ Actin ได้ถูกย่อยสลายไปทำให้ไม่สามารถเห็นแถบโปรตีนดังกล่าวจาก SDS-PAGE ได้ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเจลทั้งหมดจะพบว่าลักษณะรูปแบบโปรตีนจากผลิตภัณฑ์กลุ่มที่มีการเติมเจลบุกร้อยละ 100 มีแถบแบนไมโอซินในวันที่ 2 และ 3 จางกว่ากลุ่มควบคุม และจะชัดเจนขึ้นเมื่อปริมาณร้อยละของเจลบุกน้อยลง นอกจากนี้ในสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 ยังมีแถบ Actin ที่หายไปในช่วงการหมักมากกว่าชุดการทดลองอื่นซึ่งสอดคล้องกับผลจุลินทรีย์ของแบคทีเรียแลคติก(ตารางที่ 4.17) โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกมากที่สุดเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักส่งผลให้สามารถเร่งกระบวนการหมักและสามารถย่อยสลาย Myosin และ Actin ได้มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผล TCA-Soluble peptide (ภาพที่ 4.5) ที่พบปริมาณเปปไทด์ที่ถูกย่อยมากขึ้นตามระยะเวลาการหมักส่งผลทำให้มองเห็นความเข้มข้นของแถบแบนโปรตีนมีน้อยลงตามระยะเวลาการหมัก

#### 1.5) ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีการออกซิเดชันของไขมันเกิดขึ้น 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 วันที่สิ้นสุดกระบวนการหมักมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากกระบวนการหมักของไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรกำหนดเงื่อนไขอุณหภูมิการหมักอยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการไฮโดรไลซิสโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ได้ ส่งผลทำให้เกิดปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักของไส้กรอกอีสาน (Saadet *al.* 2007) ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นนี้อาจมาจากไขมันที่มีในสะโพกสุกรมากกว่าไขมันที่เติมเข้าไป



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.15** ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ระหว่างกระบวนการหมัก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean  $\pm$  SD)

วัน	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
0	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>a,B†,‡</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>b,B</sup>	0.14 $\pm$ 0.03 <sup>b,B</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>
1	0.14 $\pm$ 0.03 <sup>ab,B</sup>	0.15 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>bc,B</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>c,B</sup>	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>bc,A</sup>
2	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>a,AB</sup>	0.13 $\pm$ 0.00 <sup>a,A</sup>	0.17 $\pm$ 0.03 <sup>a,B</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>a,B</sup>	0.13 $\pm$ 0.02 <sup>a,A</sup>
3	0.18 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>	0.18 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>	0.21 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>	0.20 $\pm$ 0.03 <sup>a,A</sup>	0.16 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

### 1.6) ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า 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 ( $P > 0.05$ ) ซึ่งจะพบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นมานั้นมีค่าไม่คงที่ในระหว่างกระบวนการหมักจนถึงสิ้นสุดกระบวนการหมักเนื่องจากการเกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ช่วงแรกๆที่เริ่มเกิดซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นที่เร็วหลังการเกิดปฏิกิริยาจึงทำให้ผลการทดลองไม่สม่ำเสมอ (Knothe, 2007)

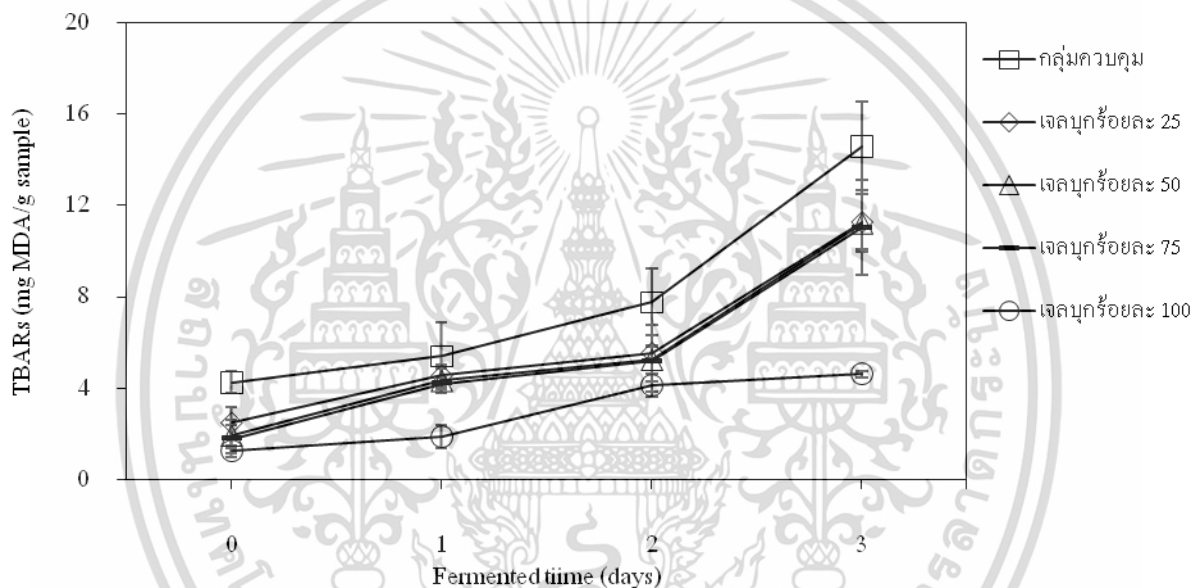
ทางด้านค่า TBARs ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิตมีค่า TBARs เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของกระบวนการหมัก ณ วันที่ 3 สิ้นสุดกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 มีค่า TBARs ที่ต่ำที่สุดในทุกสูตรการผลิต ( $P < 0.05$ ) (แสดงในภาพที่ 4.7) ซึ่งระดับของการเกิดออกซิเดชันที่ต่ำเนื่องมาจากการลดไขมันในผลิตภัณฑ์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

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

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )



ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

## 2) การวิเคราะห์คุณภาพทางชีวภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

### 2.1) จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก

ในส่วนของวัตถุดิบหลักคือส่วนสะโพกสุกรที่ใช้พบว่ามีจำนวนเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นคือ 3.34 log cfu/g โดยจากการศึกษาจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกในระหว่างกระบวนการหมักผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่แตกต่างกัน 5 ระดับแสดงในตารางที่ 4.17 พบว่าผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรการผลิตมีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างกระบวนการหมัก ( $P < 0.05$ ) และ ณ วันสิ้นสุดกระบวนการหมัก ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 100 และ 75 มีจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกมากที่สุด (11.38 และ 11.32 log เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cfu/g ตามลำดับ) ตามมาด้วยสูตรที่มีการเติมเจลบุกร้อยละ 25, 50 และสูตรควบคุม ( $P < 0.05$ ) เนื่องจากแป้งบุกมีกลูโคแมนแนนซึ่งจัดอยู่ในสารประเภทคาร์โบไฮเดรต ดังนั้น แบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกจะเปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดแลคติกซึ่งจะทำให้ค่าพีเอชลดลงในอาหารหมักจนถึงพีเอชประมาณ 4 ซึ่งจำกัดการโตของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli*, *Salmonella* และ *Staphylococcus* (Ohmomoet al.2000)

ตารางที่ 4.17 จำนวนแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติก ( $\log$  cfu/g) ในระหว่างกระบวนการหมักไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก ณ วันที่ 0, 1, 2 และ 3 (สิ้นสุดกระบวนการหมัก) (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>\*</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

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

ในส่วนของวัตถุดิบหลักคือส่วนสะโพกสุกรที่ใช้พบว่ามีความชื้นเริ่มต้นคือ 1.57  $\log$  cfu/g และราที่มีจำนวนต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้  $< 1 \log$  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 ตามลำดับทางด้านจำนวนราในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิตในวันเริ่มต้นของกระบวนการหมักและวันสิ้นสุดกระบวนการหมักต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ ( $< 1 \log$  cfu/g) สาเหตุที่เชื้อยีสต์ มีจำนวนลดลงภายหลังกระบวนการหมักเนื่องมาจากจำนวนแบคทีเรียแลคติกที่มีจำนวนมากขึ้น ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นได้แก่กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก โดยค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการแตกตัว (pKa) และความเข้มข้นของกรดอินทรีย์จะส่งผลต่อเชื้อยีสต์รา (De Vuyst and Vandamme. 1994) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 cfu/g แต่เนื่องด้วยยีสต์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในทุกสูตรการผลิตพบว่ามีจำนวนเกินกว่ากำหนดมาตรฐาน อาจเนื่องด้วยเชื้อยีสต์เริ่มต้นมีจำนวนสูงซึ่งอาจปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบที่ใช้ อุปกรณ์และสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตที่ไม่สะอาดมากพอจึงพบจำนวนเชื้อยีสต์มากเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

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

จากการศึกษาจำนวนเชื้อ *Salmonella* spp. ในวันแรกและวันสิ้นสุดของกระบวนการหมักในทุกกลุ่มการทดลองมีระดับต่ำกว่าที่ตรวจนับได้ ( $<1 \log \text{ cfu/g}$ ) ซึ่งไม่เกินค่าข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) ที่กล่าวว่าจะต้องไม่พบ *Salmonella* spp. ไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

จำนวน total coliform ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกแสดงในตารางที่ 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 อาจเนื่องมาจากสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีจำนวนพีเอชที่ลดลงเร็วกว่าสูตรควบคุมเนื่องจากเจลบุกซึ่งจัดอยู่ในสารประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติกที่มีการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบเนื้อสัตว์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี จึงทำให้ผลิตกรดแลคติกออกมามากขึ้น (Visessanguanet *et al.* 2004) ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นได้แก่กรดอินทรีย์ เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก โดยค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการแตกตัว (pKa) และความเข้มข้นของกรดอินทรีย์จะส่งผลต่อจุลินทรีย์ก่อโรค (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 และสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทุกระดับการผลิตมีจำนวน  $<3 \text{ MPN/g}$  ในทุกสูตรการผลิต เมื่อทำการตรวจจำนวน *E.coli* (ตารางที่ 4.19) ในวันเริ่มต้นของกระบวนการหมักพบว่า ไส้กรอกอีสานสูตรควบคุมพบจำนวน *E.coli* 11 MPN/g ทางด้านไส้กรอกอีสานสูตรการผลิตที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทุกระดับร้อยละมีจำนวน  $<3 \text{ MPN/g}$  และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลิตพบว่าทุกสูตรการผลิตมีจำนวน  $<3 \text{ MPN/g}$  ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐาน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546)

ตารางที่ 4.18 จำนวนยีสต์ ( $\log \text{ cfu/g}$ ) ในระหว่างกระบวนการหมักและสิ้นสุดกระบวนการหมักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean  $\pm$  SD)

วัน	สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (ร้อยละ)				
	0	25	50	75	100
0	3.24 $\pm$ 0.01 <sup>c,A†,‡</sup>	3.35 $\pm$ 0.04 <sup>b,A</sup>	3.18 $\pm$ 0.03 <sup>c,A</sup>	3.10 $\pm$ 0.01 <sup>d,A</sup>	3.91 $\pm$ 0.01 <sup>a,A</sup>
3	2.26 $\pm$ 0.17 <sup>c,B</sup>	3.08 $\pm$ 0.02 <sup>a,B</sup>	2.49 $\pm$ 0.08 <sup>c,B</sup>	2.75 $\pm$ 0.01 <sup>b,B</sup>	2.49 $\pm$ 0.10 <sup>c,B</sup>

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และเมธิ (2556) ที่กล่าวว่า การทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 และ 70 มีผลต่อความแตกต่างของสีผลิตภัณฑ์แพรงค์เฟอร์เตอร์ โดยมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุม งานวิจัยอื่นๆรายงานผลว่าปริมาณไขมันที่ถูกลดลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำและแดงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ซึ่งผลกระทบนี้อาจสังเกตจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปรุงสุก (Carballoet *al.*1996) และไส้กรอกหมัก (Muguerzaet *al.* 2004 ; Salazar *et al.* 2009)Ruiz-Capillaset *al.* (2012) พบว่าค่าความสว่างไม่แตกต่างกันในไส้กรอกหมักทั้งสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุก แต่ค่าสีแดงมีแนวโน้มที่จะลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการลดไขมัน แต่งานวิจัยของMuguerzaet *al.* (2002) ไม่พบความแตกต่างของค่าสีแดงในไส้กรอกหมักที่มีระดับไขมันแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.20 ค่าสี (L\*, a\* และ b\*) ด้านนอกและด้านในของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>t</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4) ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก

ลักษณะสัมผัสโดยรวมของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกแต่ละสูตรพบว่า ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัวกัน และค่าความเหนียวของสูตรที่เติมเจลบุกร้อยละ 100 มีค่ามากที่สุดในกลุ่มการผลิต ( $P < 0.05$ ) แสดงในตารางที่ 4.21 ตามมาากลุ่มเจลบุกร้อยละ 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) ตามลำดับโดยกลุ่มที่มีเจลบุกร้อยละ 25 กับกลุ่มควบคุมค่าการเคี้ยวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ซึ่งให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณเจลบุกทดแทนไขมันสูตรจะทำให้ค่าความแข็ง ค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะตัวกัน และค่าความเหนียว เหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากบุกมีองค์ประกอบของกลูโคแมนแนนซึ่งเป็นพอลิแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ของโปรตีนเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในไส้กรอกสุกร (Colmenero. 1996) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Liaroset *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  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 5) คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน ทดสอบลักษณะ สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นเปรี้ยว กลิ่นรส ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของไส้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอกอีสานทั้ง 5 สูตรการผลิต ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 4.22 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนค่าสี ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำน้ำของทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) อาจเนื่องมาจากความแตกต่างเพียงเล็กน้อยที่ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างกันออกได้ เช่นเดียวกับกับงานวิจัยของ Osburn and Keeton (2004) ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื้อแกะที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 0, 10 และ 20 ที่มีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าเจลบุกสามารถทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานในสูตรการผลิตได้ร้อยละ 25 ถึงร้อยละ 100 แต่เนื่องจากการใช้ร้อยละของเจลบุกทดแทนไขมันในปริมาณที่สูงขึ้นจะส่งผลเสียในด้านค่าการสูญเสียที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่สูงขึ้นรวมถึงค่าความเหนียวและค่าการเคี้ยว ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากเจลบุกทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่ร้อยละ 50 เนื่องจากมีค่าการสูญเสียที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับสูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 และ 100 อีกทั้งค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ส่วนด้านค่าสีโดยเฉพาะค่าสีแดงมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งค่าสีแดงมีผลทำให้สีของผลิตภัณฑ์ดูน่ารับประทานมากขึ้น อีกทั้งการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 ช่วยในเรื่องของการปรับปรุงเนื้อสัมผัส เช่นค่าเกาะตัวกันในผลิตภัณฑ์ ค่าความยืดหยุ่น รวมไปถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ไม่พบความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมในด้านสี ลักษณะปรากฏ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวมซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก(mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

#### 6) องค์ประกอบเคมีเบื้องต้น

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน พบว่าไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลดุกร้อยละ 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 เนื่องจากองค์ประกอบที่พบในเจลดุก คือ กลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตจัดอยู่ในกลุ่มใยอาหาร ดังนั้นไส้กรอกอีสานที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลดุกจึงมีค่าใยอาหารสูงกว่ากลุ่มควบคุม สำหรับปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า พบว่าการเพิ่มปริมาณการใช้เจลดุกทดแทนไขมันแข็งของหมูจะส่งผลให้ค่าดังกล่าวมีค่าสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากแป้งบุกมีองค์ประกอบของ คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 77.8 ความชื้นร้อยละ 12.7 โปรตีนร้อยละ 4.6 ไขมันร้อยละ 0.1 และปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ร้อยละ 4.9 กรัม (พรรตน์ สิ้นชัยพานิช.2545) ดังนั้นเมื่อเพิ่มการทดแทนไขมันด้วยเจลดุก จึงเป็นการลดไขมันแต่เพิ่มความชื้น โปรตีน และเถ้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ruiz-Capillaset *al.*(2012) ซึ่งรายงานว่า การเพิ่มปริมาณเจลดุกทดแทนไขมันแข็งของหมูในไส้กรอกหมักแห้งส่งผลให้ปริมาณไขมันลดลงแต่ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้าเพิ่มขึ้น จากการศึกษาค่าพลังงานทั้งหมดของสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเจลดุกทดแทนไขมันร้อยละ 50 มีค่า 228.9 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (339.7 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม) เนื่องเจลดุกที่จัดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตให้ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม ส่วนไขมันให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม (Jones. 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 องค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วย  
เจลบุก(mean  $\pm$  SD)

ลักษณะที่ศึกษา	ผลจากการวิเคราะห์	
	กลุ่มควบคุม	เจลบุกร้อยละ 50
ความชื้น (ร้อยละ)	47.59 $\pm$ 0.65 <sup>†</sup>	59.43 $\pm$ 1.14
ไขมัน (ร้อยละ)	28.72 $\pm$ 0.25	15.53 $\pm$ 0.35
โปรตีน (ร้อยละ)	13.06 $\pm$ 0.06	13.46 $\pm$ 0.31
เถ้า (ร้อยละ)	2.35 $\pm$ 0.04	2.58 $\pm$ 0.35
ใยอาหารที่สามารถย่อยได้ (ร้อยละ)	0.11 $\pm$ 0.00	1.42 $\pm$ 0.00
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100กรัม)	339.7 $\pm$ 3.02	228.9 $\pm$ 2.22

<sup>†</sup> ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างจำนวน 3 รอบการผลิต

#### 4.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำ เจลบุกมาทดแทนการใช้ไขมันเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติ

สูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่ผู้บริโภคชอบมากที่สุดและมีคุณภาพโดยรวมมากที่สุดคือ สูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 จะถูกนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ไขมันในการผลิตแบบปกติ โดยเจลบุกที่ใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เจลบุกใหม่ และแบบที่ 2 เจลบุกเก่า ที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะแช่เย็นแบบลักษณะแช่น้ำ 12 วัน ผลที่ได้ดังต่อไปนี้

##### 4.4.2 คุณภาพเคมี-กายภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษา

###### 4.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก และปริมาณความชื้น

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

**ตารางที่ 4.24** การสูญเสียน้ำหนัก (% weigh loss) และปริมาณความชื้น (% wet basis) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

#### 4.4.2.2 ค่าพีเอชและ ปริมาณกรดทั้งหมด

ในระหว่างการเก็บรักษา ณ สัปดาห์ที่ 0 และ 1 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 มีค่าพีเอชแสดงในตารางที่ 4.25 พบว่าสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (P<0.05) แต่สูตรการผลิตที่ใช้เจลบุกเก่าทดแทนไขมันร้อยละ 50 ค่าพีเอชไม่แตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผลิตโดยใช้เจลบุกใหม่ ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 ทั้งสูตรเจลบุกใหม่และเจลบุกเก่ามีค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (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 ที่มากขึ้นจากเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระซึ่งเป็นผลทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้นบางรายงานกล่าวว่าค่าพีเอชของไส้กรอกหมักกึ่งแห้งมีค่าพีเอชลดลงในระหว่างการเก็บรักษาอันเนื่องมาจากกรดแลคติกของจำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่เพิ่มขึ้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการจัดเก็บรักษาซึ่งขึ้นอยู่กับผลของเมแทบอลิซึมสารอาหารของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกซึ่งค่าพีเอชมีปฏิสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Muguerza *et al.* 2002; Kayaardi and Gok. 2003) Stamatis and Arkoudelos (2007) รายงานถึงค่าพีเอชของผลิตภัณฑ์ปลาในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศว่ามีการเพิ่มและลดของค่าพีเอชระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ตารางที่ 4.25 ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส(mean  $\pm$  SD)

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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> 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) ในระหว่างการเก็บรักษา ค่าความสว่างของสูตรไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 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 สูตรการผลิตโดยแต่ละสูตรของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก 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 มีไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าและใหม่มีค่าสีแดงลดลงเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 ของระยะเวลาการเก็บรักษา (P<0.05) โดยค่าสีเหลืองภายในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 ในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 (P<0.05) โดยทั่วไปมีรายงานถึงการเติมเจลบุกทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (18 กรัม/ 100 กรัม) ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าสีเพียงเล็กน้อย (Kao and Lin, 2006; Lin and Huang, 2003) อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์กลุ่มควบคุมไขมัน (28 กรัม/ 100 กรัม) พบว่า ค่าความสว่างมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อเติมเจลบุก (Kao and Lin, 2006; Lin and Huang, 2003) คล้ายกับรายงานในไส้กรอกหมู

ไม่ว่าการฉีกใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันต่ำ (Osburn and Keeton. 1994) ระดับของไขมันส่งผลกระทบต่อค่าสี การศึกษาก่อนหน้านี้แสดงถึงปริมาณของไขมันที่ลดลงส่งผลต่อค่าสีแดงและความคล้ำของผลิตภัณฑ์มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ซึ่งผลคล้ายกับผลการทดลองในครั้งนี้

ตารางที่ 4.26 ค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส(mean  $\pm$  SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
ด้านนอกผลิตภัณฑ์				
$L^*$	0	51.31 $\pm$ 2.82 <sup>b,AB†,‡</sup>	55.07 $\pm$ 0.68 <sup>a,A</sup>	55.52 $\pm$ 1.04 <sup>a,A</sup>
	1	53.41 $\pm$ 3.51 <sup>a,AB</sup>	55.16 $\pm$ 1.35 <sup>a,A</sup>	57.46 $\pm$ 0.63 <sup>a,A</sup>
	2	61.07 $\pm$ 2.98 <sup>a,A</sup>	53.16 $\pm$ 3.97 <sup>b,A</sup>	55.94 $\pm$ 0.87 <sup>ab,A</sup>
	3	57.57 $\pm$ 4.5 <sup>a,AB</sup>	54.63 $\pm$ 5.57 <sup>a,A</sup>	53.66 $\pm$ 5.50 <sup>a,A</sup>
	4	48.68 $\pm$ 9.39 <sup>a,B</sup>	53.47 $\pm$ 1.97 <sup>a,A</sup>	54.74 $\pm$ 4.41 <sup>a,A</sup>
$a^*$	0	8.65 $\pm$ 1.17 <sup>a,A</sup>	6.17 $\pm$ 0.78 <sup>b,A</sup>	5.65 $\pm$ 1.47 <sup>b,AB</sup>
	1	6.86 $\pm$ 1.98 <sup>a,A</sup>	6.01 $\pm$ 0.53 <sup>a,AB</sup>	6.45 $\pm$ 0.76 <sup>a,A</sup>
	2	2.97 $\pm$ 1.12 <sup>a,B</sup>	3.85 $\pm$ 0.22 <sup>a,C</sup>	4.13 $\pm$ 1.11 <sup>a,BC</sup>
	3	3.53 $\pm$ 0.97 <sup>a,B</sup>	4.63 $\pm$ 0.49 <sup>a,BC</sup>	4.78 $\pm$ 1.29 <sup>a,ABC</sup>
	4	2.51 $\pm$ 0.7 <sup>a,B</sup>	3.45 $\pm$ 1.41 <sup>a,C</sup>	3.3 $\pm$ 0.55 <sup>a,C</sup>
$b^*$	0	15.43 $\pm$ 0.63 <sup>a,A</sup>	11.10 $\pm$ 1.37 <sup>b,A</sup>	9.37 $\pm$ 0.69 <sup>b,B</sup>
	1	14.97 $\pm$ 0.68 <sup>a,A</sup>	11.55 $\pm$ 1.49 <sup>b,A</sup>	9.21 $\pm$ 0.45 <sup>c,B</sup>
	2	14.08 $\pm$ 0.7 <sup>a,A</sup>	11.12 $\pm$ 1.58 <sup>b,A</sup>	11.57 $\pm$ 1.21 <sup>b,A</sup>
	3	13.76 $\pm$ 0.79 <sup>a,A</sup>	13.61 $\pm$ 1.39 <sup>a,A</sup>	11.97 $\pm$ 2.06 <sup>a,A</sup>
	4	10.69 $\pm$ 2.12 <sup>a,B</sup>	11.99 $\pm$ 0.83 <sup>a,A</sup>	11.13 $\pm$ 0.49 <sup>a,AB</sup>
ด้านในผลิตภัณฑ์				
$L^*$	0	55.08 $\pm$ 4.17 <sup>a,A†,‡</sup>	54.33 $\pm$ 1.09 <sup>a,A</sup>	50.59 $\pm$ 1.75 <sup>a,C</sup>
	1	56.49 $\pm$ 3.19 <sup>a,A</sup>	54.92 $\pm$ 5.28 <sup>a,A</sup>	52.07 $\pm$ 3.77 <sup>a,BC</sup>
	2	57.32 $\pm$ 4.41 <sup>a,A</sup>	54.63 $\pm$ 4.68 <sup>a,A</sup>	55.74 $\pm$ 1.81 <sup>a,ABC</sup>
	3	55.68 $\pm$ 7.87 <sup>a,A</sup>	59.80 $\pm$ 0.34 <sup>a,A</sup>	57.24 $\pm$ 0.55 <sup>a,AB</sup>
	4	54.55 $\pm$ 2.37 <sup>a,A</sup>	55.58 $\pm$ 3.47 <sup>a,A</sup>	59.42 $\pm$ 4.41 <sup>a,A</sup>
$a^*$	0	6.26 $\pm$ 1.19 <sup>a,A</sup>	8.79 $\pm$ 3.04 <sup>a,A</sup>	7.61 $\pm$ 0.61 <sup>a,A</sup>
	1	6.86 $\pm$ 1.91 <sup>a,A</sup>	8.75 $\pm$ 2.54 <sup>a,A</sup>	6.15 $\pm$ 2.17 <sup>a,AB</sup>
	2	6.32 $\pm$ 2.11 <sup>a,A</sup>	7.19 $\pm$ 2.45 <sup>a,Ab</sup>	5.83 $\pm$ 0.93 <sup>a,AB</sup>
	3	4.29 $\pm$ 1.17 <sup>a,A</sup>	4.51 $\pm$ 0.65 <sup>a,B</sup>	5.22 $\pm$ 0.35 <sup>a,B</sup>
	4	6.17 $\pm$ 1.29 <sup>a,A</sup>	4.53 $\pm$ 0.36 <sup>a,B</sup>	4.77 $\pm$ 0.51 <sup>a,B</sup>
$b^*$	0	8.33 $\pm$ 0.68 <sup>ab,A</sup>	9.14 $\pm$ 0.63 <sup>a,AB</sup>	7.27 $\pm$ 0.40 <sup>b,C</sup>
	1	8.38 $\pm$ 1.50 <sup>a,A</sup>	9.44 $\pm$ 0.31 <sup>a,A</sup>	7.99 $\pm$ 1.61 <sup>a,BC</sup>
	2	8.32 $\pm$ 0.18 <sup>a,A</sup>	8.04 $\pm$ 0.44 <sup>a,B</sup>	8.55 $\pm$ 0.66 <sup>a,ABC</sup>
	3	8.59 $\pm$ 0.98 <sup>a,A</sup>	8.86 $\pm$ 0.56 <sup>a,AB</sup>	9.76 $\pm$ 0.27 <sup>a,A</sup>
	4	8.73 $\pm$ 0.61 <sup>a,A</sup>	9.17 $\pm$ 1.06 <sup>a,AB</sup>	9.13 $\pm$ 0.89 <sup>a,AB</sup>

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 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 ( $P > 0.05$ ) และมีความมากกว่ากลุ่มควบคุม ( $P < 0.05$ ) ทางด้านค่าการเกาะตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 มีค่าลดลง

ตารางที่ 4.27 ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส(mean  $\pm$  SD)

ลักษณะที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
ค่าความแข็ง (N)	0	8.76 $\pm$ 2.28 <sup>c,At,†</sup>	20.76 $\pm$ 5.93 <sup>a,A</sup>	14.70 $\pm$ 3.53 <sup>b,A</sup>
	1	3.49 $\pm$ 2.04 <sup>b,B</sup>	9.22 $\pm$ 3.22 <sup>a,B</sup>	11.89 $\pm$ 0.68 <sup>a,AB</sup>
	2	2.83 $\pm$ 1.14 <sup>b,B</sup>	8.98 $\pm$ 2.70 <sup>a,B</sup>	8.85 $\pm$ 2.81 <sup>a,B</sup>
	3	2.68 $\pm$ 0.79 <sup>b,B</sup>	6.07 $\pm$ 1.28 <sup>a,B</sup>	7.27 $\pm$ 2.79 <sup>a,C</sup>
	4	2.67 $\pm$ 0.93 <sup>b,B</sup>	5.29 $\pm$ 1.25 <sup>a,B</sup>	5.84 $\pm$ 2.24 <sup>a,C</sup>
ค่าการเกาะตัวกัน (ratio)	0	0.46 $\pm$ 0.04 <sup>b,A</sup>	0.58 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>	0.58 $\pm$ 0.06 <sup>a,A</sup>
	1	0.42 $\pm$ 0.05 <sup>b,AB</sup>	0.57 $\pm$ 0.04 <sup>a,AB</sup>	0.58 $\pm$ 0.02 <sup>a,A</sup>
	2	0.37 $\pm$ 0.06 <sup>b,BC</sup>	0.55 $\pm$ 0.02 <sup>a,AB</sup>	0.55 $\pm$ 0.02 <sup>a,AB</sup>
	3	0.36 $\pm$ 0.05 <sup>b,C</sup>	0.54 $\pm$ 0.02 <sup>a,AB</sup>	0.52 $\pm$ 0.01 <sup>a,B</sup>
	4	0.33 $\pm$ 0.04 <sup>b,C</sup>	0.53 $\pm$ 0.04 <sup>a,B</sup>	0.51 $\pm$ 0.03 <sup>a,B</sup>
ค่าความเหนียว (N)	0	3.73 $\pm$ 1.19 <sup>b,At,†</sup>	11.32 $\pm$ 3.21 <sup>a,A</sup>	7.72 $\pm$ 1.83 <sup>c,A</sup>
	1	1.60 $\pm$ 0.94 <sup>b,B</sup>	5.13 $\pm$ 1.66 <sup>a,B</sup>	6.12 $\pm$ 0.42 <sup>a,AB</sup>
	2	1.00 $\pm$ 0.40 <sup>b,B</sup>	4.97 $\pm$ 1.95 <sup>a,B</sup>	4.85 $\pm$ 1.51 <sup>a,BC</sup>
	3	1.03 $\pm$ 0.51 <sup>b,B</sup>	3.27 $\pm$ 0.72 <sup>a,B</sup>	4.20 $\pm$ 1.53 <sup>a,C</sup>
	4	0.90 $\pm$ 0.37 <sup>b,B</sup>	3.08 $\pm$ .78 <sup>a,B</sup>	3.45 $\pm$ 1.52 <sup>a,C</sup>
ค่าความยืดหยุ่น (ratio)	0	0.52 $\pm$ 0.11 <sup>b,A</sup>	0.69 $\pm$ 0.07 <sup>a,A</sup>	0.71 $\pm$ 0.07 <sup>a,A</sup>
	1	0.50 $\pm$ 0.03 <sup>b,AB</sup>	0.69 $\pm$ 0.06 <sup>a,A</sup>	0.68 $\pm$ 0.07 <sup>a,A</sup>
	2	0.44 $\pm$ 0.05 <sup>b,BC</sup>	0.64 $\pm$ 0.09 <sup>a,A</sup>	0.67 $\pm$ 0.11 <sup>a,A</sup>
	3	0.42 $\pm$ 0.04 <sup>b,C</sup>	0.63 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>	0.64 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>
	4	0.39 $\pm$ 0.04 <sup>b,C</sup>	0.62 $\pm$ 0.05 <sup>a,A</sup>	0.62 $\pm$ 0.04 <sup>a,A</sup>
ค่าการเคี้ยว (N)	0	3.73 $\pm$ 1.19 <sup>c,A</sup>	11.31 $\pm$ 3.20 <sup>a,A</sup>	7.71 $\pm$ 1.83 <sup>b,A</sup>
	1	1.60 $\pm$ 0.95 <sup>b,B</sup>	5.12 $\pm$ 1.66 <sup>a,B</sup>	6.12 $\pm$ 0.41 <sup>a,AB</sup>
	2	1.05 $\pm$ 0.48 <sup>b,B</sup>	4.96 $\pm$ 1.93 <sup>a,B</sup>	4.87 $\pm$ 1.50 <sup>a,BC</sup>
	3	1.03 $\pm$ 0.41 <sup>b,B</sup>	3.79 $\pm$ 1.50 <sup>a,B</sup>	4.21 $\pm$ 1.53 <sup>a,C</sup>
	4	0.90 $\pm$ 0.40 <sup>b,B</sup>	3.07 $\pm$ 0.80 <sup>a,B</sup>	3.45 $\pm$ 1.52 <sup>a,C</sup>

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

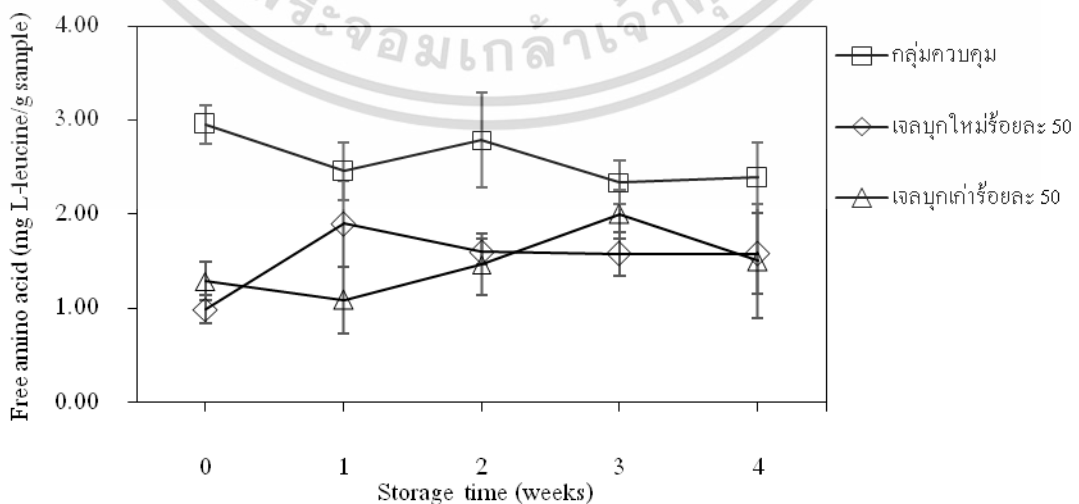
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 และสูตรการผลิตที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มตลอดการเก็บรักษา ( $P>0.05$ ) ซึ่งมีค่าการเกาะตัวกัน ค่าความเหนียว และค่าความยืดหยุ่นมากกว่ากลุ่มควบคุม ( $P<0.05$ ) เนื่องจากเจลบุกมีลักษณะที่คงตัวมากกว่าไขมันจึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Osburn and Keeton (1994) ที่พบว่าระยะเวลาที่มีผลเล็กน้อยต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเจลบุก

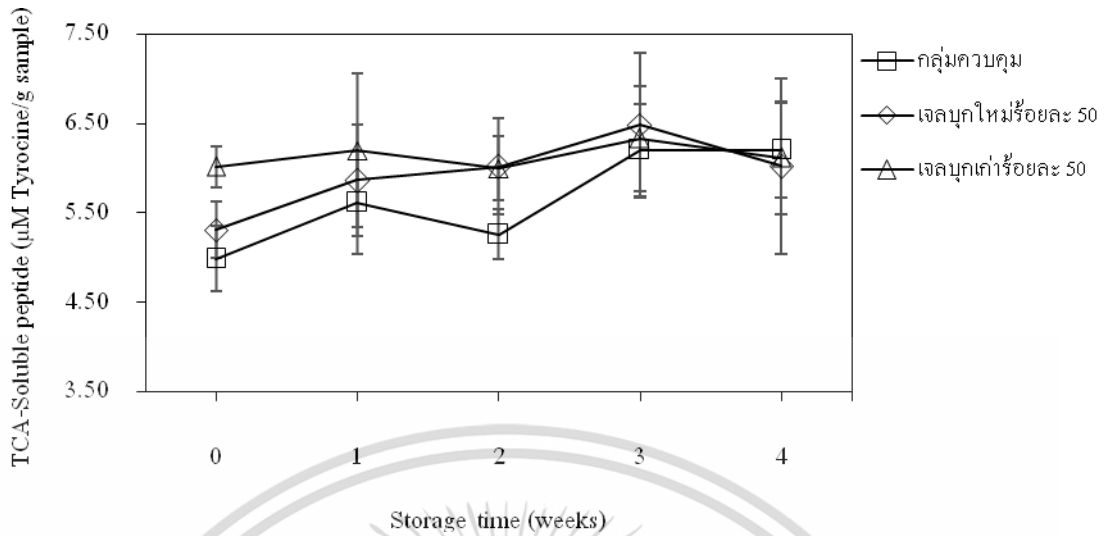
#### 4.4.2.5 ค่าการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อในไส้กรอกอีสาน

จากการศึกษาค่ากรดอะมิโนอิสระระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกพบว่าค่าอะมิโนอิสระทั้ง 3 สูตรการผลิต มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาการเก็บรักษาและพบว่าค่ากรดอะมิโนอิสระในกลุ่มควบคุมมีค่ามากกว่ากลุ่มที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย ณ สัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ค่าอะมิโนอิสระไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับสัปดาห์แรก ( $P>0.05$ ) ในแต่ละสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน แสดงในภาพที่ 4.9 เนื่องจากกรดอะมิโนอิสระอาจลดลงหรือเพิ่มขึ้นได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้น (substrate) 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 สัปดาห์แสดงในภาพที่ 4.10 ทั้ง 3 สูตรการผลิต โดย ณ สัปดาห์ที่ 0 ของการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก มีค่า 5.00, 5.31 และ 6.02  $\mu\text{M}$  Tyrosine/g ตัวอย่างตามลำดับ และสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามีค่า 6.20, 6.02 และ 6.12  $\mu\text{M}$  Tyrosine/g ตัวอย่างตามลำดับ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันมากนักระหว่างกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งปริมาณ TCA-soluble peptide เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ถึงกิจกรรมเอนไซม์ที่มีความสามารถในการย่อยโปรตีนโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เป็นเปปไทด์สายสั้นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผล รูปแบบโปรตีนหลังการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE (แสดงในภาพที่ 4.11 และ 4.12 )



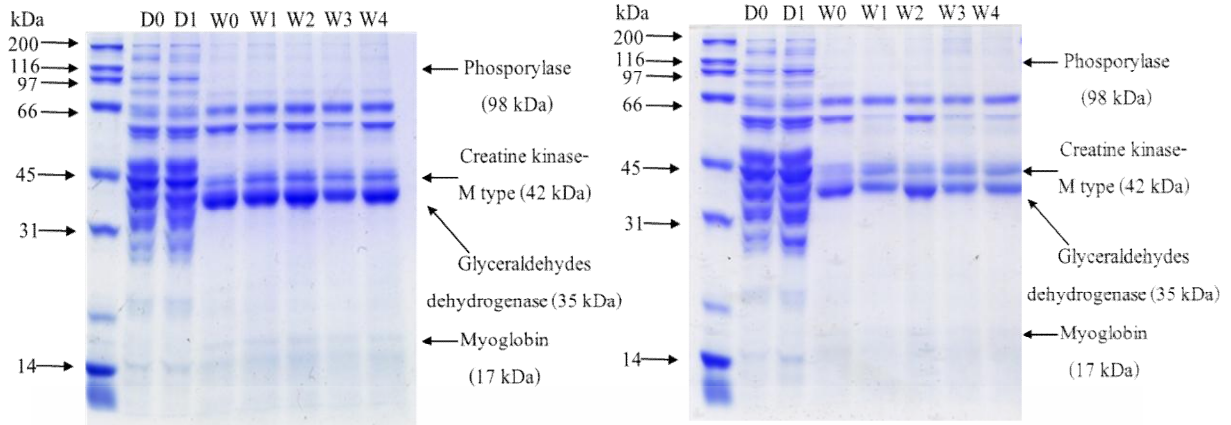
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การค้าไม่ว่าการฉ้อโกงทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.10 ค่าเปปไทด์ที่ละลายได้ในกรดระหว่างการรักษาของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

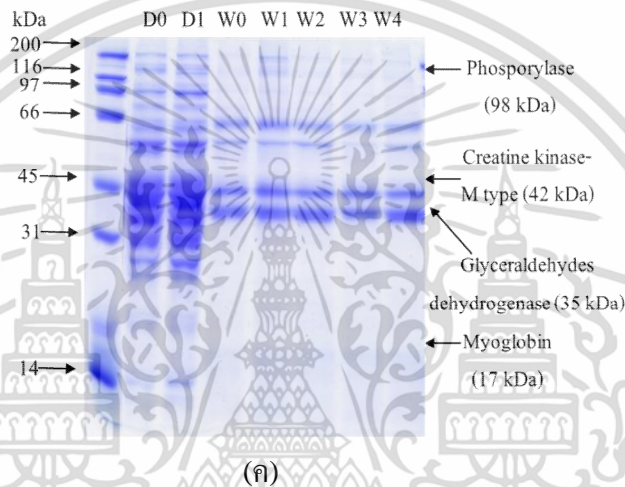
#### 4.4.2.6 รูปแบบโปรตีนหลังการแยกด้วยเทคนิค SDS-PAGE

จากการศึกษาการแยกโปรตีนด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้เทคนิค SDS-PAGE ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลในระหว่างการรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ดังภาพที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าเมื่อพิจารณาคุณภาพรวมทั้งโปรตีนจากตัวอย่างสูตรควบคุม สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 และ สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นนั้นส่งผลทำให้เกิดการย่อยสลายไมโอซินและแอกติน นอกจากนี้ยังพบความเข้มข้นของแถบโปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 200kDa มีน้อยกว่าวันแรกของการเก็บรักษา ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลานานขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับตารางที่ 4.27 ที่พบว่าค่าความแข็งมีค่าน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของไมโอซินเป็นดัชนีที่บ่งชี้การย่อยสลายของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ซึ่งคล้ายกับกับงานวิจัยของ ธนาภา เซตะวัน (2559) ที่กล่าวว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แห้งเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการย่อยสลายของไมโอซินและแอกติน



(ก)

(ข)



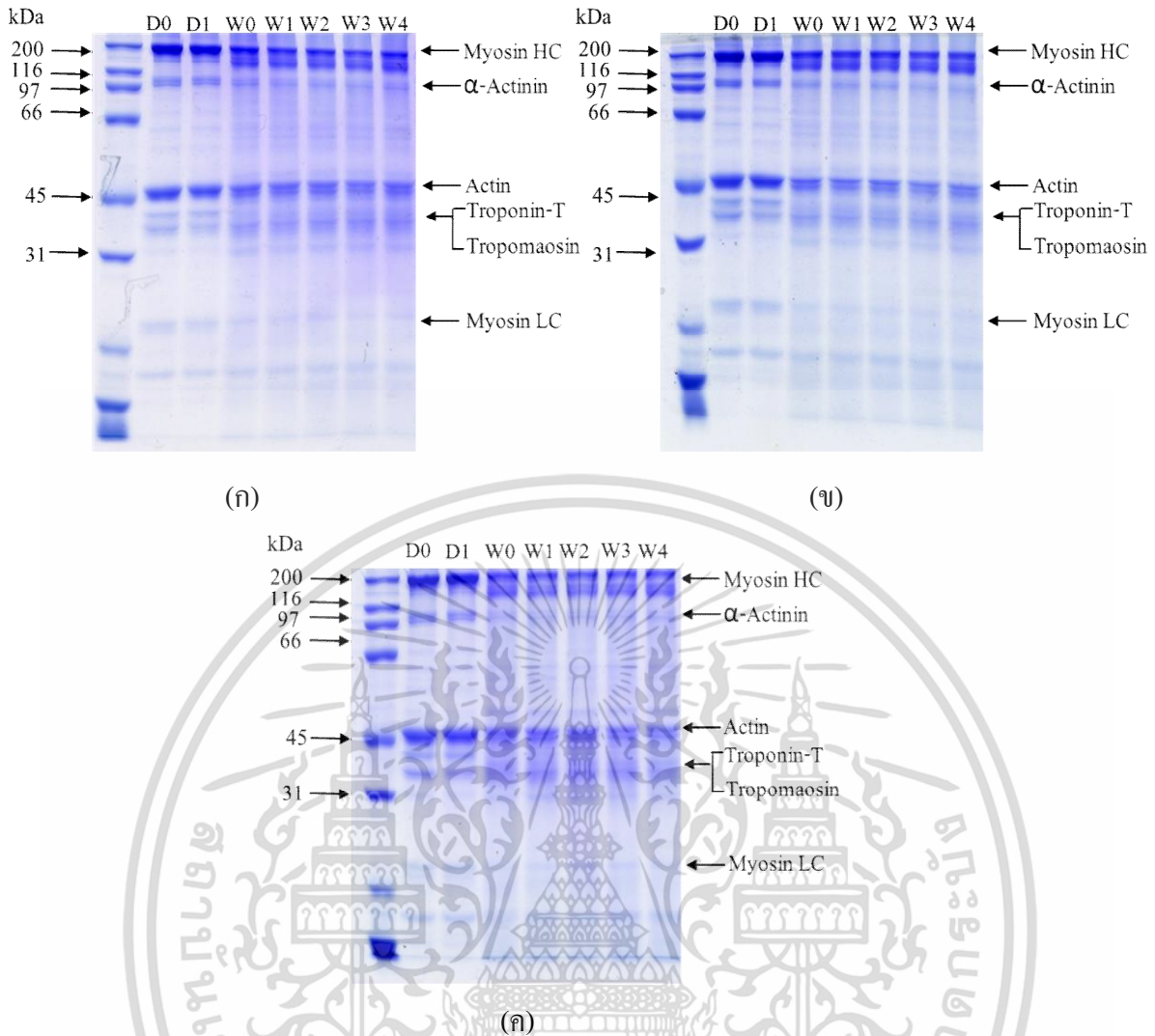
(ค)

ภาพที่ 4.11 รูปแบบของโปรตีนซาร์โคพลาสซึมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยเทคนิค SDS-PAGE running gel ที่สภาวะ reducing condition กลุ่มควบคุม (ก) เจลบุกใหม่ร้อยละ 50 (ข) และ เจลบุกเก่าร้อยละ 50 (ค)

#### 4.4.2.7 ปริมาณกรดไขมันอิสระ

ปริมาณกรดไขมันอิสระแสดงในตารางที่ 4.28 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 0 ในสูตรที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 มีปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยกว่าสูตรควบคุม ( $P < 0.05$ ) หลังจากนั้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ ทุกสูตรการผลิตมีค่าปริมาณกรดไขมันอิสระไม่แตกต่างกันระหว่างสูตรการผลิตและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ( $P > 0.05$ ) เนื่องจากในสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันสูง ซึ่งในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่จะเป็นไขมันประเภท triacylglyceride ซึ่งจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ lipase ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์และจากจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างเอนไซม์ esterase เช่น สกุล *Staphylococcus* ย่อยพันธะในตำแหน่ง mono-, di- tri ของ triacylglyceride ให้กลายเป็นกรดไขมันอิสระ (Ray, 2004) ซึ่งกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นนี้อาจมาจากไขมันในสะโพกสุกรมากกว่าไขมันที่เติมลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

ตารางที่ 4.28 ปริมาณกรดไขมันอิสระของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส(mean ± SD)

เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก่าร้อยละ 50
0	0.18±0.02 <sup>a,A†,‡</sup>	0.17±0.01 <sup>b,A</sup>	0.17±0.01 <sup>b,A</sup>
1	0.22±0.02 <sup>a,A</sup>	0.19±0.05 <sup>a,A</sup>	0.18±0.01 <sup>a,A</sup>
2	0.20±0.03 <sup>a,A</sup>	0.17±0.01 <sup>a,A</sup>	0.17±0.01 <sup>a,A</sup>
3	0.22±0.03 <sup>a,A</sup>	0.18±0.01 <sup>a,A</sup>	0.18±0.02 <sup>a,A</sup>
4	0.19±0.01 <sup>a,A</sup>	0.17±0.01 <sup>a,A</sup>	0.17±0.01 <sup>a,A</sup>

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4.2.8 ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TBARs

ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีการเกิดออกซิเดชันของไขมันเกิดขึ้น โดยค่าเปอร์ออกไซด์ แสดงในตารางที่ 4.29 ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ของระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าเปอร์ออกไซด์ของแต่ละสูตรมีค่าคงที่ ( $P>0.05$ ) และค่ามีมากกว่าสัปดาห์ 0 ถึง 2 อย่างไรก็ตาม สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก๋าร้อยละ 50 มีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ( $P>0.05$ ) จะเห็นได้ว่าค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากชั้นแรกในการเสื่อมสภาพของน้ำมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในสภาวะมีออกซิเจนทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้น โดยออกซิเจนจะเข้าไปที่ตำแหน่งพันธะคู่ของสายโซ่กรดไขมันได้เป็นสารประกอบที่ไม่อยู่ตัว เกิดเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้น ซึ่งช่วงแรกที่เริ่มเกิดสารเปอร์ออกไซด์ขั้นนี้จะเรียกว่าขั้นเริ่มต้น (initiation phase) ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดด้วยอัตราค่อนข้างช้าและไม่มีควมสม่ำเสมอ ต่อมาจะเข้าสู่ช่วงลุกลาม (propagation phase) ในช่วงนี้จะมีการดูดซับออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบจำพวกเปอร์ออกไซด์ด้วยอัตราที่สูงขึ้นหลังจากจุดนี้จะเข้าสู่เฟสต่อไปซึ่งจะเป็นช่วงสลายตัวของสารประกอบจำพวกเปอร์ออกไซด์กลายเป็นสารประกอบจำพวกโพลีเมอร์หรือสารประกอบที่ระเหยง่าย (Knothe, 2007) Toldrá (2006) รายงานถึงไขมันและฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ถูกไฮโดรไลซ์โดย lipase และ phospholipase ทำให้กรดไขมันอิสระไปเป็นเปอร์ออกไซด์

ตารางที่ 4.29 ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (mean  $\pm$  SD)

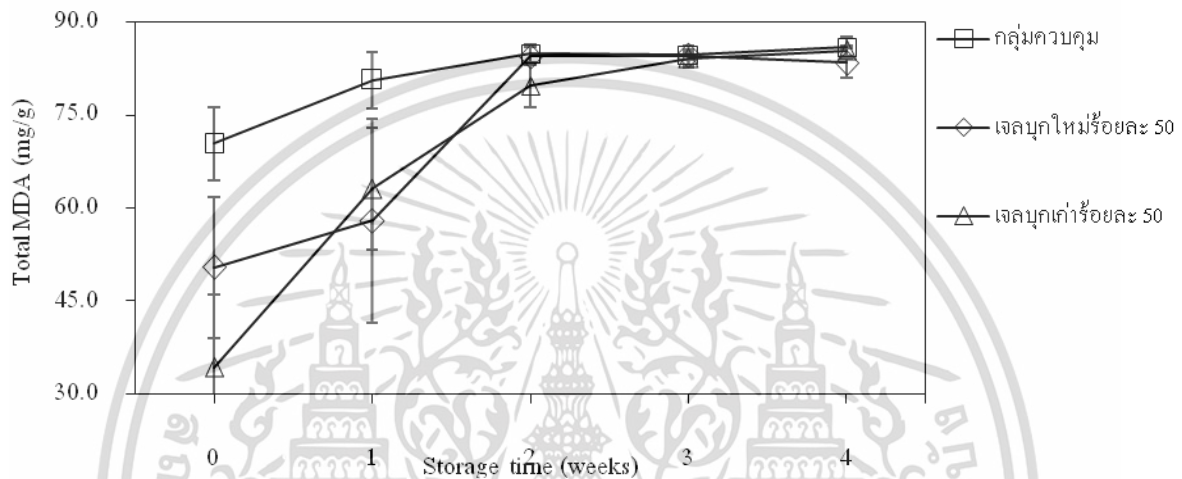
เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กลุ่มควบคุม	เจลบุกใหม่ร้อยละ 50	เจลบุกเก๋าร้อยละ 50
0	6.33 $\pm$ 3.11 <sup>a,B†,‡</sup>	2.93 $\pm$ 0.99 <sup>a,C</sup>	2.40 $\pm$ 1.80 <sup>a,D</sup>
1	10.47 $\pm$ 3.10 <sup>a,B</sup>	6.20 $\pm$ 1.25 <sup>b,BC</sup>	5.13 $\pm$ 0.90 <sup>b,C</sup>
2	11.13 $\pm$ 2.20 <sup>a,B</sup>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

<sup>†</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

<sup>‡</sup> ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

ณ สัปดาห์ที่ 0 ระหว่างการเก็บรักษาสูตรควบคุมมีค่า TBARs มากที่สุด ( $P<0.05$ ) และค่า TBARs ที่เกิดขึ้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในทุกสูตรการผลิต ( $P<0.05$ ) แสดงในภาพที่ 4.13 โดย สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ruiz-Capillas *et al.* (2012) กล่าวว่า การออกซิเดชันของไขมัน (TBARs) ของไส้กรอกหมักแห้งไม่ได้รับผลกระทบโดยการลดไขมัน (สัดส่วนเจลบุก) แต่ได้รับผลกระทบตามระยะเวลา โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการพบว่าไม่มีความแตกต่างที่สังเกตได้ระหว่างสูตรควบคุมและสูตรที่ทดแทนไขมัน ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาอาหารนั้นมีปฏิกิริยาต่างๆเกิดขึ้นมากมายส่งผลเสียต่อคุณภาพของอาหาร ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน หรือการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นต้น (Obanu, 1988) เมื่อกล่าวถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันนั้นโดยทั่วไปเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า TBARs จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันในอาหาร (Chen *et al.* 2000) ซึ่งจากผลการทดลองข้างต้นที่รายงานว่ามีระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs สูงขึ้น นั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yang *et al.* (2009) ที่รายงานว่ามีผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรและเนื้อโคมีค่า TBARs เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า TBARs นั้นมีสาเหตุมาจากการลดลงของค่าออกซิเดชันโดยการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น ในขณะที่ ณ วันที่ 90 ของการเก็บรักษาพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่า TBARs ลดลง เนื่องจากการออกซิเดชันของไขมันทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิด เช่น เพนทานอล เฮกซานอล 4-hydroxyonenal และ สารมาลอนแอลดีไฮด์ (malonaldehyde, MA) (Pearson *et al.* 1982)



ภาพที่ 4.13 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการออกซิเดชัน (TBARs) ของไขมันในระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลดบุก

#### 4.4.3 คุณภาพด้านชีวภาพของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลดบุก

##### 4.4.3.1 จำนวนแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติก

จากการศึกษาจำนวนแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลดบุกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4.30 โดยมีจุลินทรีย์ในวัตถุดิบหมูสดเริ่มต้น  $3.69 \log \text{ cfu/g}$  พบว่าในกลุ่มควบคุมมีจำนวนแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกคงที่ถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษามีจำนวนแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกเพิ่มขึ้น ( $8.88 \log \text{ CFU/g}$ ) สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลดบุกใหม่ร้อยละ 50 มีจำนวนแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลดบุกเก่าร้อยละ 50 พบว่าแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกไม่คงที่ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Ruiz-Capillaset *al.* (2012) ที่กล่าวว่าไม่พบความแตกต่างของแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนและแบคทีเรียผลิตภัณฑ์แลคติกในไส้กรอก หมักแห้งในแต่ละสูตรซึ่งทดแทนไขมันด้วยเจลดบุกร้อยละ 0, 50 และ 80 และสอดคล้องกับงานของ Fernández *et al.* (2008) และ Salazar *et al.* (2009) ที่ไม่พบความแตกต่างของจุลินทรีย์ในไส้กรอกหมักแห้งที่มีระดับไขมันแตกต่างกัน Osburn and Keeton (1994, 2004) ไม่พบความแตกต่างของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกสดหมูและไส้กรอกแคะที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลดบุกเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.30 จำนวนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ( $\log$  cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกอีสาน ทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean  $\pm$  SD)

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

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 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 จากการศึกษพบว่าทั้ง 3 สูตรการผลิตมีจำนวนยีสต์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา หากเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองสัปดาห์ที่ 0 และ 1 ทั้ง 3 สูตรการผลิตจำนวนยีสต์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) และเมื่อสัปดาห์สุดท้าย ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเก่าร้อยละ 50 มีจำนวนยีสต์มากที่สุด รองลงมาคือ สูตรทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่ร้อยละ 50 และสูตรควบคุม (3.97, 3.30 และ 2.82  $\log$  cfu/g ตามลำดับ) ทางด้านราพบว่ามีจำนวนต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ทั้ง 3 สูตรการผลิตและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กำหนดจำนวนยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10cfu/g หรือ 1 $\log$  cfu/g ดังนั้นในการผลิตครั้งต่อไปต้องระมัดระวังขั้นตอนในการผลิต โดยพยายามเลือกวัตถุดิบที่มาจากโรงงานที่ได้มาตรฐานในส่วนของการแปรรูปควรทำความสะอาดและลวกอุปกรณ์ด้วยน้ำร้อนก่อนใช้ ควบคุมสุขลักษณะของผู้ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ รวมถึงสถานที่ที่ผลิตต้องสะอาด เพื่อลดจำนวนเชื้อเริ่มต้นในผลิตภัณฑ์ในการทดลอง

ตารางที่ 4.31 จำนวนยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (mean  $\pm$  SD)

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

† ตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

‡ ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษา *Salmonella* spp. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้ง 3 สูตรการผลิตต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ ( $< 1 \log \text{ cfu/g}$ ) ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กำหนดจำนวน *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

จำนวน *S. aureus* ที่ตรวจพบในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยมีจำนวนเชื้อ *S. aureus* เริ่มต้นจากสะโพกหมูสด  $2.53 \log \text{ cfu/g}$  พบว่า จำนวน *S. aureus* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตรการผลิตต่ำกว่าระดับที่ตรวจนับได้ ( $< 1 \log \text{ cfu/g}$ ) ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (2546) กล่าวว่าจะต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม

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

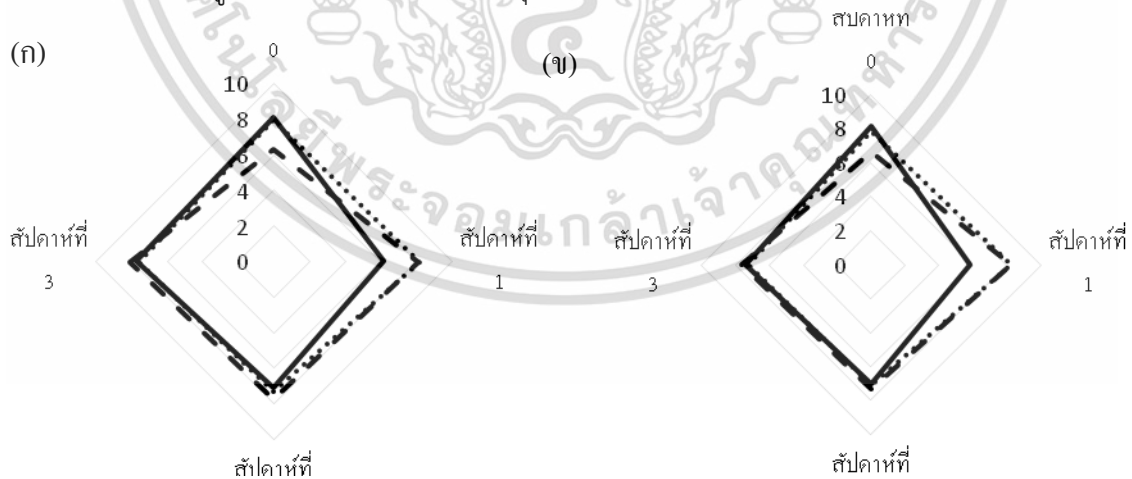
ตารางที่ 4.32 จำนวน total coliform, fecal coliform และ *E. coli* (MPN/g) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุก

ชื่อที่ศึกษา	เวลาเก็บรักษา		จำนวนจุลินทรีย์ (MPN/g)	
	กลุ่มควบคุม	(สัปดาห์)	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
<i>E. coli</i>	0	<3	<3	<3
	1	<3	<3	<3
	2	<3	<3	<3
	3	<3	<3	<3
	4	<3	<3	<3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

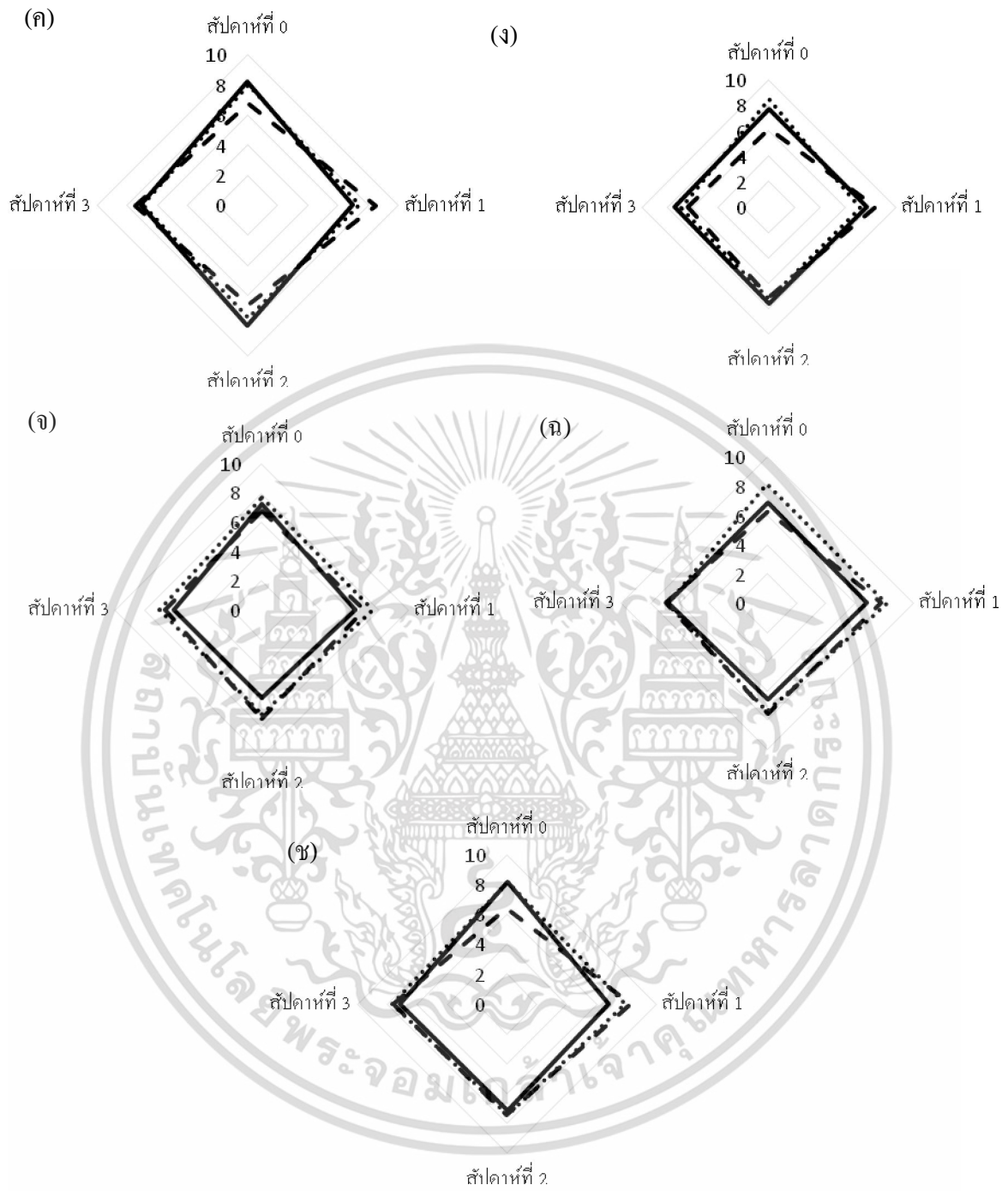
#### 4.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

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 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกทั้ง 3 สูตรการผลิตตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ทางด้านกลิ่นเปรี้ยว รสชาติเปรี้ยว เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำน้ำ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสูตรและระหว่างการเก็บรักษา ( $P>0.05$ ) ซึ่งไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์เนื่องจากมีกลิ่นหืนเกิดขึ้น ซึ่งในสัปดาห์ที่ 3 เกิดกลิ่นหืนอย่างเห็นได้ชัดในการทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยในกลุ่มควบคุมมีกลิ่นหืนที่ชัดเจนกว่ากลุ่มที่ทดแทนไขมันด้วยเจลบุกใหม่และเก่าร้อยละ 50 ในสูตรการผลิต มีรายงานเพียงเล็กน้อยรายงานผลถึงผลกระทบของการเติมเจลบุกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งไม่สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ของผลจากการลดไขมันและและทดแทนไขมันด้วยเจลบุก (Jiménez-Colmenero *et al.* 2010) Osburn and Keeton (2004) รายงานถึงไส้กรอกไขมันต่ำทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีการลดค่าคะแนนทางประสาทสัมผัสเพียงเล็กน้อย Liaroset *al.* (2009) รายงานถึงไม่พบความแตกต่างของกลิ่นรสอันเนื่องมาจากระดับไขมันในไส้กรอกหมัก เมื่อตัดผ่านคุณลักษณะภายในของผลิตภัณฑ์พบว่าเจลมีลักษณะคล้ายกับไขมัน แต่มีรายงานอื่นกล่าวว่า การลดไขมันส่งผลต่อการลดค่าคะแนนของลักษณะปรากฏของไส้กรอกหมัก (Liaroset *al.* 2009; Mugerza *et al.* 2002) ทั้งนี้การเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน เนื่องจากในสูตรการผลิตมีสัดส่วนของไขมันในสูตรถึงร้อยละ 30 จึงเป็นเหตุทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาลดลงเนื่องจากกลิ่นหืน



**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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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 ช่วงเวลาดังกล่าวผงบุกจะแสดงคุณสมบัติด้านการพองตัวหรืออุ้มน้ำได้ดีที่สุดซึ่งการใช้ผงบุก 95 องศาเซลเซียสในการผสมทำให้ผงบุกพองตัวได้ดีขึ้นจากผงบุกทั้ง 4 ชนิด ผงบุก D มีค่าความคงตัวต่อความร้อนได้ดีที่สุด อีกทั้งในการศึกษาชนิดของผงบุกต่อคุณภาพของเจลบุกพบว่าผงบุกชนิด D ให้ลักษณะปรากฏที่คล้ายกับไขมันสัตว์หลังสุกในด้านสี ความนุ่ม และความยืดหยุ่น รวมทั้งผลจากการประเมินทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความยืดหยุ่น และความชอบโดยรวมได้รับคะแนนมากที่สุด

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาของเจลบุกพบว่าในสภาวะแช่เย็นการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแช่น้ำดีกว่าการเก็บเจลบุกในลักษณะแห้งเนื่องจากคุณสมบัติของเจล เช่น การสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่า และมีค่าคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บ ส่วนทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวม พบว่าความยืดหยุ่นไม่แตกต่างจากวันแรกที่เก็บรักษา ซึ่งการเก็บเจลบุกแบบลักษณะแช่น้ำมีอายุการเก็บมากกว่าแบบลักษณะแห้ง เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบได้ไม่เกินค่ามาตรฐานในวันที่ 12 และ 9 ตามลำดับทางด้าน การเก็บแบบแช่แข็งควรทำละลายเพียง 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 ในสูตรการผลิตมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ต่ำกว่าการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 75 และ 100 อีกทั้งไม่แตกต่างจากสูตรทดแทนด้วยเจลบุกร้อยละ 25 และสูตรควบคุม รวมถึงได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคและมีลักษณะด้านต่างๆใกล้เคียงกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติในสูตร เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกอีสานทดแทนไขมันด้วยเจลบุกร้อยละ 50 พบว่า มีค่าโปรตีน ความชื้น เถ้า ใยอาหารที่ย่อยได้มากกว่าและมีค่าพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม(ไขมันร้อยละ 100 ในสูตร) จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานที่มีการนำเจลบุกใหม่และเก่ามาทดแทนการใช้ไขมันร้อยละ 50 ในสูตรการผลิตเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขมันปกติพบว่า ค่าสีแดง ( $a^*$ ) ลักษณะสัมผัสโดยรวม คือ ค่าความแข็ง ค่าการเกาะตัว และค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหนียวลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาทั้ง 3 สูตร และสูตรที่ใช้เจลบุกใหม่ทดแทนไขมันในสูตรมีค่าดังกล่าวคงตัวกว่าสูตรที่ใช้เจลบุกเก่าและยังช่วยในการปรับปรุงลักษณะสัมผัสโดยรวมให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม การใช้เจลบุกใหม่ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ดีกว่าการใช้เจลบุกเก่าเนื่องจากปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ยีสต์มีจำนวนน้อยกว่า อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยอมรับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ถึงสัปดาห์ที่ 2 เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 3 ผู้ทดสอบตรวจพบกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถยอมรับได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การทดแทนไขมันด้วยเจลบุกเป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ทั้งในระดับผู้ผลิตรายย่อยจนถึงระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายทางการค้าต่อไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ถือว่าการเพิ่มมูลค่าและเป็นการสร้างทางเลือกให้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปสำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ปัจจุบันหันมาสนใจสุขภาพกันมากขึ้น

5.2.2 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสาน ซึ่งหากจะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

## บทที่ 6

### สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้สามารถตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการในระดับนานาชาติได้จำนวน 2 เรื่อง ครอบคลุมเงื่อนไขการให้ทุน โดยมีรายการดังนี้

1. Supaluk Sorapukdee, Sujitta Jansa, and Pussadee Tangwatcharin. 2018. Effect of glucomannan content in konjac flour on quality of konjac gel used for fat analog in meat product. Proceeding of The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018): Creative Food for Future and Sustainability, 14-16 June 2018, Bangkok, Thailand. pp. 195-201.

2. Supaluk Sorapukdee, Sujitta Jansa, and Pussadee Tangwatcharin. 2018. Konjac gel developed for use as fat analogue in meat product: effect of chilled storage on quality of konjac gel. Proceeding of The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018): Creative Food for Future and Sustainability, 14-16 June 2018, Bangkok, Thailand. pp. 202-206.

อนึ่งรายละเอียดของบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ สามารถดูได้ในภาคผนวก ก.

## บรรณานุกรม

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2552. **เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร**. กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, พรรณีภา ศิวะพิรุฬห์เทพ, คมแข พิลาสมบัติ และ ศุภลักษณ์ สรภักดี. 2555. ใน **เอกสารประกอบการอบรม “การแปรรูปเนื้อสัตว์” ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ . คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2556. **สมุนไพรรลดไขมันในเลือด 140 ชนิด**. กรุงเทพฯ : ปนิตา เกิดดอนแฝก.
- เฉลิมเกียรติ โภคาวัฒนา, วรพจน์ สุวจิตตานนท์, นพรัตน์ วัชชจุฑากุล, อัมพร เนติ และสุลี วัชระ. 2546. **สมุนไพรรู้**. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมการเกษตร.
- ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี, อูมาพร ศิริพินท์ และ วิจิตรา แดงปรก. 2543. **การผลิตกุ้งแช่ไข่ม้วนต่ำจากบุก**. รายงานผลวิจัย. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ชมพูนุช สีห์โสภณ. 2542. “การศึกษาสภาวะการเตรียมเจลบุกและการนำไปใช้ประโยชน์”. **วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง**. 7(2) : 16-22.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2539. **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดารณีโรดมวิจิตร. 2544. “การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต”วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดวงใจ ทานท์ธิ และเมธี ศรีสุภรัตน์ศิริ. 2555. “คุณลักษณะของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมัน”. ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตรบัณฑิตวิศวกรรมแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธนาภา เขตตะวัน. 2559. “ผลของกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์แทนเนื้อแม่สุกรปลดระวางกึ่งแห้ง”. วิทยานิพนธ์. หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นิจศิริ เรืองรังสี และธวัชชัย มังคละคุปต์. 2547. **สมุนไพรรไทย**. เล่ม 1. กรุงเทพฯ : ฐานการพิมพ์จำกัด.
- นภาพร ดีสนาม. 2549. “ ผลของการพัฒนาสูตรร่วมกับการเติมเจลบุกและโซเดียมไนไตรต์ต่อคุณภาพของไส้อ้ว ” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- นิตยา รัตนปานนท์. 2549. **เคมีอาหาร**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- เนาวรัตน์แย้มแสงสังข์. 2542. **การพัฒนาองค์การ**. กรุงเทพฯ : ศูนย์เอกสารและตาราสถาบันราชภัฏสวนดุสิต
- ประดิษฐ์ คาทหนองไผ่. 2544. “การลดปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเปรี้ยวสุกโดยวิธีการจัดการก่อนการทอดและระหว่างทอด”. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปิยะรัชช กุลเมธี, (ผู้รวบรวม). 2551. “การทำไส้กรอกเปรี้ยวและแฮมในปฏิบัติการจุลชีววิทยาสำหรับอุตสาหกรรมเกษตร”. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2542. **พลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: สัมพันธ์พานิชย์.
- ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2545. **การวัดค่าความเป็นกรดและด่างด้วย pH Meter**. เชียงใหม่ : ศูนย์ วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคเหนือ.
- พรรัตน์ สิ้นชัยพานิช. 2545. สมบัติทางเคมีกายภาพและการนำแปงบุกไปประยุกต์ใช้. **อาหาร**. 32 : 174-178.
- ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. เล่มที่ 2. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ลัดดา ไข่ดำ. 2537. **แนวโน้มทางการตลาดและความต้องการของผู้บริโภคแฮม**. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิทยา บุญวรพัฒน์. 2554. **สารานุกรมสมุนไพรไทย-จีนที่ใช้บ่อยในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สมาคมศาสตร์การแพทย์แผนจีนในประเทศไทย.
- ศราวุธ สิทธิวงศ์. 2543. **การผลิตหมูยอแบบลดไขมันโดยใช้แคปปา-คาร์ราจีแทนและแปงบุกเป็นส่วนผสม**. รายงานโครงการวิจัย . มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกเปรี้ยว (มผช. 144-2546)**. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม
- สำนักงานอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 2547. **ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร**. กรุงเทพฯ : กระทรวงสาธารณสุข.
- สุทัศน์ สุระวัง, ไพโรจน์ วิริยจารี และ ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2541. **โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์แฮมมั่งสวิร์ตี**. รายงานผลงานฉบับสมบูรณ์. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุมนธา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ และกมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ. 2543. **ปัจจัยที่มีบทบาทต่อสมบัติทางหน้าที่ของแปงบุกและการนำไปใช้ประโยชน์**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2540. การผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำจากแปงบุก. **อาหาร**. 27: 36-43.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2541. **การปรับปรุงกระบวนการผลิตไส้กรอกหมู หมูยอ และไกยอไขมันต่ำจากแปงบุก**. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- อุมาพรศิริพินท์. 2546. **เอกสารประกอบการสอนวิชาทอ470 เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- อมรรัตน์ ถนนแก้ว, ถาวรจันทโชติและ 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., Saghira, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Adler-Nissen J. 1979. "Determination of the degree of hydrolysis of food proteinhydrolysates 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**. 16<sup>th</sup> 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**. 18<sup>th</sup> 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.
- 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 properties of 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.
- Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. "Microsomal lipid peroxidation". **Methods Enzymol**. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Carballo, J., Barreto, G., and Jimenez-Camenero, F. 1995. "Starch and egg white influence on properties of bologna sausage 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 konjacmannan: 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.
- De Vuyst, L., and Vandamme, E. J. 1994. "Lactic acid bacteria and bacteriocins: their practical importance". in De Vuyst, L. andVandamme, 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. **Compendium of method for the microbiological examination of food**. Washington, DC : American Public Health Association.
- Drewnowski. 1992. "Sensory properties of fats and fat replacements". **Nutrition 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. andBou 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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.
- Huang, L., Takahashi, R., Kobayashi, S., Kawase, T. and Nishinari, K. 2002. "Gelation behavior of native and acetylated konjac glucomannan". **Biomacromolecules**. 3 : 1296-1303.
- Imeson, A. 1997. **Thickening and gelling agents for food** .2<sup>th</sup> 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** 2<sup>ed</sup>. Cambridge :Woodhead.
- Ingham, C.J., Sprengels, A., Bomer, J., Molenaar, D., Van Den Berg, A., Van HylckamaVlieg JETandDe 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., Cofrades, S., Herrero, A.M., Solas, M.T. and Ruiz-Capillas, 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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-culatingmiRNA profiles in patients with metabolic syndrome”. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 97 : 2271–2276.
- 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 fermentation 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 bactericophage T4”. **Nature**. 227 (5259) : 680-685.
- Lee, K-S. andDunton, K.H. 1997. “Effects of in situ light reduction on the maintenance, growth and partitioning of carbon resources in *Thalassia testudinum* Banks 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 Chinese-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.
- 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.andPfanner, 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 replacers 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 Colloids**. 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 2<sup>nd</sup> 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. 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 :CRC Press.
- 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 Arvatinyannis, I.S. 2000. "Optimization of salt, Olive 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 Meson, 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 konjacglucomannandeacrylation on the properties of gels formed from mixtures of kappa carrageenan and konjacglucomannan". **Carbohydrate Polymer**. 5 : 367-376.
- Ray, B. 2004. **Fundamental food Microbiol.** 3<sup>rd</sup>. 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.
- 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., Craig 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 important 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 potential use in mince fish restructuring”. **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 Sardinapilchardus* at 3°C”. **Journal of the Science of food and Agriculture**. 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 3<sup>rd</sup> ed**. New York : Academic Press.
- Thomas, W.R. 1997. Konjac gum. in Imsen, A. (ed.). **Thickening and gelling agents for food** 2<sup>nd</sup> ed. London : Blackie Academic and Professional.
- Toba, S., Hirano, Y. and Tokita, T. 1987. **Konjacmannan contain reversible gel**. U.S. Patent. 4,676,976. 8 p.
- 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/](http://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/). สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Verbeken, D.; Dierckx, S. and Dewettinck, K. 2003. "Exudate gums: Occurrence, production, and applications". **Applied Microbiology and Biotechnology**. 63 : 10-21.
- Virgili, R., Saccani, G., Gabba, L., Tanzi E. and Bordini, C. 2007. "Change of free amino acids and biogenic amines during extended ageing of Italian dry-cured ham". **Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-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 Perlim Tan Indiana**. 5 : 100-107.
- Warriss P.D. 2000. **Meat science: An introductory text**. Cambridge : CAB International, Cambridge University Press.
- Whistler, 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 konjac glucomannan with different molecular weights". **Food Hydrocolloids**. 13 : 227-233.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
เลขที่ 036  
วันที่ 4 มิ.ย. 2561  
เวลา 11.45 น.

16 ส.ค. 2561/อ.1026  
17 ม.ค. 2561 : 7

ส่วนงาน คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร หน่วยวิจัย โทร 27181

ที่ ศธ 6905/1052

วันที่ 13 ธันวาคม 2560

หน้าห้องอธิการบดี  
เลขรับ 7.2/1  
18 มิ.ย. 2561

เรื่อง ขออนุมัติจัดโครงการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ Food Innovation Asia Conference 2018

เรียน อธิการบดี

ด้วย สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย (FoSTAT) The Federal of Institute of Food Science and Technology in ASEAN (FIFSTA) และสมาคมสภาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร (AIAC) ได้กำหนดให้มีการประชุมวิชาการประจำปี 2561 เพื่อประชุมวิชาการและแสดงผลงานทางวิชาการของอาจารย์ นักวิจัย และนักศึกษาทั้งในและต่างประเทศ โดยจัดให้มีการหมุนเวียนกันเป็นเจ้าภาพระหว่างมหาวิทยาลัยในกรุงเทพมหานคร และต่างจังหวัด ซึ่งในปี 2561 คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้รับเกียรติให้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุม ครั้งที่ 20 Food Innovation Asia Conference 2018 ภายใต้หัวข้อ "Creative Food for Future and Sustainability" ระหว่างวันที่ 14-16 มิถุนายน 2561 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ (รายละเอียดดังเอกสารแนบ) โดยมีมติเห็นชอบอนุมัติจัดประชุมวิชาการฯ จากที่ประชุมคณะกรรมการประจำคณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร ครั้งที่ 4/2560 วันที่ 26 มิถุนายน 2560 ดังนั้น เพื่อให้การประชุมวิชาการดังกล่าวบรรลุวัตถุประสงค์จึงขออนุมัติดำเนินการ ดังนี้

1. ขออนุมัติจัดโครงการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ Food Innovation Asia Conference 2018 ระหว่างวันที่ 14-16 มิถุนายน 2561 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กรุงเทพฯ โดยเบิกค่าใช้จ่ายจากงบประมาณรายจ่ายเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 แผนงาน พื้นฐานด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคน ผลผลิต ผู้สำเร็จการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี งบรายจ่ายอื่น
2. ขออนุมัติให้ผู้เข้าร่วมประชุมจากส่วนราชการและส่วนงานต่างๆที่ได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้ว สามารถเข้าร่วมประชุมได้โดยไม่ถือเป็นวันลาและมีสิทธิเบิกค่าใช้จ่ายต่างๆจากต้นสังกัดได้
3. ขออนุมัติใช้ตราสัญลักษณ์ของมหาวิทยาลัยในการประชาสัมพันธ์โครงการประชุมวิชาการดังกล่าวร่วมกับหน่วยงานภายนอก

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ จะขอพบพระคุณยิ่ง

เรียน อธิการบดี

เพื่อโปรดพิจารณา

16 ม.ค. 61

16 ม.ค. 61

16 ม.ค. 61

16 ม.ค. 61

รักษาการแทน

อนุมัติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุษา เขาวนลิขิต)

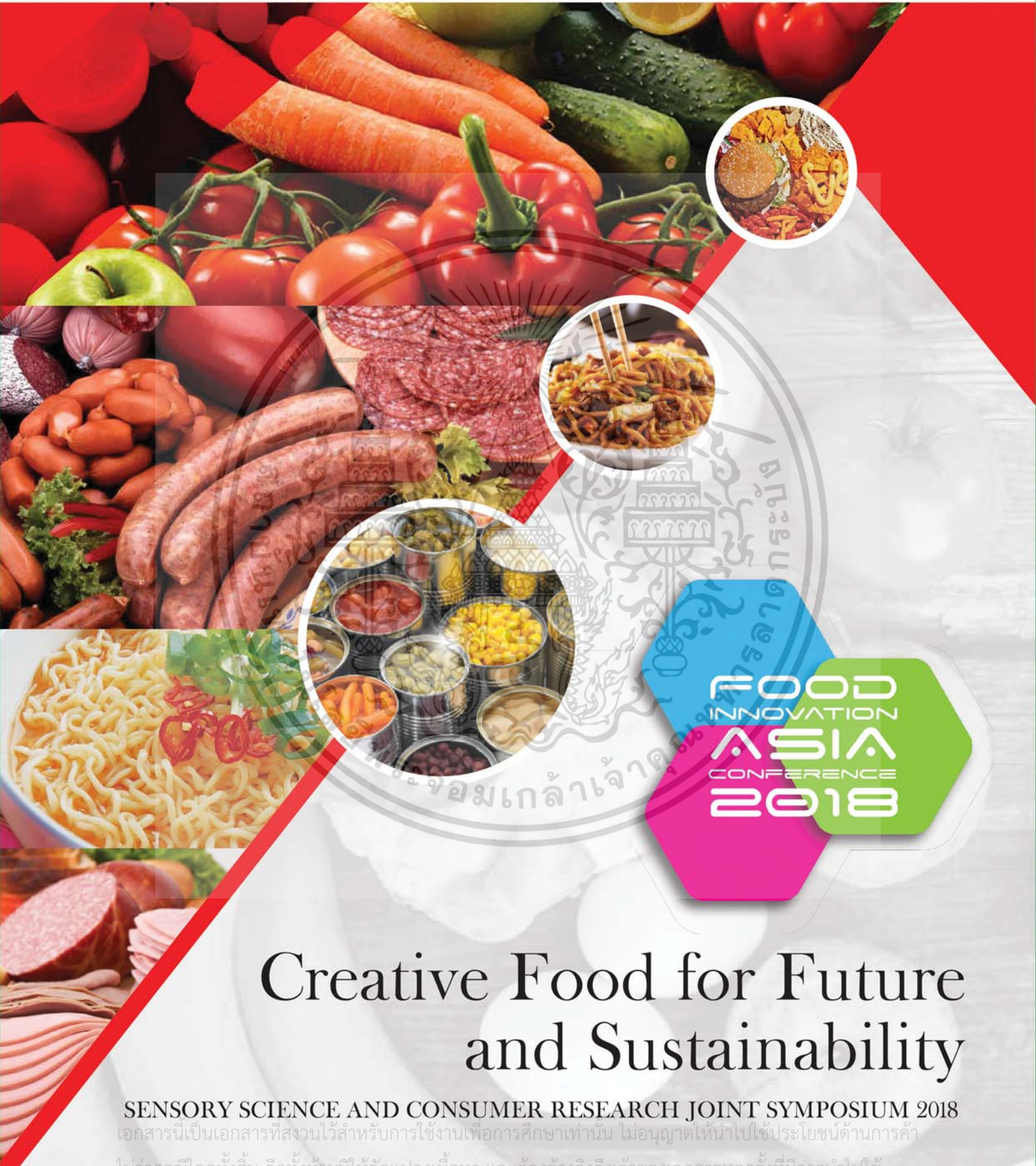
คณบดีคณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18 ส.ค. 2561

# PROCEEDINGS

The 20<sup>th</sup> FOOD INNOVATION ASIA CONFERENCE 2018 (FIAC 2018)  
14-16 JUNE 2018



## Creative Food for Future and Sustainability

SENSORY SCIENCE AND CONSUMER RESEARCH JOINT SYMPOSIUM 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังขอให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)  
14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

# FOOD INNOVATION ASIA CONFERENCE 2018

“Creative Food for Future and Sustainability”

June 14-16, 2018

BITEC, BANGKOK, THAILAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

**Conference Program**

<b>DAY 1</b>	<b>PLENARY SESSION (Grand Hall)</b>	
<b>08.30 - 09.20</b>	<b>Registration</b>	
09.20 - 10.00	<b>OPENING CEREMONY</b> <b>By H.E. Mr. Ampol Senanarong</b> A former privy councilor during the reign of King Bhumibol Adulyadej (King Rama 9) Awards ceremony & Group photograph	
10.00 - 10.30	Coffee break	
10.30 - 11.00	<b>Keynote Speech 1: Predicting the Quality Changes in Foods During Processing Using Innovative Tools</b> By Prof. Dr. Pawan Singh Takhar University of Illinois at Urbana-Champaign, USA	
11.00 - 11.30	<b>Keynote Speech 2: Mind the Gap: The Need for Optimal Dietary and Nutritional Guidelines for Infant and Young Children Age 6 Months to 5 Years in the Context of Rising Childhood Obesity</b> By Dr. Nazanin Zand Fard University of Greenwich, England	
11.30 - 12.00	<b>Keynote Speech 3: Electrodialysis and Its Application for the Production of Low-Sodium Fish Sauce: From Laboratory to Commercial Reality</b> By Prof. Dr. Sakamon Devahastin King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand (Ajinomoto Award for Outstanding Food Science & Technology Researcher Winner 2018)	
12.00 - 13.30	Lunch	
<b>13.00 - 14.00</b>	<b>Poster Session 1</b>	
	Room 1:	Room 2:
	<b>Division A: Food Chemistry, Nutrition, and Analysis</b> Chair: Asst.Prof.Dr. Suched Samuhasaneetoo, Silpakorn University Co-Chair: Asst.Prof.Dr. Teerarat Itthisoponkul, Srinakharinwirot University	<b>Division B: Food Processing and Engineering</b> Chair: Assoc.Prof.Dr. Warangkana Sompongse, Thammasat University Co-Chair: Dr. Saowaluk Rungchang, Naresuan University and Asst. Prof. Dr. Srivikorn Ditusompo, Srinakharinwirot University
13.30 - 14.00	<b>Invited Speaker: The efforts of food support to sports by food company in Japan (nutritional</b>	<b>Invited Speaker: Innovation trends in the food industry and research in Asia</b> By Dr. Binghuei Barry Yang

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

	<p><b>education, ergogenic aid development</b>                  By Ms. Nori Karasawa                  NH Foods Ltd R&amp;D Center,                  Japan</p>	<p>Food Industry Research and Development Institute, Taiwan</p>
14.00 - 14.30	<p><b>Invited Speaker: Chemopreventive effects of bioactive phytochemicals on chronic inflammation-associated human diseases</b>                  By Prof. Dr Min-Hsiung Pan                  Institute of Food Science and Technology, National Taiwan University, Taiwan</p>	<p><b>Invited Speaker: Precision Food Processing: Addressing consumer demands for quality and safety through model building</b>                  By Prof. Dr. Alonzo A. Gabriel                  University of the Philippines Diliman, Philippines</p>
14.30 - 15.00	<p><b>Invited Speaker: Development of an emulsion system for delivery of Docosahexaenoic acid</b>                  By Dr. Nazanin Zand Fard                  University of Greenwich, England</p>	<p><b>Invited Speaker: Multiscale Modeling of Fluid Transport and Quality Changes in Food Materials</b>                  By Prof. Dr. Pawan Singh Takhar                  University of Illinois at Urbana-Champaign, USA</p>
15.00-15.30	Coffee break	Coffee break
15.30-17.10	<p><b>15.30-16.00 Invited Speaker: Functional properties of casein in food products</b>                  By Maureen McFerson Hadden                  Leprino Foods                  Technical Manager Asia Pacific</p> <p>16.00-16.20 AOP197                  The effect of thermal processing on the chlorogenic acid content of Arabica and Robusta canned coffee                  By Ms. Pimonpan Pengsuriya</p>	<p>15.30-15.50 BOJ17                  Effect of Oscillating Magnetic Field on Freezing Rate and Phase Transition Time of Deionized Water                  By Ms. Pakjira Jarulertwattana</p> <p>15.50-16.10 BOP54                  Effect of Some Chemical Solutions during Pretreatment and Different Freeze Drying Conditions on Quality of Mango                  By Ms. Peraporn Keawpoolphol</p> <p>16.10-16.30 BOP58                  Effects of inlet air temperature, gum arabic and corn flour on physical properties of spray dried corn milk powder                  By Mr. Apidech Pongprajak</p> <p>16.30-16.50 BOP137</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษายกเว้นกรณีอื่น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ iv ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14-16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

		Effect of Different Drying Methods on Drying Characteristics and the Properties of Chicken Breast Meat Powder By Ms. Sasiporn Kongcharoeniwat  16.50-17.10 BOP199 Effect of Fat Content on Physical Properties of Extruded Dog Food By Mr. Pattacharapol Thongkum
--	--	--

	<b>Room 3: 216-217</b>	<b>Room 4: 219</b>
	<b>Division (C) Food Product Development, Sensory, and Consumer Science Research and Sensory and Consumer Research Joint Symposium 2018</b> Chair: Assoc.Prof.Dr. Hathairat Rimkeeree Kasetsart University Co-Chair: Asst. Prof. Dr. Sajee Suwansri, Naresuan University	<b>Division (D) Food Microbiology, Food Biotechnology, Fermentation</b> Chair: Prof.Dr. Warawut Krusong, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Co-Chair: Assoc. Prof. Dr. Teeraporn Kongbangkerd, Naresuan University
13.30 - 14.00	<b>Invited Speaker: Innovative Food Commercialization for Start-Up: what to expect and how to prepare for sustainable business</b> By Dr. Jareer Mansour Abu-Ali ASEAN-American Industrial Food Consulting Center, Naresuan University, Thailand	<b>Invited Speaker: Photodynamic technology for inactivation of foodborne pathogen</b> By Prof. Dr. Shuze Tang Department of Food Science and Engineering, Jinan University, China
14.00 - 14.30	<b>Invited Speaker: Contextual Influence on The Motivations of Everyday Food Choices: Meals versus Snacks</b> By Dr. Uyen Thuy Xuan Phan Institute of Biotechnology and Food Technology, Industrial, University of Ho Chi Minh City, Vietnam	<b>Invited Speaker: Yeast carotenoids in food industry</b> By Prof.Dr. Savitree Limtong Kasetsart University, Thailand
14.30 - 15.00	<b>14.30-15.00 Invited Speaker: Sensory Support for Creative</b>	14.30-14.50 DOP16

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
**14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand**

	<b>Foods for Future and Sustainability</b> By Dr. Phodchanee Phongpangan Food Innovation Center, Better Foods Company limited, Samut Sakhon, Thailand	Identification of Spoilage Microorganisms in Ready-To-Eat Sausage by MALDI-TOF MS By Ms. Kamontip Sangnark
15.00-15.30	Coffee break	Coffee break
15.30 -16.30	15.30-15.50 Invited Speaker: Beyond traditional ways of clean label foods: Clean label products next-generation By Dr. Wannita Jirangrat Thai Union Group, Thailand  15.50-16.10 COP188 Factors Influencing Bakery Shop Selection of Consumer in Bangkok Using Means End Chain Theory By Ms. Pharawee Charoenkool  16.10-16.30 COJ166 Effect of fermentation on the properties of porridge from Cycas flour (Cycas circinalis. L). By Mrs. NOORA BEEVI K. P.	15.30-15.50 DOJ66 The effect of alkali pretreatment and acid debranching on rice husk, rice straw, and defatted rice bran for xylobiose production by commercial xylanases By Mr. Pannapapol Jaichakan  15.50-16.10 DOP120 Molecular characterization of commercial yoghurt and kefir products in Thailand using 1H-NMR based metabolomics By Ms. Aunchisa Kuntaveesuk  16.10-16.30 AOP214 Development of antimicrobial nanoemulsions encapsulating clove oil for the preservation of Paneer By Dr. Minaxi Sharma
16.30-17.30	<b>Thailand Sensory Network Meeting</b>	

16.30-18.00	<b>Room 5: 222</b>
	<b>FIFSTA Annual Meeting</b>

<b>DAY 2</b>	<b>PLENARY SESSION (Joined Room 214-215)</b>
<b>08.30 - 09.00</b>	<b>Registration</b>
09.00 - 09.25	<b>Keynote Speech 4: Sensory and Consumer Research: Practical Applications in Sodium Reduction</b> By Prof. Dr. Witoon Prinyawiwatkul, Louisiana State University, USA
09.25 - 09.50	<b>Keynote Speech 5: Food Waste, Food Packaging and Sustainability: What are the Options?</b>

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

	By Prof. Dr. Gordon L. Robertson School of Agriculture and Food Science, University of Queensland, Brisbane, Australia	
09.50 - 10.15	<b>Keynote Speech 6: New Challenges for Meat Safety in China</b> <b>By Prof. Dr. Shuze Tang</b> Department of Food Science and Engineering, Jinan University, China	
10.15 - 10.30	Coffee break	
	<b>Room 1: 216-217</b>	<b>Room 2: 214-215</b>
	<b>Division (C) Food Product Development, Sensory, and Consumer Research and Sensory and Consumer Research Joint Symposium 2018</b> Chair: Assoc.Prof.Dr. Hathairat Rimkeeree Kasetsart University Co-Chair: Asst.Prof. Dr. Sajee Suwansri, Naresuan University	<b>Division (E) Related Topics (Food Packaging, Food Safety &amp; Quality, Food Laws &amp; Regulations, Food Policy, etc.)</b> Chair: Asst.Prof. Dr. Chaleeda Borompichaichartkul Chulalongkorn University Co-Chair: Asst.Prof.Dr. Nawadon Petchwattana and Dr. Paramaporn Kerdsap, Srinakharinwirot University
10.30 - 11.00	<b>Invited Speaker: Challenges Facing Gluten-Free Baked Products - Consumer Liking, Emotion, and Purchase Intent: A Case of Gluten-Free Reduced-Sugar Banana Muffin</b> By Prof. Dr. Witoon Prinyawiwatkul, Louisiana State University, USA	<b>Invited Speaker: How Thailand is removing trans fat from its diet</b> By Prof. Dr. Visith Chavasit Institute of Nutrition, Mahidol University, Thailand
11.00-11.30	<b>Invited Speaker: Practical and Sustainable Sensory Program in Food Manufacturing</b> By Dr. Siriporn Pipatsattayanuwong Chua InnoFresh Co., Ltd., Thailand	<b>Invited Speaker: Recent Trends and Innovations in Food Packaging</b> By Prof.Dr Gordon L. Robertson School of Agriculture and Food Science, University of Queensland, Brisbane, Australia
11.30 -12.00	<b>Invited Speaker: A Comparison of Children's Food Preferences in Different Cultures: An Example in Tanzania and the U.S. with Fortified Blended Foods</b>	<b>Invited Speaker: Conventional and Bio Plastics for food packaging</b> By Dr. Pisuth Lertvilai Multibax Public Company, Thailand

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

	By Dr. Sirichat Chanadang, Srinakharinwirot University, Thailand	
12.00 - 13.30	Lunch	
<b>13.00 -14.00</b>	<b>Poster Session 2</b>	
	<b>Room 1:</b>	<b>Room 2:</b>
	<b>Division A: Food Chemistry, Nutrition, and Analysis</b> Chair: Asst.Prof.Dr. Suched Samuhasaneetoo Silpakorn University Co-Chair: Asst.Prof.Dr. Teerarat Itthisoponkul, Srinakharinwirot University	<b>Division (E) Related Topics (Food Packaging, Food Safety &amp; Quality, Food Laws &amp; Regulations, Food Policy, etc.)</b> Chair: Asst.Prof. Dr. Chaleeda Borompichaichartkul, Chulalongkorn University Co-Chair: Asst.Prof.Dr. Nawadon Petchwattana and Dr. Paramaporn Kerdsap, Srinakharinwirot University
13.30 - 15.00	<p>13.30-13.50 AOJ183 Effect of Pineapple Shell Extract at Different Extraction Conditions on Inhibition of Banana Polyphenol Oxidase Activity By Mr. Muhammad Faiq</p> <p>13.50-14.10 AOJ208 <i>In- vitro</i> analysis of <i>Murraya koenigii</i> leaf extracts by using various solvents By Ms. Vandana Sablania</p> <p>14.10-14.30 AOJ106 Effect of extraction solvents on bioactive compounds and antioxidant capacities of skin, seed, and flesh extracts of Taiwanese Kyoho grapes (<i>Vitis labrusca</i>) By Mr. Kandi Sridhar</p> <p>14.30-14.50 AOP108 Characteristic and functional properties of cereal soluble fiber extracted by pressured-assisted heating By Ms. Pawiboon Supattanakul</p>	<p><b>13.30-14.00 Invited Speaker:</b> <b>Innovation in co-extruded thermoformed containers</b> Seng Kee CHIN Managing Director, Creapack Asia Pte Ltd, Singapore</p> <p><b>14.00-14.30 Invited speaker: Safety fruit using plasma technology</b> Asst.Prof.Dr. Yuthana Phimolsiripol Director, Food Innovation and Packaging Center, Chiang Mai University, Thailand</p> <p>14.30-14.50 EOJ180 Association of organophosphate contamination in blood of vegetable farmers with their knowledge and behaviors By Dr. Kukiatt Tudpor</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14-16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

15.00-15.30	Coffee break	Coffee break
15.30 -16.30	15.30-15.50 AOP161 Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in ‘Nanglae’ Pineapple Juice as Affected by UV-C Radiation and Heat Treatment By Ms. Nuntawan Chuensombat	<b>Division (C) Food Product Development, Sensory, and Consumer Research and Sensory and Consumer Research Joint Symposium 2018</b> Chair: Assoc.Prof. Dr. Hathairat Rimkeeree, Kasetsart University Co-Chair: Asst. Prof. Dr. Sajee Suwansri, Naresuan University
	15.50-16.10 AOP187 Effects of aging egg white on quality of macaron shell By Ms. Nathinee Chiralaksanakul	15.30-15.50 COP69 Tourist variety seeking behavior in food consumption - a case study: Vojvodina province (Serbia) By Ms. Marijapramuan Cimbaljević
		15.50-16.10 COP109 Raw Material Specification of Dried Durian Syrup Infused Toddy Palm Snack By Ms. Pimchanok Lawhiranthaworn
	16.10-16.30 COJ35 Preference Mapping of Mung Bean Sprouts and Sunflower Sprouts for	
	<b>Room 3: 218</b>	<b>Room 4: 219</b>
<b>10.30-12.00</b>	<b>Food Science Academic Session By AIAC</b>	<b>ORAL PRESENTATION COMPETITION (OPEN SESSION) (10.20-10.23) Introduction</b>
12.00 - 13.30	Lunch	
<b>13.00 -14.00</b>	<b>Poster Session 2</b>	
13.30-15.00	<b>AOAC session: Update on FSMA PCHF and Its Impact</b> by Assoc.Prof.Dr. Pravate Tuitemwong Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi	<b>ORAL PRESENTATION COMPETITION</b>
15.00 - 15.30	Coffee break	
15.30-16.30	<b>AOAC session: Update on FSMA PCHF and Its Impact</b>	<b>ORAL and POSTER Awards PRESENTATION</b>

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

	by Assoc.Prof.Dr. Pravate Tuitemwong Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi	
--	--	--

	<b>Grand Hall 203</b>	
<b>DAY 2</b>	<b>Student Chapter I</b>	
10.30 - 16.00	Food Innovation Contest 2018 Theme: Local Identity to health Product	
<b>DAY 3</b>	<b>Student Chapter II</b>	
	Room 1: Grand Hall 202-203	Room 1: Grand Hall 202-203
<b>09.00 - 16.30</b>	<b>FoSTAT- Nestlé Quiz Bowl 2018 (Screening Round)</b>	<b>FoSTAT- Nestlé Quiz Bowl 2018 (Final Round)</b>
	Division F: Industrial session	
	Room 2: 211-212	
<b>09.00 - 12.00</b>	<p><b>Division (F) Food Innovation and Regulation Network meeting</b></p> <p><b>“Health Claim กล่าวอ้างอย่างไรให้ Win-Win” (ถูกกฎหมาย มีทิศทาง สื่อสารถูกต้อง)</b>                      - หลักเกณฑ์และแนวทางสำหรับผู้ประกอบการ Functional Food ในการขออนุญาตกล่าวอ้างทางสุขภาพ                      โดย คุณจิรารัตน์ เทสะศิลป์ นักวิชาการอาหารและยาชำนาญการพิเศษ                      สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา</p> <p><b>- Innovation of Functional Food &amp; Health Claim Navigation</b>                      โดย ศ.ดร. ภาวิณี ชินะโชติ ประธาน โครงการ FIRN</p> <p>เสวนา เรื่อง <b>“Food Fraud การหลอกลวงด้านอาหาร”</b>                      ดำเนินการเสวนา: ศ.ดร. ภาวิณี ชินะโชติ ประธานโครงการ FIRN                      - หลอกลวง ไอ้อวด อ้างอิง: มุมมองการพิจารณาข้อกล่าวอ้างทางสุขภาพและกรณีตัวอย่าง                      โดย ดร. ชลัท ศานติวรางคณา</p> <p>ศูนย์นวัตกรรมและการอ้างอิงด้านอาหารเพื่อโภชนาการ สถาบันโภชนาการ                      มหาวิทยาลัยมหิดล</p> <p><b>- เครื่องมือเพื่อการเฝ้าระวังการโฆษณาผลิตภัณฑ์สุขภาพที่ผิดกฎหมาย</b></p>	

**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
 14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

	โดย คุณศรารุช คงยัง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ - บทบาทสื่อกับข้อมูลสุขภาพ จริง-ลวง/ ถูก-ผิด โดย คุณพีรพล อนุตรโสคติ ผู้ผลิตและพิธีกรรายการ “ชัวร์ก่อนแชร์”
	Room 3: 222
<b>10.00 - 15.00</b>	<b>Division (F) Food business clinic</b>





**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

## **FOOD INNOVATION ASIA CONFERENCE 2018**

**“Creative Food for Future and Sustainability”**

**June 14-16, 2018**

**BITEC, BANGKOK, THAILAND**

### **ABOUT THE CONFERENCE**

The conference will provide opportunity to meet and share experiences as well as strengthen networking among international food scientists and scientists in related fields from academia, government and food industries. The objective is to highlight significant developments in research and innovations in food science and technology with an emphasis on *Creative Food for Future and Sustainability*. The conference will feature a series of presentations and discussions in plenary, concurrent and poster sessions, informal gatherings, competitions and exhibitions.

Division (A) Food Chemistry, Nutrition, and Analysis

Division (B) Food Processing and Engineering

Division (C) Food Product Development, Sensory, and Consumer Research

Division (D) Food Microbiology, Food Biotechnology, Fermentation

Division (E) Related Topics (Food Packaging, Food Safety & Quality, Food Laws & Regulations, Food Policy, etc.)

Division (F) Industrial session

### **CONCURRENT EVENTS**

- ProPak ASIA 2018
- FoSTAT - Nestlé Quiz Bowl 2018
- Food Innovation Contest 2018 (final round)
- FIFSTA Annual meeting
- AIAC Annual meeting
- Food Innopolis & Food Business Clinic

### **ORGANISERS**

- Food Science and Technology Association of Thailand (FoSTAT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

- Agro-Industry Academic Council Association (AIAC)
- Naresuan University
- Srinakharinwirot University
- AOAC Thailand Section
- National Science Technology and Innovation Policy Office (STI)

**SUPPORT BY**

- UBM Asia (Thailand)
- The Federation of the Institute of Food Science and Technology in ASEAN (FIFSTA)

**ORGANIZING COMMITTEE**

- Professor.Dr. Pavinee Chinachoti (Chair) Thailand
- Assistant Professor Dr. Tanaboon Sajjaanantakul (Vice Chair) Thailand
- Assistant Professor Dr. Anadi Nitithamyong Thailand
- Miss. U-sarat Bunnag Thailand
- Associate Professor Dr. Saiwarun Chaiwanichsiri Thailand
- Assistant Professor Dr. Worasit Tochampa Thailand
- Assistant Professor Dr. Arusa Chaovanalikit Thailand
- Assistant Professor Dr. Supawan Thawornchinsombut Thailand
- Associate Professor Dr. Jirawat Yongsawatdigul Thailand
- Ms. Daw Win Win Kyi Republic of the Union of Myanmar
- Dr. Ir. Rindit Pambayun Republic of Indonesia
- Ms. Viengxay Vansilalom Lao People's Democratic Republic
- Dr. Hasimah Hafiz Ahmad Malaysia
- Dr. Lotis Francisco Republic of the Philippines
- Mr. Richard Khaw Republic of Singapore
- Dr. Luu Dzuan Socialist Republic of Vietnam
- Mr. Kong Thong Kingdom of Cambodia
- Dr. Alastair Hicks Commonwealth of Australia
- Miss. Shisa Wiboonchat (Secretary) Thailand



**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

**SCIENTIFIC COMMITTEE**

- Associate Professor Dr. Saiwarun Chaiwanichsiri (Chair)
- Associate Professor Dr. Jirawat Yongsawatdigul (Vice Chair)
- Assistant Professor Dr. Arusa Chaovanalikit
- Assistant Professor Dr. Worasit Tochampa
- Assistant Professor Dr. Phisut Naknaen
- Dr. Nattha Pensupa
- Dr. Jetsada Wichaphon
- Dr. Phantipha Charoenthaikij
- Dr. Ulisa Pachekreapol
- Associate Professor Dr. Suntaree Suwonsichon (Secretary)
- Assistant Professor Dr. Kitipong Assatarakul (Secretary Assistant)

**FIAC Scientific Division**

**(A) Food Chemistry, Nutrition, and Analysis**

- Assistant Professor Dr. Suched Samuhasaneetoo (Chair)
- Assistant Professor Dr. Teetarat Itthisoponkul (Vice Chair)
- Assistant Professor Dr. Kiattisak Duangmal
- Assistant Professor Dr. Utai Klinkesorn
- Assistant Professor Dr. Phisut Naknaen

**(B) Food Processing and Engineering**

- Associate Professor Dr. Warangkana Sompongse (Chair)
- Dr. Saowaluk Rungchang (Vice Chair)
- Associate Professor Dr. Jirarat Anantagool
- Dr. Peamsuk Suvarnakuta
- Assistant Professor Dr. Savitree Ratanasumawong

**(C) Food Product Development, Sensory, and Consumer Research**

- Associate Professor Dr. Hathairat Rimkeeree (Chair)
- Assistant Professor Dr. Sajee Suwansri (Vice Chair)
- Assistant Professor Dr. Parinda Penroj
- Assistant Professor Dr. Varapha Kongpensook
- Dr. Phantipha Charoenthaikij



**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
14–16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand

**(D) Food Microbiology, Food Biotechnology, Fermentation**

- Professor Dr. Warawut Krusong (Chair)
- Associate Professor Dr. Teeraporn Kongbangkerd (Vice chair)
- Associate Professor Dr. Sumate Tantratian
- Assistant Professor Dr. Ornin Prachaiyo
- Dr. Orachorn Mekkerdchoo

**(E) Related Food Topics (Food Packaging, Food Safety & Quality, Food Laws & Regulations, Food Policy, etc.)**

- Assistant Professor Dr. Chaleeda Borompichaichartkul (Chair)
- Assistant Professor Dr. Nawadon Petchwattana (Vice Chair)
- Dr. Paramaporn Kerdsup (Vice-Chair)
- Associate Professor Dr. Thawean Wittaya
- Assistant Professor Dr. Chitsiri Rachtanapun

**Competition Committee**

**(1) Poster Presentation Competition Committee**

- Associate Professor Dr. Jirawat Yongsawatdigul (Chair)
- Associate Professor Dr. Borwonsak Leenanon
- Associate Professor Dr. Weerachet Jittanit
- Assistant Professor Dr. Orn-in Prachaiyo
- Dr. Sirichat Chanadang
- Dr. Kannapon Lopetcharat
- Associate Professor Dr. Manat Chaijan (Secretary)

**(2) Oral Presentation Competition Committee**

- Associate Professor Dr. Wanna Choorit (Chair)
- Assistant Professor Dr. Soisuda Pornpukdeewattana
- Assistant Professor Dr. Panida Ratanapitikorn
- Assistant Professor Dr. Ratchanee Charoen
- Associate Professor Dr. Nantawan Terdthai
- Assistant Professor Dr. Monthana Weerawatthanakorn (Secretary)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และข้ขังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**The 20<sup>th</sup> Food Innovation Asia Conference 2018 (FIAC 2018)**  
**14-16 June 2018, BITEC, Bangkok, Thailand**

	Page
APP158 - Free radical scavenging and anti-proliferative activities of protein hydrolysate from sea grapes ( <i>Caulerpa lentillifera</i> ) .....	122
APP169 - Nutritive value and sensory analysis of developed egg white main dish and dessert recipes for patients in Yingo Hospital .....	130
APP198 - Fatty Acid Compositions and Bioactive Compounds of Rice Bran Oil and Products from Dry Fractionation .....	135
APP202 - Effect of Deveining Process on the Qualities of White Shrimp Gel .....	142
APP204 - Influence of Microbial Transglutaminase on Physicochemical and Gel Properties of Mung Bean Protein Isolate .....	150
APP210 - Effect of Decaffeination Methods on Coffee Bean Properties, Antioxidant Activity, and Aroma Profile .....	158
 <b>Division B: Food Processing and Engineering</b>	
BOP54 - Effect of Some Chemical Solutions during Pretreatment and Different Freeze Drying Conditions on Quality of Mango .....	166
BOP58 - Effects of Inlet Air Temperature, Gum Arabic and Corn Flour on Physical Properties of Spray Dried Corn Milk Powder .....	172
BOP137 - Effect of Different Drying Methods on Drying Characteristics and the Properties of Chicken Breast Meat Powder .....	181
BOP199 - Effect of Fat Content on Physical Properties of Extruded Dog Food .....	189
BPP26 - Effect of Glucomannan Content in Konjac Flour on Quality of Konjac Gel used for Fat Analog in Meat Product .....	195
BPP27 - Konjac Gel Developed for Use as Fat Analogue in Meat Product: Effect of Chilled Storage on Quality of Konjac Gel .....	202
BPP74 - Effect of Calcium and Sodium Chloride Treatment by Vacuum Impregnation Technique on Fresh-Cut Pineapple Quality .....	207
BPP114 - Effect of Centrifugation to Inhibit Tea Cream in Concentrated Black Tea with Different Concentration .....	222
BPP132 - Survey and decontamination of microbial load in raw materials of red curry paste product in Songkhla province .....	232
BPP138 - The guidelines for green tea production from fresh miang tea leaf ( <i>Camellia sinensis</i> var. <i>assamica</i> ) for community level .....	238
BPP172 - Glass Transition and Onset Melting Temperature of the Maximally Freeze Concentrated State of Mango Juice .....	248

## Effect of Glucomannan Content in Konjac Flour on Quality of Konjac Gel used for Fat Analog in Meat Product

Supaluk Sorapakdee<sup>1\*</sup>, Sujitta Jansa<sup>1</sup> and Pussadee Tangwatcharin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

\*Corresponding Author:  
supaluk.so@kmitl.ac.th  
Tel.: +662-329-8000 Ext. 6052

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the effect of glucomannan content on quality of konjac gel prepared for use as fat analog in meat product. Glucomannan content in 4 different konjac flour samples including konjac A (KF-A), konjac B (KF-B), konjac C (KF-C), and konjac D (KF-D) was quantified. The results showed that the glucomannan content in these konjac flour ranging from 70.42 to 88.67% in which KF-D had the highest glucomannan content, followed by KF-C, KF-B, and KF-A, respectively ( $P < 0.05$ ). These konjac flours were formulated with other ingredients, mixed, and formed into konjac gel which will use as fat analog in meat product. After evaluating gel quality, konjac flour with higher content of glucomannan resulted in increased lightness as well as decreased redness and yellowness of konjac gel. As a result of gel made from KF-A belonging inferior color in term of lower lightness with higher redness and yellowness than other gels, a lower color liking score as evaluated by panelists was found. On the contrary, the inclusion of KF-C and KF-D in konjac gel decreased some sensorial attributes including flavor and

springiness liking scores. Gel made from KF-B showed a soft and elastic texture which indicated by lower hardness ( $P < 0.05$ ) with good springiness from texture profile analysis and archived a higher flavor liking score as compared to KF-C and KF-D ( $P < 0.05$ ). These preliminary data suggest that KF-B (~78% glucomannan content) was a suitable konjac flour to produce konjac gel for utilizing as fat analog in meat product by providing the appropriate soft and elastic texture with no detrimental impact on color and flavor.

**Keywords:** Konjac, Glucomannan content, Fat analog, Fat replacer, Hydrocolloid

### INTRODUCTION

Meat products such as emulsion meat product (sausage and bologna) and some types of fermented meat (salami and fermented sausage) are generally high in fat content for technological quality and sensory satisfaction. However, these products present some negative health effects because of their high fat. To avoid these problems, konjac flour offers an interesting and are widely used in food formulation to compensate physicochemical changes due to fat reduction (Felix da Silva and others 2016). Studies have shown its efficiency as fat replacer by forming a konjac gel and use as pork backfat replacer in frankfurter frankfurters (Jiménez-Colmenero and others 2010), bologna sausage (Chin and others 2000), fresh sausages (Osburn and Keeton 1994), pork nuggets (Berry and Bigner 1996) or pâté (Delgado-Pando and others 2011).

Konjac glucomannan is a polysaccharide extracted from konjac tuber (*Amorphophallus konjac* K. Koch), a plant native from Asia. It is composed of b-1,4 linked D-mannose and D-glucose, authorized as a food additive in Europe and classified as GRAS (Generally Recognized as Safe) by the FDA (Food and

Drug Administration). This polysaccharide is extracted from the tuber by an extraction or purification process (Prawitwong and others 2007). Several techniques to extract glucomannan from konjac flour can be adopted, but most of these processes are costly and complex (Felix da Silva and others 2016).

The content of glucomannan is a key indicator for evaluating the quality of konjac flour (Byrne 2001, Liu and others 2002). However, at present, there is no globally agreed regulatory standard for konjac flour (Chua and others 2010). To ensure the quality of existing konjac products especially when it produced as fat analog in meat product, the initial steps in the use of konjac flour with varying glucomannan content to make konjac gel fat analog is needed to assess. Therefore, the aim of this paper is to preliminary evaluate the effect of glucomannan content in commercial konjac flour on the quality of konjac gel which will be used as fat analog in meat product.

## MATERIALS AND METHODS

### Konjac flour

The treatment groups included 4 different konjac flour varieties with differing glucomannan content which is commercially available in Thailand. Konjac A (KF-A) represents the lowest purified grade, konjac B (KF-B), konjac C (KF-C), and konjac D (KF-D) were more purer, respectively. These konjac flours were used to determination of glucomannan content. A preliminary study to make konjac gels for use as fat analog in meat product was carried out and the resulting gel quality in term of pH, color, texture, and sensory evaluation were assessed.

### Determination of glucomannan content

The assay of glucomannan (GM) content was performed according to the methods of Liu and others (2002) and Chua and others (2012) based on 3,5-DNS colorimetric assay.

#### *Construction of standard D-glucose and D-mannose calibration curves.*

D-Glucose stock solution (1 mg/ml) was placed (0.40, 0.80, 1.20, 1.60 and 2.00 ml) into 25 ml volumetric flasks, respectively (using DI water as a blank). DI water was then added to the volume of 2.00 ml, followed by the addition of 3,5-DNS (1.50 ml) to each flask. Each mixture was heated for 5 min in a boiling water bath and cooled to room temperature before being diluted to 25 ml with DI water in a volumetric flask. Absorbance was then measured at 550 nm and a plot of the measured absorbance against the glucose content (mg) constructed. A D-mannose standard curve was constructed using the procedure as described for glucose

#### *Preparation of konjac sample solutions and colorimetric reactions.*

Konjac flour (0.2000 g) was added to a magnetically stirred formic acid–sodium hydroxide buffer (0.1 mol/L; 50 ml) and mixed for 4 h at room temperature. The mixture was then diluted with formic acid–sodium hydroxide buffer to 100 ml in a volumetric flask, followed by centrifugation (4500×g, 40 min, 25°C). The konjac sample solution (5.00 ml) obtained was added to a 25 ml volumetric flask followed by the addition of 3 M sulphuric acid (2.50 ml). The resultant solutions were stirred and hydrolyzed for 90 min in a boiling water bath and allowed to cool to room temperature before the addition of 6 M sodium hydroxide (2.50 ml). The solution was then made up to 25 ml with DI water to form the konjac hydrolysate. Both the konjac sample solution and konjac

hydrolysate were subjected to colorimetric reactions (using DI water as a blank). The GM content was determined as follow:

$$\text{GM content (\%)} = \frac{5000f(5T-T_0)}{m} \quad (1)$$

where  $f$  = correction factor,  $T$  = glucose content of konjac hydrolysate (mg),  $T_0$  = glucose content of konjac sample solution (mg) and  $m$  = mass of konjac flour (200 mg).

### Preparation of konjac gel for fat analog

Konjac gel was prepared as the process described by Osburn and Keeton (2004) and Jiménez-Colmenero and others (2010). Briefly, the ingredients of konjac fat analog were formulated as follows; 5% konjac flour, 1% k-carrageenan, 3% corn starch, 0.1%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , and 81% water. After mixing and forming, konjac gel samples were collected for quality analysis.

### pH measurement

The pH of konjac gel was directly measured using portable pH meter at three different location

### Color measurement

The color of the sample was measured in the  $L^*a^*b^*$  mode of CIE by a color measurement spectrophotometer (MiniScan EZ, HunterLab, Reston, VA). Three locations per sample were carried out and the resulting average was used in data analysis, where were expressed as  $L^*$  (lightness),  $a^*$  (redness) and  $b^*$  (yellowness).

### Texture profile analysis (TPA)

Konjac gel was subjected to TPA using an Instron universal testing machine model 3344 with a compression plate surface. Sample was cut into 10 cube samples (25.4×25.4×25.4 mm) and placed on the instrument's

base. TPA textural parameters were measured at room temperature with the following testing conditions: crosshead speed was 60 mm/min and compressed twice to 40% of their original height. The Bluehill 2 software (Instron Engineering Corp., Canton, MA) was used to collect and process the data. TPA analyses were defined and calculated as previously described by (Bourne 1978). Hardness (N), cohesiveness (ratio), gumminess (N), springiness (ratio) and chewiness (N) were calculated from the force-time curves generated for each sample.

### Sensory evaluation

Sensory attributes in regard to color, flavor, hardness, springiness and overall acceptability of the sample, were evaluated by 20 semi-trained panelists using a nine-point hedonic scale. A score ranged from 1 to 9 with the following ratings: 1 = Dislike Extremely 2 = Dislike very much 3 = Dislike moderately 4 = Dislike slightly 5 = Neither like nor dislike 6 = Like slightly 7 = Like moderately 8 = Like very much 9 = Like Extremely. Panelists were served with unsalted cracker and water for refreshing their palates before between samples.

### Statistical analysis

Results were carried out by a one-way analysis of variance. When the significant effect was found, mean values were compared by Duncan's multiple range test (DMRT). Pearson correlation among glucomannan content and pH or color of gels was carried out. These statistical analyses were performed by using the Statistical Package for Social Science (SPSS for Windows Version 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Glucomannan content of konjac flour

Konjac flour (KF) from various sources had different glucomannan content as shown in Table 1, which their glucomannan contents ranged from 70-88%. Glucomannan content of KF-D was the highest and KF-A was the lowest ( $P < 0.05$ ). According to a classification of konjac flour based on glucomannan content adopted by the Chinese Ministry of Agriculture (Liu and others 2002), KF-A, KF-B, and KF-C were classified as the top grade of common konjac flour, which contained glucomannan content more than 70%. KF-D were classified as first grade of purified konjac flour which contained glucomannan content higher than 85%.

Table 1 Glucomannan contents of konjac flour samples and pH of their konjac gel

Konjac flour	Glucomannan content (%)	pH of konjac gel
KF-A	70.42 ± 0.63 <sup>d,†,‡</sup>	8.59 ± 0.11 <sup>c,†</sup>
KF-B	78.33 ± 0.98 <sup>c</sup>	9.03 ± 0.06 <sup>b</sup>
KF-C	81.23 ± 1.45 <sup>b</sup>	8.81 ± 0.06 <sup>bc</sup>
KF-D	88.67 ± 0.74 <sup>a</sup>	10.37 ± 0.21 <sup>a</sup>

† Values are given as means ± SD

‡ Different superscripts in the same row indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

### pH of konjac gel

Regarding pH of konjac gel, KF-D exhibited the highest pH value, while KF-A the lowest pH value ( $P < 0.05$ ) (Table 1). There was a significant correlation between glucomannan content and pH value ( $r = 0.776$ ,  $P < 0.01$ ) (data not shown).

### Color of konjac gel

According to a color of preformed konjac gel, KF-D which possessed the highest glucomannan content yielded gel with the highest lightness value as compared to other gels ( $P < 0.05$ ). In contrast, KF-A which contained the lowest content of glucomannan provided the highest values of redness and yellowness ( $P < 0.05$ ). This evident was confirmed by significant correlations between glucomannan content with  $L^*$  ( $r = 0.759$ ,  $P < 0.01$ ),  $a^*$  ( $r = -0.763$ ,  $P < 0.01$ ), and  $b^*$  ( $r = -0.894$ ,  $P < 0.01$ ) (data not shown). Moreover, these differences could be observed in product image as presented in Fig. 1. Visual color of konjac gel samples were varied depending on their glucomannan content, which a higher of glucomannan content in gel had higher whiteness and less brown color. The color appearance of the visible gel is important for use as a raw material to substitute animal fat in meat product (Jiménez-Colmenero and others 2010). Therefore, the darkest on in such gel made from KF-A should not suitable for use as a fat replacer in meat product.



Figure 1 Konjac gel from different konjac flour types

Table 2 Physical and sensorial properties of konjac gel prepared from different types of konjac flour

Parameters	KF-A	KF-B	KF-C	KF-D
<i>Color</i>				
- Lightness (L*)	37.55 ± 1.94 <sup>b,†,‡</sup>	37.36 ± 1.07 <sup>b</sup>	41.65 ± 1.25 <sup>a</sup>	43.18 ± 0.27 <sup>a</sup>
- Redness (a*)	0.94 ± 0.04 <sup>a</sup>	-2.14 ± 0.09 <sup>d</sup>	-1.36 ± 0.09 <sup>b</sup>	-1.56 ± 0.12 <sup>c</sup>
- Yellowness (b*)	6.66 ± 0.84 <sup>a</sup>	-1.93 ± 0.58 <sup>b</sup>	-1.61 ± 0.28 <sup>b</sup>	-3.16 ± 0.12 <sup>c</sup>
<i>Texture profile analysis</i>				
- Hardness (N)	15.52 ± 2.41 <sup>a</sup>	8.25 ± 0.86 <sup>b</sup>	15.25 ± 2.52 <sup>a</sup>	18.45 ± 4.32 <sup>a</sup>
- Cohesiveness (ratio)	0.67 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.64 ± 0.03 <sup>ab</sup>
- Gumminess (N)	10.32 ± 1.35 <sup>a</sup>	5.02 ± 0.35 <sup>b</sup>	9.90 ± 1.27 <sup>a</sup>	11.74 ± 2.32 <sup>a</sup>
- Springiness (ratio)	0.91 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.02 <sup>b</sup>
- Chewiness (N)	9.39 ± 1.25 <sup>a</sup>	4.56 ± 0.35 <sup>b</sup>	8.88 ± 1.03 <sup>a</sup>	10.08 ± 1.92 <sup>a</sup>
<i>Sensory liking score</i>				
- Color	3.7 ± 1.4 <sup>b</sup>	7.0 ± 0.7 <sup>a</sup>	5.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	7.6 ± 0.5 <sup>a</sup>
- Flavor	7.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	7.4 ± 0.9 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.8 <sup>b</sup>	5.0 ± 0.7 <sup>b</sup>
- Hardness	7.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	7.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	7.2 ± 0.8 <sup>a</sup>	6.0 ± 0.7 <sup>b</sup>
- Springiness	7.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	7.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.8 <sup>b</sup>	4.8 ± 0.8 <sup>b</sup>
- Overall acceptability	4.8 ± 0.8 <sup>b</sup>	7.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	6.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	6.6 ± 0.5 <sup>a</sup>

† Values are given as means ± SD

‡ Different superscripts in the same row indicate significant differences (P<0.05).

### Textural characteristics of konjac gel

Textural characteristics of konjac gel made from various sources of konjac flour are shown in Table 2. All gel samples showed hard and firm textural characteristics with high hardness, gumminess, and chewiness, except the ones made with KF-B. The gel made from KF-B was soft but elastic texture, which showed lower values of hardness, gumminess, and chewiness compared to other gels (P<0.05), but had similar value of springiness as compared to KF-A and KF-C (P<0.05). It was noted that although KF-D gel provided high values of hardness, gumminess, and chewiness, it produced lower springiness rather than other gels (P<0.05).

### Sensory evaluation of konjac gel

Sensorial quality of preformed konjac gel with various konjac flours are depicted in Table 2. As expected, the gel made from KF-A received a lower color score than those made from konjac containing higher glucomannan content (P<0.05). However, gel with higher glucomannan content (KF-C and KF-D) showed lower flavor score as compared with KF-A and KF-B. Moreover, sensory panelists stated that gel made with KF-D provided too hard texture and gels made from KF-C and KF-D were less rubbery than other gels. For the overall acceptability, the gel made from KF-B was considered as the suitable use for fat replacer in meat product. It was not too hard texture and not too dark color, but provided a good rubbery texture and high flavor liking score.

## CONCLUSIONS

The glucomannan content of konjac flour largely impacted on konjac gel quality for use as fat replacer in meat product. Specifically, common konjac flour that possessing 70% of glucomannan content yielded gel with more browner and less white color, which not suitable for fat analog. Although gels made from konjac flour with higher purified grades received higher color liking score, they provided higher hardness and less rubbery texture as well as higher abnormal flavor as compared to the lower ones. This evident could diminish the appropriate use as fat analog. In this preliminary study, konjac flour with 78% glucomannan content was the suitable to perform konjac gel for use to further study relating fat analog in meat product.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (grant number KREF015906)

## REFERENCES

- Berry BW, Bigner ME. (1996). Use of carrageenan and konjac flour gel in low-fat restructured pork nuggets. *Food Res Int* 29: 355-62.
- Bourne MC. (1978). Texture profile analysis. *Food Technol*. 32: 62-65.
- Byrne D. (2001). Commission directive 2001/30/EC of 2001, amending Directive 96/77/EC laying down specific purity criteria on food additives other than colours and sweeteners. Brussels: European Commission. Available from: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:146:0001:0023:EN:PDF> Accessed 4.07.2011.
- Chin KB, Keeton JT, Miller RK, Longnecker MT, Lamkey JW. (2000). Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacements in low-fat bologna. *J Food Sci* 65: 756-63.
- Chua M, Baldwin TC, Hocking TJ, Chan K. (2010). Traditional uses and potential health benefits of *Amorphophallus konjac* K. Koch ex N.E. Br. *J Ethnopharmacol* 128: 268-78.
- Chua M, Chan K, Hocking TJ, Williams PA, Perry CJ, Baldwin TC. (2012). Methodologies for the extraction and analysis of konjac glucomannan from corms of *Amorphophallus konjac* K. Koch. *Carbohydr Polym* 87: 2202-10
- Delgado-Pando G, Cofrades S, Ruiz-Capillas C, Solas MT, Triki M, Jiménez-Colmenero, F. (2011). Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation. *Meat Sci* 89: 65-71.
- Felix da Silva D, Barbosa de Souza Ferreira S, Bruschi ML, Britten M, Matumoto-Pinto PT. (2016). Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low fat processed cheese. *Food Hydrocoll* 60: 308-16.
- Jiménez-Colmenero F, Cofrades S, López-López I, Ruiz-Capillas C, Pintado T, Solas MT. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Sci* 84: 356-63.
- Liu PY, Zhang SL, Zhu GH, Chen Y, Ouyang HX, Han M. (2002). Professional standard for the classification, requirements and test methods of konjac flour; Technical Report NY/T 494. Sichuan: Chinese Ministry of Agriculture. Available from: <http://www.konjacfoods.com/pdf/NY494-cn.pdf> Accessed 4.07.11.

- Osburn WN, Keeton JT. (1994). Konjac flour gel as fat substitute in low-fat prerigor fresh pork sausage. *J Food Sci.* 59: 484-9.
- Osburn WN, Keeton JT. (2004). Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac Gel. *Meat Sci* 68: 221-33.
- Prawitwong P, Takigami S, Phillips GO. (2007). Effects of  $\gamma$ -irradiation on molar mass and properties of konjac mannan. *Food Hydrocoll* 21: 1362-67.



# Konjac Gel Developed for Use as Fat Analogue in Meat Product: Effect of Chilled Storage on Quality of Konjac Gel

Supaluk Sorapukdee<sup>1\*</sup>, Sujitta Jansa<sup>1</sup> and Pussadee Tangwatcharin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand  
Tel.: +662-329-8000 Ext. 6052

\*Corresponding author:  
supaluk.so@kmitl.ac.th

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the quality of konjac gel during chilled storage at temperatures of 2°C to 6°C. Konjac gel was formulated by 6% konjac flour, 1% k-carragenan, 3% corn starch, 0.1% Ca(OH)<sub>2</sub>, and 81% water, followed by mixing and forming. During chilled storage, water binding capacity of konjac gel significantly decreased from 97% at the beginning to 95% at day 15 (P<0.05). The lightness of konjac gel was increased during storage (P<0.05). According to textural characteristics of konjac gel, values of hardness, gumminess, and chewiness were also increased during storage (P<0.05) with no significant differences in cohesiveness and springiness (P>0.05). Total plate count of konjac gel was increased more than 6 log CFU/g at day 15 of chilled storage. Yeast was initially detected in konjac gel stored at day 12 with approximately 1.4 log CFU/g, while mould counts were not detected throughout 15 days of chilled storage. The results confirmed that konjac gel could store under chilled storage up to 12 days without microbiological problem, however some release water, lighten color, and harder

texture were gained during prolonged storage.

**Keywords:** Konjac, Fat analogue, Fat replacer, Hydrocolloid, Chilled storage, Shelf life

## INTRODUCTION

Several kinds of meat products usually contain high proportions of fat which provide technological quality and sensory satisfaction. For example, emulsion meat products (sausage and bologna) as well as some types of fermented meat (salami and fermented sausage) processed by adding fat up to 30%. However, this product presents some negative health effects because of their high fat. The kind of saturated fat from meat is often assumed to contribute to the increase in these health problems, for example, the cardiovascular disease, coronary heart disease and obesity (WHO 2003). Nowadays, there are several fat reduction strategies entail the use of different ingredients which help to give the desirable product while proving a low calorie content. Among these ingredients, konjac have been extensively studies.

Konjacglucomannan (KGM) is a neutral polysaccharide produced by the *Amorphophallus konjac*, a native plant of East Asia, where it has been used since ancient times. Although KGM can be used for different purposes on account of its technological properties, it forms gels which combined with other ingredients (starch, carrageenan, gellan gum) can be used as 'fat analogs' in the formulation of reduced/low-fat meat products. Additionally, konjac gel, when ground down to the desired particle size can give the appearance of visible granulated fat required for use as a raw material to substitute animal fat. There have been researchers using fat analog in frankfurter (Jiménez-Colmenero and others

2010), bologna sausage (Chin and others 2000), fresh sausages (Osburn and Keeton 1994), pork nuggets (Berry and Bigner 1996) or pâté (Delgado-Pando and others 2011). Generally, chilling process is typically used in meat production and can extend shelf life of konjac gel by diminish microbial growth. However, chilling process may be influence gel quality. Therefore, to guarantee the quality of the konjac gel upon completion of meat production, the aim of this study was to investigate the effect of chilled storage on konjac gel quality regarding pH, water binding, color, texture and microbiological quality.

## MATERIALS AND METHODS

### Preparation of konjac gel and storage

Konjac gel was prepared as the process described by Osburn and Keeton (2004) and Jiménez-Colmenero and others (2010). Briefly, the ingredients of konjac fat analog were formulated as follows; 5% konjac flour, 1% k-carragenan, 3% corn starch, 0.1% Ca(OH)<sub>2</sub>, and 81% water. After mixing and forming, the moisture content of konjac gel was 91.46%. Konjac gel was packed in polyethylene bag together with added water (konjac gel:water, 1:1), followed by heat sealing with an impulse sealer and stored under chilled storage at temperatures of 2°C to 6°C. The chilled sample at day 0, 1, 3, 6, 9, 12, and 15 were collected for quality analysis.

### pH measurement

The pH of konjac gel were directly measured using portable pH meter (SevenEasy pH meter S20, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland) at three different location

### Water binding properties

Konjac gel was cut into 3 cubes (10×10×10 mm), covered by filter paper (Whatman No.1), and placed in a centrifuge tube. Then,

the samples were centrifuged at 3000g for 10 min at 20°C (Jouan CR3i, Saint-Herblain, France). Results were expressed as percentage of water retained in the sample per 100 g water present in the sample before centrifuging.

### Color measurement

The color of sample was measured in the L\*a\*b\* mode of CIE by a color measurement spectrophotometer (MiniScan EZ, HunterLab, Reston, VA). Three locations per sample were carried out and the resulting average was used in data analysis, where were expressed as L\* (lightness), a\* (redness) and b\* (yellowness).

### Texture profile analysis (TPA)

Konjac gel was subjected to TPA using an Instron universal testing machine model 3344 with a compression plate surface. Sample were cut into 10 cube samples (25.4×25.4×25.4 mm) and placed on the instrument's base. TPA textural parameters were measured at room temperature with the following testing conditions: crosshead speed was 60 mm/min and compressed twice to 40% of their original height. The Bluehill 2 software (Instron Engineering Corp., Canton, MA) was used to collect and process the data. TPA analyses were defined and calculated as previously described by (Bourne 1978). Hardness (N), cohesiveness (ratio), gumminess (N), springiness (ratio) and chewiness (N) were calculated from the force-time curves generated for each sample.

### Microbial counts

Microbiological analyses were triplicate sampling at each day of storage for total plate count (TPC) and yeast and mold. The samples (25 g) were placed in 225 mL saline solution in a sterile stomacher bag and were then homogenized using the Stomacher. Serial dilutions were performed in triplicates. Detection of total plate count and yeast/mold

were measured according to BAM (2001a) and BAM (2001b), respectively. The number of colonies was counted and expressed as logarithms of colony forming units per gram (log CFU/g).

### Statistical analysis

Results were carried out by a one-way analysis of variance. When the significant effect was found, mean values was compared by the Duncan's multiple range test (DMRT). These statistical analyses were performed by using the Statistical Package for Social Science (SPSS for Windows Version 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL).

## RESULTS AND DISCUSSION

### pH and water binding capacity (WBC)

There were no significant differences in pH values among konjac gel stored within 15 days ( $P>0.05$ ) (Table 1), which were shown about pH 8 during chilling storage. WBC of konjac gel ranged between 94 and 97% depending on storage times ( $P<0.05$ ). Although WBC of the samples decreased during chilled storage with being the lowest value at day 15 ( $P<0.05$ ) (Table 1), the higher WBC than 94% in all samples represented the good water binding properties and less water release. Herranz and others (2012) reported that konjac gels after 10 days of chilled storage which provided WBC values higher than 80% were potentially gelling agents in restructured seafoods.

### Color

The color of konjac gel is considered as the one of importance characteristics of fat analogues. The lightness of konjac gel increased during storage ( $P<0.05$ ), but no clear relation of redness and yellowness were observed (Table 1). The results are in agreement with Herranz and others (2012), who found that lightness values were mainly affected by chilling storage. However, this effect was reduced with little influence on

color perception when they processed into product formulation in such reduced-fat frankfurter (Kao and Lin 2006, Lin and Huang 2003).

### Texture profile analysis (TPA)

Textural characteristics of konjac gel as measured by TPA are presented in Table 2. It was found that hardness, gumminess, and chewiness increased as storage time increased ( $P<0.05$ ), with no significant changes in cohesiveness and springiness ( $P>0.05$ ). The stabilization of konjac gel through hydrogen bonding or hydrophobic interaction was reported by Case and Hamman (1994) and Chen and others (2011). The enhancement of polymer-polymer interaction due to the loss of water as affected by increased storage time might contribute the strengthened or hardened texture as compared to the freshly prepared one.

### Microbial counts

The initial level of TPC at day 0 was 2.86 log CFU/g and continuously increased during chilled storage ( $P<0.05$ ) to attain 6.08 log CFU/g at day 15 (Table 3). Yeast was detected at day 12 and day 15 with 1.39 and 1.48 log CFU/g, respectively, while mould count was not detected till the day 15 (data not shown). Based on the standards microbiological limits for food products, TPC, yeast and mold count might be detected lower than  $1 \times 10^6$ , 1000, and 500 CFU/g, respectively (Department of Medical Science 2017). It was indicated that konjac gel in the present study could be stored up to 12 days of chilled storage.

Table 1 pH, water binding capacity, and color of konjac gel stored at chilled storage

Storage time (days)	pH	WBC (%)	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
0	8.01 ± 0.04 <sup>a,†,‡</sup>	97.26 ± 0.45 <sup>a</sup>	43.17 ± 0.70 <sup>b</sup>	-0.11 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.42 <sup>a</sup>
1	8.01 ± 0.04 <sup>a</sup>	96.13 ± 0.53 <sup>ab</sup>	43.80 ± 1.65 <sup>b</sup>	-0.42 ± 0.15 <sup>b</sup>	-0.10 ± 0.58 <sup>ab</sup>
2	8.04 ± 0.04 <sup>a</sup>	95.96 ± 0.21 <sup>bc</sup>	44.48 ± 0.92 <sup>b</sup>	-0.26 ± 0.07 <sup>ab</sup>	-1.90 ± 2.62 <sup>ab</sup>
3	8.07 ± 0.03 <sup>a</sup>	95.82 ± 1.26 <sup>bcd</sup>	48.56 ± 1.31 <sup>a</sup>	-0.26 ± 0.06 <sup>ab</sup>	0.47 ± 1.86 <sup>a</sup>
6	8.07 ± 0.09 <sup>a</sup>	95.30 ± 0.87 <sup>bcd</sup>	47.17 ± 0.34 <sup>a</sup>	-0.30 ± 0.06 <sup>ab</sup>	-2.49 ± 0.95 <sup>b</sup>
9	8.04 ± 0.07 <sup>a</sup>	94.70 ± 0.79 <sup>cde</sup>	47.60 ± 0.26 <sup>a</sup>	-0.76 ± 0.15 <sup>c</sup>	-1.08 ± 0.54 <sup>ab</sup>
12	8.03 ± 0.02 <sup>a</sup>	94.59 ± 0.42 <sup>de</sup>	47.83 ± 0.38 <sup>a</sup>	-0.19 ± 0.10 <sup>a</sup>	-0.82 ± 0.46 <sup>ab</sup>
15	8.09 ± 0.03 <sup>a</sup>	94.48 ± 0.39 <sup>e</sup>	47.87 ± 0.54 <sup>a</sup>	-0.13 ± 0.01 <sup>a</sup>	-0.79 ± 0.47 <sup>ab</sup>

<sup>†</sup> Values are given as means ± SD

<sup>‡</sup> Different superscripts in the same row indicate significant differences (P<0.05).

Table 2 Textural characteristics of konjac gel stored at chilled storage

Storage time (days)	Hardness (N)	Cohesiveness (ratio)	Gumminess (N)	Springiness (ratio)	Chewiness (N)
0	12.22 ± 1.32 <sup>c,†,‡</sup>	0.80 ± 0.04 <sup>a</sup>	10.36 ± 1.67 <sup>e</sup>	0.90 ± 0.04 <sup>a</sup>	9.27 ± 0.87 <sup>d</sup>
1	12.50 ± 0.66 <sup>c</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>a</sup>	11.70 ± 0.56 <sup>de</sup>	0.90 ± 0.02 <sup>a</sup>	10.47 ± 0.34 <sup>cd</sup>
2	14.54 ± 1.38 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>a</sup>	12.60 ± 1.06 <sup>d</sup>	0.90 ± 0.03 <sup>a</sup>	11.39 ± 1.29 <sup>c</sup>
3	15.43 ± 1.90 <sup>bc</sup>	0.79 ± 0.01 <sup>a</sup>	12.45 ± 1.23 <sup>d</sup>	0.89 ± 0.03 <sup>a</sup>	10.93 ± 0.56 <sup>c</sup>
6	15.52 ± 1.11 <sup>bc</sup>	0.80 ± 0.01 <sup>a</sup>	12.56 ± 0.91 <sup>d</sup>	0.91 ± 0.02 <sup>a</sup>	11.41 ± 0.79 <sup>c</sup>
9	15.75 ± 0.84 <sup>bc</sup>	0.81 ± 0.01 <sup>a</sup>	15.07 ± 0.59 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.02 <sup>a</sup>	14.18 ± 1.30 <sup>b</sup>
12	15.76 ± 2.64 <sup>bc</sup>	0.81 ± 0.01 <sup>a</sup>	17.59 ± 2.13 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.03 <sup>a</sup>	15.67 ± 1.19 <sup>b</sup>
15	17.22 ± 0.46 <sup>c</sup>	0.80 ± 0.02 <sup>a</sup>	19.86 ± 1.28 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.05 <sup>a</sup>	18.36 ± 2.64 <sup>a</sup>

<sup>†</sup> Values are given as means ± SD

<sup>‡</sup> Different superscripts in the same row indicate significant differences (P<0.05).

Table 3 Microbial counts of konjac gel stored at chilled storage

Storage time (days)	TPC (log cfu/g)	Yeast (log cfu/g)
0	2.86 ± 0.11 <sup>g,†,‡</sup>	<1
1	3.15 ± 0.01 <sup>f</sup>	<1
2	3.58 ± 0.17 <sup>e</sup>	<1
3	3.95 ± 0.01 <sup>d</sup>	<1
6	4.22 ± 0.06 <sup>c</sup>	<1
9	4.40 ± 0.05 <sup>c</sup>	<1
12	5.41 ± 0.13 <sup>b</sup>	1.39 ± 0.12
15	6.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.48 ± 0.09

<sup>†</sup> Values are given as means ± SD

<sup>‡</sup> Different superscripts in the same row indicate significant differences (P<0.05).

## CONCLUSIONS

Konjac gel in present study showed a high stability under chilling storage condition. The prepared konjac gel stored up to 12 days was no indication of microbial spoilage, and it exhibited a high water binding property. However, it was note that the increased in lightness of color and hard texture were slightly observed as storage time increased.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work is supported by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (grant number KREF015906)

## REFERENCES

- Berry BW, Bigner ME. (1996). Use of carrageenan and konjac flour gel in low-fat restructured pork nuggets. *Food Res Int* 29: 355-62.
- Bourne MC. (1978). Texture profile analysis. *Food Technol.* 32: 62-65.
- Case SE, Hamann DD. (1994) Fracture properties of konjac mannan: effect of gel temperature. *Food Hydrocoll* 8: 147-54.
- Chen J, Li J, Li B. (2011). Identification of molecular driving forces involved in the gelation of konjac glucomannan: Effect of degree of deacetylation on hydrophobic association. *Carbohydr Polym* 86: 865-71.
- Chin KB, Keeton JT, Miller RK, Longnecker MT, Lamkey JW. (2000). Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacements in low-fat bologna. *J Food Sci* 65: 756-63.
- Delgado-Pando G, Cofrades S, Ruiz-Capillas C, Solas MT, Triki M, Jiménez-Colmenero, F. (2011). Low-fat frankfurters formulated with a healthier lipid combination as functional ingredient: microstructure, lipid oxidation, nitrite content, microbiological changes and biogenic amine formation. *Meat Sci* 89: 65-71.
- Department of Medical Science. (2017). Quality standard for microbiology of food and containers. Bangkok: Ministry of public health. Available from: [http://www.dmsc.moph.go.th/dmscnew/news\\_detail.php?cid=2&id=1646](http://www.dmsc.moph.go.th/dmscnew/news_detail.php?cid=2&id=1646). Assessed December 20, 2017.
- Herranz B, Tovar CA, Solo-de-Zaldívar, B, Borderias AJ. (2012). Effect of alkalis on konjac glucomannan gels for use as potential gelling agents in restructured seafood products. *Food Hydrocoll* 27: 145-53.
- Jiménez-Colmenero F, Cofrades S, López-López I, Ruiz-Capillas C, Pintado T, Solas MT. (2010). Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. *Meat Sci* 84: 356-63.
- Kao WT, Lin KW. (2006). Quality of reduced-fat frankfurter modified by konjac–starch mixed gels. *J Food Sci* 71: 326-32.
- Lin KW, Huang HY. (2003). Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Sci* 65:749–55.
- Osburn WN, Keeton JT. (1994). Konjac flour gel as fat substitute in low-fat prerigor fresh pork sausage. *J Food Sci.* 59: 484-9.
- Osburn WN, Keeton JT. (2004). Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac Gel. *Meat Sci* 68: 221-33.
- WHO. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical report Series. 916. Geneva.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### สัญญาเลขที่ KREF 015906

โครงการ ภาษาไทย : การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนการใช้ไขมันในไส้กรอกอีสาน  
ภาษาอังกฤษ : Preparation and Application of Preformed Konjac Gel for Replacing Pork Back fat in Thai-fermented Sausage (Isan Sausage)

รายงานสรุปการเงินรอบ.....24.....เดือน

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย ผู้รับทุน..... ผศ.ดร.ศุภลักษณ์ สรภักดิ์.....  
รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่..... 26 มกราคม 2560..... ถึงวันที่ ..... 19 มีนาคม 2561.....  
ระยะเวลาดำเนินการ.....2.....ปี.....เดือนตั้งแต่วันที่.....1 ธันวาคม 2559.....ถึงวันที่ 15 กันยายน 2560.....  
สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่ายจากรายงานครั้งก่อน	ค่าใช้จ่ายงวดปัจจุบัน	รวมค่าใช้จ่ายสะสมถึงปัจจุบัน	คงเหลือ
งบบุคลากร:ค่าจ้างชั่วคราว	60,000	35,000	25,000	60,000	0
งบดำเนินงาน					
ค่าตอบแทนนักวิจัย	84,000	-	42,000	42,000	42,000
ค่าใช้สอย	15,000	6,000	9,000	15,000	0
ค่าวัสดุ	321,000	157,000	164,000	321,000	0
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-	-	
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม	480,000	198,000	240,000	438,000	42,000

#### จำนวนเงินที่ได้รับและจำนวนเงินที่ใช้จ่าย

งวดเงินที่ได้รับ	จำนวนเงินที่ได้รับ(บาท)	เมื่อ (ระบุนวัน เดือน ปี)
งวดที่ 1	198,000	26 มกราคม 2560
งวดที่ 2	240,000	13 ธันวาคม 2560
ดอกเบี่ย ครั้งที่ 1	138.79	25 มิถุนายน 2560
ดอกเบี่ย ครั้งที่ 2	36.23	25 ธันวาคม 2560
ดอกเบี่ย ครั้งที่ 3	105.94	19 มีนาคม 2561
รวม	438,280.96	①

งวดที่	จำนวนเงินที่ใช้จ่าย (บาท)	
งวดที่ 1	198,000	-
งวดที่ 2	240,000	-
รวม	438,000	②

จำนวนเงินคงเหลือ ① - ② .....280,96.....บาท

หมายเหตุ: ย้รออเงินงวดสุดท้ายจำนวน 42,000 บาท เป็นค่าตอบแทนผู้วิจัยงวดสุดท้าย ที่จะจ่ายเมื่อผู้ให้ทุนเห็นชอบรับรายงานฉบับสมบูรณ์

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงินโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

## หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาว ศุภลักษณ์ สรภักดี  
(ภาษาอังกฤษ) Miss Supaluk Sorapukdee
- ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- หน่วยงาน/ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail  
ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมงคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
โทรศัพท์ 080-213-6361 E-mail [supaluk.sor@gmail.com](mailto:supaluk.sor@gmail.com)

## 4. ประวัติการศึกษา

เริ่มปีพ.ศ.	จบปี พ.ศ.	วุฒิที่ได้รับ	สาขาวิชา	สถาบัน	ประเทศ
2550	2555	ปร.ด.	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย
2542	2546	วท.บ.	เทคโนโลยีอาหาร, เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง เหรียญทอง	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	ไทย

- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ การแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เคมีอาหาร

## 6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

เริ่มปี พ.ศ.	เสร็จปี พ.ศ.	ชื่อผลงาน/โครงการ	หน่วยงาน/บริษัท	สถานภาพการทำวิจัย
2556	2557	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานจากเนื้อที่มีลักษณะเหนียวเพื่อเพิ่มมูลค่าและการนำไปใช้ประโยชน์	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย	ผู้ร่วมวิจัย
2556	2558	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนในเลือดเป็ด	บริษัท ดี้กคิง จำกัด	หัวหน้าโครงการ
2556	2559	องค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน และการปรับปรุงคุณภาพของ	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		เนื้อสัตว์ และผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์		
2557	2558	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบคทีเรียโอสลินร่วมกับใยอาหาร และรีชีสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	ผู้ร่วมวิจัย
2558	2559	การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีความปลอดภัยและผลิตแบคทีเรียโอสลินชนิดทนความร้อน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	ผู้ร่วมวิจัย
2558	2559	การประยุกต์ใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของเลือดเป็ดต้ม	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ
2558	2559	คุณภาพเนื้อแม่สุกรแก่คัดทิ้งและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ
2559	2561	การเตรียมและการประยุกต์ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอกอีสาน	กองทุนวิจัย สจล.	หัวหน้าโครงการ
2561	ปัจจุบัน	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแพรงเพื่อเทอร์จากเนื้ออกไก่ไขมันต่ำที่มีการลดปริมาณโซเดียมและฟอสเฟต	โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)	หัวหน้าโครงการ
2561	ปัจจุบัน	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตกรีดตันยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลเพาซ์	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Innovative House สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)	ผู้ร่วมวิจัย
2561	ปัจจุบัน	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สติกเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	ผู้ร่วมวิจัย

#### 6. ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

- 1) ศุภลักษณ์ สรภักดี อัจฉรีย์ การะเกตุ ฌนัย วิจิตโรทัย และจรรยา คงฤทธิ. 2560. การปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำและความนุ่มของเนื้ออกไก่หมักน้ำปรุงด้วยฟอสเฟต. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 35 (ฉบับพิเศษ). เดือนสิงหาคม 2560. หน้า 64-70.
- 2) สุพรรณษา แม้นเหมือ ศุภลักษณ์ สรภักดี และผุ สติ ตั้งวัชรินทร์. 2560. อัตราการลดอุณหภูมิของซากช้า: ผลกระทบต่อสีของเนื้อสะโพกสุกรและการแก้ไขปัญหา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า ปีที่ 35 (ฉบับพิเศษ). เดือนสิงหาคม 2560. หน้า 71-78.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) ศุภลักษณ์ สรภักดี จันทรเพ็ญ เอื้อสกุลรุ่งเรือง คมแข พิลาสมบัติ และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2558. ผลของสภาวะการเก็บรักษาเนื้อโคและปริมาณกลีเซอรอลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคชั้นรูปกึ่งแห้ง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. ฉบับที่ 3 เดือนกันยายน-ธันวาคม 2558. หน้า 70-75.
- 4) ศุภลักษณ์ สรภักดี และ อังคณา ทุมดี. 2557. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีกายภาพของเนื้อไก่เมื่อผ่านกระบวนการแช่แข็งและทำละลายด้วยจำนวนรอบที่แตกต่างกัน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 5. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 25-26 กรกฎาคม 2557. หน้า 91-96.
- 5) สุภาวดี นฤนาทโสภานนท์ศุภลักษณ์ สรภักดี และ รณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2557. ผลของความเข้มข้นเลือด ความเข้มข้นเกลือ และการทำให้เย็นต่อคุณภาพของเลือดเป็ดต้ม. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 5. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. 25-26 กรกฎาคม ๒๕๕๗. หน้า 15-23
- 6) คมแข พิลาสมบัติ ศุภลักษณ์ สรภักดี และ รุจรีน ลี้มศุภวานิช. 2557. ผลิตภัณฑ์เนื้อกึ่งแห้งพร้อมรับประทานจากเนื้อสุกรและไก่แก่. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ วันที่ 25-26 กรกฎาคม 2557. หน้า 195-204.
- 7) ศุภลักษณ์ สรภักดี คมแข พิลาสมบัติ อังคณา ทุมดีและ ณัฐฐันรากร จันทรธิมาน. 2556. ผลของสารสกัดชาเขียว สภาวะการบรรจุ และระยะเวลาที่เก็บรักษาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูหวาน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 4. โรงแรมราม่า การ์เด้นส์ กรุงเทพฯ. วันที่ 19 กรกฎาคม 2556. หน้า 140-146.
- 8) Sorapukdee, S., and Tangwatcharin, P. 2018. Quality of restructured steak containing microbial transglutaminase as impacted by beef trimmings grading by fat level and frozen beef. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 31(1): 129–137. (IF 2017 = 0.971)
- 9) Sorapukdee, S., Narunatsopanon, S. 2017. Comparative study on compositions and functional properties of porcine, chicken and duck blood. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 37(2):228-241 (IF 2016 = 0.484)
- 10) Sorapukdee, S., Uesakulrungrung, C. and Pilasombut, K. 2016. Effects of humectant and roasting on physicochemical and sensory properties of jerky made from spent hen meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 36(3), 326-334.(IF 2016 = 0.484)
- 11) Woraprayote, W., Malila, Y., Sorapukdee, S., Swetwivathana, A., Benjakul, S. and Visessanguan, W. 2016. Bacteriocins from lactic acid bacteria and their applications in meat and meat products. *Meat Science*. 120:118-132. (IF 2016 = 3.126)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 12) Sorapukdee, S., Kongtasorn, C., Benjakul, B. and Visessanguan, W. 2013. Influences of muscle composition and structure of pork from different breeds on stability and textural properties of cooked meat emulsion. *Food Chemistry*, 38: 1892-1901. (IF 2016 = 4.529)
- 13) Sorapukdee, S., Uesakulrungrueng, C., Pilasombut, K. and Tangwatcharin, P. 2018. Moisture, texture and color deteriorations of spent hen jerky packed in different packaging methods during storage. The 63<sup>rd</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Cork, Ireland: August 13-28, 2017. pp.138-139.
- 14) Pilasombut, Chetawan, T., Ngamyeesoon, N., Tangwatcharin, P., and Sorapukdee, S. 2017. The 63<sup>rd</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Cork, Ireland: August 13-28, 2017. pp.354-355.
- 15) Tangwatcharin, P., Nithisantawakhup, J., Sorapukdee, S., Pilasombut, K., and Vijitrothai, N. 2017. The 63<sup>rd</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Cork, Ireland: August 13-28, 2017. pp.458-459.
- 16) Jansa, S., and Sorapukdee, S. 2016. Quality of Reduced-Fat Thai-fermented Sausage (Isan sausage) Substituted with Konjac Gel. The 17<sup>th</sup> Asian Australasian Animal Production (AAAP) Congress. Venue. *Fukuoka, Japan*. August 22-25, 2016.
- 17) Chetawan, T., Pilasombut, K. and Sorapukdee, S. 2015. Microbiological safety of ready-to-eat semi-dried Nham, an innovation of Thai fermented meat product. The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Technology (ISAT2015). A-One The Royal Cruise Hotel. Pattaya, Thailand. 1-3 July 2558. pp. 337-340.
- 18) Uesakulrungrueng, C., Sorapukdee, S. and Pilasombut, K. 2015. Changes in physicochemical, microbiological and sensorial quality of jerky processed from spent laying hen meat during storage. The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Technology (ISAT2015). A-One The Royal Cruise Hotel. Pattaya, Thailand. 1-3 July 2558. pp. 353-356.
- 19) Sorapukdee, S., Kongtasorn, C., Benjakul, B. and Visessanguan, W. 2013. Impact of meat processing on technological quality of meats from two different muscle locations. The 59<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Izmir, Turkey: August 18-23, 2013. Poster presentation.
- 20) Sorapukdee, S., Kongtasorn, C., Benjakul, B. and Visessanguan, W. 2013. Analysis of key characteristics of raw meat affecting the properties of cooked meat emulsion by partial least square (PLS) regression. The 59<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST). Izmir, Turkey: August 18-23, 2013. Poster presentation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 21) Sorapukdee, S., Visessanguan, W., Benjakul, B. and Kongtasorn, C. 2012. Effects of purebred and crossbred pigs on technological quality of porcine *M. longissimusthoracisetlumborum*. Food Innovation Asia 2012: Green and Sustainable Food Technology for all. BITEC Bangna, Bangkok, Thailand: June 15, 2012. Oral presentation. pp 36.
- 22) Sorapukdee, S., Kongtasorn, C., Benjakul, B. and Visessanguan, W. 2012. Differences in early postmortem myofibril degradation and total proteolytic activity in meats derived from different pig breeds. The 15<sup>th</sup> AAAP Animal Science Congress. Thammasart University, Thailand: November 26-30, 2012. Oral presentation. pp 281.
- 23) Sorapukdee, S., Visessanguan, W., Benjakul, B., Kongtasorn, C., Puchai, K. and Taharnklaew, R. 2011. Differences in endogenous proteolytic activities of porcine *m. longissimus* among breeds during aging and their relationship to pork tenderness. RGJ Seminar Series, Advanced researches in food value chain. Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University: February 10, 2011. Oral presentation.
- 24) Sorapukdee, S., Visessanguan, W., Benjakul, B., Kongtasorn, C., Puchai, K. and Taharnklaew, R. 2010. Effect of breed on physical properties, chemical composition and muscle structure of porcine meats. The RGJ-Ph.D. Congress XI 2010, Jomtien Palm Beach Resort, Chonburi, Pattaya, Thailand: April 1-3, 2010. Poster presentation. pp. 367.

### ข้อมูลประวัตินักวิจัยที่เลี้ยง

- ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางผุสดี ตั้งวัชรินทร์  
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Pussadee Tangwatcharin
- ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- หน่วยงาน/ที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520  
โทรศัพท์ 02-326-4313 ต่อ 3641 มือถือ 086-9593742  
โทรสาร 02-326-43134  
E-mail putang3009@hotmail.com

#### 4. ประวัติการศึกษา

เริ่มปี พ.ศ.	จบปี พ.ศ.	วุฒิที่ได้รับ	สาขาวิชา	สถาบัน	ประเทศ
2545	2549	ปร.ด.	เทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ไทย
2540	2543	วท.ม.	สัตวศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2536	2539	วท.บ.	เกษตรศาสตร์, เกียรตินิยมอันดับสอง	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย

- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ: สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ประกอบด้วยกลุ่มวิชาการเกษตร วิทยาศาสตร์ชีวภาพ จุลชีววิทยาทางเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ฯลฯ

#### 6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

เริ่มปี พ.ศ.	เสร็จปี พ.ศ.	ชื่อผลงาน/โครงการ	หน่วยงาน/บริษัท	สถานภาพการทำวิจัย
2556	2557	ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤติที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตเลือดเปียกและการยืดอายุการเก็บรักษาเลือดเปียก	บริษัท ดี้กคิง จำกัด	หัวหน้าโครงการ
2557	2560	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หมักเสริมโพรไบโอติกร่วมกับพรีไบโอติก	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ
2557	2558	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีสานเสริมโพรไบโอติกที่ผลิตแบบเทอร์โมอ็อกซิเจนร่วมกับโยเกิร์ต	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	หัวหน้าโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		และรีชีสแทนต์สตาร์ชจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปกล้วย		
2558	2559	การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีความปลอดภัยและผลิตแบคทีเรียโอสซินชนิดทนความร้อน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ
2558	2559	คุณสมบัติการเสริมฤทธิ์ของสารสกัดจากใบมะยมและสารแบคทีเรียโอสซิน Nisin A ต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพในผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรลดขนาด	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	ผู้ร่วมวิจัย
2561	ปัจจุบัน	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สแต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.	หัวหน้าโครงการ
2561	ปัจจุบัน	การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สแต็กเนื้อแพะขึ้นรูปใหม่พร้อมปรุง	โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)	หัวหน้าโครงการ
2561	ปัจจุบัน	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนตกรดต้นยาจีนในบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Innovative House สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)	หัวหน้าโครงการ

## 7. สิ่งพิมพ์เผยแพร่

### 7.1 งานแต่งหนังสือหรือตำรา

- 1) ผุสดี ตั้งวัชรินทร์ .2559. ปฏิบัติการจุลินทรีย์ในเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ. ISBN 978-616-338-062-3. ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซีพปลาย: กรุงเทพมหานคร. 187 หน้า.
- 2) ผุสดี ตั้งวัชรินทร์. 2558. จุลินทรีย์ในเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ (04037234). ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซีพปลาย: กรุงเทพมหานคร .360 หน้า.

### 7.2 งานวิจัยที่ตีพิมพ์หรือนำเสนอในการประชุมวิชาการ

- 1) เพชรรัตน์ จรุงสถิตพงศ์ และผุสดี ตั้งวัชรินทร์. 2560. การวิเคราะห์และแก้ปัญหาการเกิดผลึกน้ำแข็งบนชาสุกรเผาแห้งด้วยวิธีการลดอุณหภูมิหลังกระบวนการเผาชาสุกร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 35 (ฉบับพิเศษ): 54-63.
- 2) สุพรรณษา แม้นเหมือน ศุภลักษณ์ สรภักดี และผุสดี ตั้งวัชรินทร์. 2560. อัตราการลดอุณหภูมิของชาข้า: ผลกระทบต่อสีของเนื้อสะโพกสุกร และการแก้ปัญหา. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 35 (ฉบับพิเศษ): 71-78.
- 3) ผุสดี ตั้งวัชรินทร์ สุชาติ สุขสถิตย์ และกานต์ สุขสุแพทย์. 2559. ผลของใยอาหาร และรีชีสแทนต์สตาร์ชสกัดจากเปลือกและเนื้อกล้วยดิบต่อการเจริญและการผลิตกรดไขมันสายสั้นของเชื้อ *Lactobacillus plantarum*.วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34: 36-47.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) ผุสดี ตังวชิรินทร์ จิรโรจน์ นิธิสันถวะคุปต์ และกานต์ สุขสุแพทย์. 2559. การคัดแยกและการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่มีสมบัติความเป็นโปรไบโอติกเบื้องต้นจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34: 67-76.
- 5) สุขชาติ สุขสถิตย์ และ ผุสดี ตังวชิรินทร์. 2558. ผลของการเตรียมเปลือกกล้วยไข่ดิบต่อองค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ และคุณภาพทางจุลินทรีย์บางประการของผงเปลือกกล้วย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 33: 38-48.
- 6) สุขชาติ สุขสถิตย์ และ ผุสดี ตังวชิรินทร์. 2558. องค์ประกอบทางเคมี สมบัติเชิงหน้าที่ และสมบัติความเป็นโปรไบโอติกบางประการของโยเกิร์ตและรีชีสแทนต์สตาร์ชจากเปลือกและเนื้อกล้วยไข่ดิบ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 33: 49-60.
- 7) Sorapukdee, S., and Tangwatcharin, P. 2018. Quality of restructured steak containing microbial transglutaminase as impacted by beef trimmings grading by fat level and frozen beef. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 31(1): 129–137. (Impact factor 2017, 0.971)
- 8) Meannui, N., Riebroy, S., Tangwatcharin, P., Hong J.H., Sumpavapol, P., and Chaijan, M. 2017.  $\beta$ -glucosidase producing *Bacillus* isolated from Thua-nao, an indigenous fermented soybean food in Thailand. Chiang Mai J. Sci. 44: 1257-1269. (Impact factor 2016, 0.437)
- 9) Tangwatcharin, P. and Suksathit, S. 2014. Effects of virgin coconut oil or monolaurin and in combinations with lactic acid, on the growth of *Listeria monocytogenes* in lab medium and fresh pork. Chiang Mai J. Sci. 41: 345-359. (Impact factor 2013, 0.371)
- 10) Suksathit, S. and Tangwatcharin, P. 2013. Activity of salts of organic acid in combination with lauric arginate against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* Rissen. ScienceAsia. 39: 346-355. (Impact factor 2012, 0.347)
- 11) Tangwatcharin, P. and Khopaibool, P. 2012. Inhibitory effects of the combined application of lauric acid and monolaurin with lactic acid against *Staphylococcus aureus* in pork. ScienceAsia. 38: 54-63. (Impact factor 2011, 0.398)
- 12) Tangwatcharin, P. and Kho1paibool, P. 2012. Activity of virgin coconut oil, lauric acid or monolaurin in combination with lactic acid against *Staphylococcus aureus*. Southeast Asian J. Trop. Med. Pub. Health. 43: 969-985. (Impact factor 2011, 0.607)
- 13) ผุสดี ตังวชิรินทร์ และสุขชาติ สุขสถิตย์. 2557. ผลของตัวทำละลายในการสกัดต่อปริมาณสาร alpha-mangostin และกิจกรรมการต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกมังคุดในการต้านเชื้อ coagulase positive *Staphylococcus aureus* ที่แยกจากเนื้อสุกร. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 5. วันที่ 25-26 กรกฎาคม 2557. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.
- 14) วรลักษณ์ ที่มีสุข ผุสดี ตังวชิรินทร์ และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2557. แหล่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตเลือดเปิดก่อนจากโรงฆ่าเปิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. การ

- ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 5. วันที่ 25-26 กรกฎาคม 2557. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.
- 15) Tangwatcharin, P., Nithisantawakhup, J., Sorapukdee, S., Pilasombut, K. and Vijitrothai, N. 2017. Effect of autochthonous starter culture on microbiological quality of traditional Thai fermented meat product. Proceeding of the 63rd International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST2017). 13-18 August 2017. Cork, Ireland.
  - 16) Kamonwan Phosut, Pussadee Tangwatcharin, Komkhae Pilasombat and Chunya Kongrith. 2016. Resistant starch and dietary fiber extracted from by-products of banana processing enhance probiotic viability in fermented sausage model. Proceeding of the 17th Asian-Australasian Association of Animal Societies Animal Science Congress (AAAP2016). 22-25 August 2016. Fukuoka, Japan.
  - 17) Nithisantawakhupt, J., P. Tangwatcharin and N. Vijitrothai. 2016. Survival of lactic acid bacteria isolated from fermented meat products in gastrointestinal tract model. Proceeding of the 17th Asian-Australasian Association of Animal Societies Animal Science Congress (AAAP2016). 22-25 August 2016. Fukuoka, Japan.
  - 18) Pussadee Tangwatcharin and Natjaya Ekapakul. 2016. Combined actions of sodium diacetate with surfactant agents on pathogenic bacteria, isolated from pig carcasses, in meat medium. Proceeding of the 17th Asian-Australasian Association of Animal Societies Animal Science Congress (AAAP2016). 22-25 August 2016. Fukuoka, Japan.
  - 19) Nithisantawakhupt, J., Tangwatcharin, P. and Suksupath, K.. 2015. Screening of lactic acid bacteria from traditional fermented meat products. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Technology (ISAT2015). 1-3 July 2015. A-One The Royal Cruise Hotel, Pattaya.
  - 20) Kongkarn, N., Tangwatcharin, P., Teerarak, M., Changsawake, K. and Pilasombut, K. 2015. Antibacterial activity of roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) flower extract. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Agricultural Technology (ISAT2015). 1-3 July 2015. A-One The Royal Cruise Hotel, Pattaya.
  - 21) Pussadee Tangwatcharin and Suchart Suksathit. 2015. Synergistic Effect of sodium diacetate with lauric arginate against *Staphylococcus aureus* in meat broth. 5<sup>th</sup> International Conference on Engineering and Applied Sciences (ICEAS). 20-22 July 2015. Renaissance Sapporo Hotel, Hokkaido
  - 22) Tangwatcharin, P. and Khopailool, P. 2012. Effects of lauric acid or monolaurin in combination with lactic acid on *Staphylococcus aureus* and physical qualities of pork. International Congress of Food Engineering and Technology (IFET2012). 26-28 March 2012. IMPACT Convention Center Bangkok, Thailand.

- 23) Tangwatcharin, P., Klomvisad, C. and Nudput, S. 2012. Combined actions of virgin coconut oil or monolaurin with lactic acid on *Listeria monocytogenes* in pork. International Congress of Food Engineering and Technology (IFET2012). 26-28 March 2012. IMPACT Convention Center Bangkok, Thailand.
- 24) Tangwatcharin, P., Meannui, N. and Onyen, A. 2012. Antibacterial activity of mangosteen hull extract against *Listeria monocytogenes*. Proceedings of 2012 International Conference on Chemical Engineering and Applications (CCEA 2012). 26-28 February 2012. Quality Hotel, Singapore.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้ช่วยวิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวสุจิตตา จันสา  
(ภาษาอังกฤษ) Miss Sujitta Jansa
2. ที่อยู่ติดต่อได้ 557(548) หมู่ 4 หมู่บ้านเคหะนคร 2 ซอยลาดกระบัง 36 แยก 22  
ถ.อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัด กรุงเทพฯ 10520
3. ประวัติการศึกษา 2554 มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี  
2557 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สาขาวิชา สัตว  
ศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง  
2560 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สาขาวิชา  
สัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง
4. ทุนการศึกษาที่ได้รับ ทุนสนับสนุนจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบังในการยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาตลอดระยะเวลา 4 ภาค  
การศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้