ผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งต่อองค์ประกอบทางเคมีของผงบุกและการนำไปใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน

Effect of Temperature and Time of Drying Process on Chemical Quality of Konjac Powder and its Application in Sausage Emulsion

อภิรดา พรปัณณวิชญ์[1*]
Apirada Phonpannawit[1*]

บทคัดย่อ

บุกเป็นพืชอาหารที่มีเส้นใยอาหารปริมาณสูงเส้นใยอาหารในบุกมีค่าดัชนีไกลซีมิกต่ำและมีประโยชน์ต่อร่างกาย ปัจจุบันมีการรณรงค์ให้ผู้บริโภคเลือกบริโภคอาหารที่มีเส้นใยสูง ไขมันต่ำ ดังนั้นบุกจึงเป็นวัตถุดิบพื้นเมืองที่น่าสนใจในด้านการนำมาแปรรูปและใช้ประโยชน์ในอาหารเพื่อสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งผงบุกและการนำผงบุกที่ได้มาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งดังนี้ 1) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 2) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง 3) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 4) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง พบว่าการใช้อุณหภูมิในการอบที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหารและโปรตีนมากที่สุด มีความชื้น 7.66% ไขมัน 1.02% โปรตีน 8.54% คาร์โบไฮเดรต 76.90% ใยอาหาร 5.40% ผันแปรปริมาณเจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอกไก่ 4 สิ่งทดลองดังนี้ 1) ใช้ไขมันหมู 23% (สูตรควบคุม) 2) ใช้ไขมันหมู 18% ต่อเจลบุก 5% 3) ใช้ไขมันหมู 13% ต่อเจลบุก 10% 4) ใช้ไขมันหมู 8% ต่อเจลบุก 15% ไส้กรอกไก่ที่ใช้ไขมันหมู 13% ต่อเจลบุก 10% มีค่าเนื้อสัมผัส และค่าสีไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยมีค่า shear force 1,114 g ค่า springiness 0.84 และค่า cohesiveness 0.39 มีปริมาณใยอาหาร ปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรควบคุม แต่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม โดยมีใยอาหาร 6.40% ไขมัน 13.34% โปรตีน 18.91% และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของไส้กรอกไก่ (มผช.331/2555)

คำสำคัญ: บุก การทำแห้ง สารทดแทนไขมัน ไส้กรอก

Abstract

Konjac is a dietary plant with high fiber content, low Glycemic Index value and perceived health benefits. Nowadays, consumers are encouraged to select foods that are high in fiber and low in fat, and thus, konjac is an interesting local ingredient to use in a process and thereby gain benefit as a healthy food. The purpose of this research was to study the optimal temperature and drying time of konjac powder, and to apply the powder to food. The drying temperature and time were as follows: 1) 65 °C for 4 hours, 2) 65 °C for 5 hours, 3) 75 °C for 4 hours, and 4) 75 °C for 5 hours. We found that drying the plant at a temperature at 65 °C for 5 hours produced the highest fiber and protein content. The product exhibited moisture content of 7.66%, fat 1.02%, protein 8.54%, carbohydrate 76.90%, and fiber 5.40%. The fat in chicken sausage mixture was replaced with konjac gel in experimental 4 variations: 1) lard 23% (control formula, zero konjac), 2) lard 18% per konjac gel 5%, 3) lard 13% per konjac gel 10%, and 4) lard 8% per konjac gel 15%. The chicken sausage recipe using 13% lard with 10% konjac gel was no different in terms of texture and color values from the control formula. The product had shear force 1,114 grams, springiness 0.84 and cohesiveness of 0.39. Moreover, Fiber and protein content was higher than the control formula but fat content was less. This chicken sausage contained fiber 6.40%, fat 13.34%, and protein 18.91%. In addition, the product quality was within the Thai Industrial Standard of chicken sausage (TIS331/2012). This study indicates a potential avenue for expanding the utilization of konjac as a healthy food supplement.

[1]ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180
[1]Department of Agro industry, Faculty of Agriculture technology, Chiangmai Rajabhat University, Maerim, Chiangmai 50180
*Corresponding author, E-mail: apirada_rin@cmru.ac.th

Keywords: konjac, drying process, fat replacement, sausage

คำนำ

บุก (Amorphophallus konjac) มีถิ่นกำเนิดทางตะวันออกของเทือกเขาหิมาลัยไปจนถึงประเทศจีน ญี่ปุ่น และ ทางใต้ ไปถึงประเทศไทย อินโดนีเซีย จีน และฟิลิปปินส์ แต่เป็นที่รู้จักและนิยมบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศญี่ปุ่น เป็นพืชล้มลุก อยู่ใต้ผิวดินได้นานถึง 6 ปี ลักษณะกลมแบนบางชนิดมีเปลือกผิวขรุขระ เนื้อในหัวบุกมีลักษณะละเอียดเรียบเหมือนแป้งในพืชหัวอื่น ๆ แต่บุกจะมีเมือกลื่น ซึ่งเป็นผลึกของแคลเซียมออกซาเลต บุกมีเส้นใยอาหารธรรมชาติที่เอนไซม์ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ ทำหน้าที่เพิ่มกากใยแต่ไม่เพิ่มพลังงานและปริมาณน้ำตาล (วุฒินันท์ โนนลำดวน และคณะ, 2556) ผงบุกโดยทั่วไปมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ กลูโคแมนแนน 49-60% แป้ง 10-30% ใยอาหาร 2-5% โปรตีน 14% และน้ำตาลรีดิวซิง 3-5% ทั้งนี้ปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของบุก กลูโคแมนแนนเป็นองค์ประกอบหลักที่พบในหัวบุก เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยแมนโนสและกลูโคสในอัตราส่วน 3 : 2 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า-1, 4-กลูโคซิดิก ในโมเลกุลเส้นตรงของกลูโค-แมนแนนมีหมู่แอซีทิลกระจายอยู่ทั่วไปแบบมีแบบแผนบนสายโมเลกุลของคอนยักกลูโคแมนแนนประมาณ 5-10% (บุณฑริกา ยืนยง, 2543)

การสกัดผงบุกนั้นสามารถทำได้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง ซึ่งการทำแห้งนั้นอาจทำได้โดยการตากแดดหรืออบด้วยอากาศร้อน แล้วบดชิ้นบุกให้เป็นผงและนำส่วนที่บดได้มาแยกออกจากสารเจือปนด้วยการแยกลมเป่า ผลผลิตที่ได้จากวิธีนี้ค่อนข้างต่ำเนื่องจากเกิดการสูญเสียในกระบวนการเป่าแยกด้วยลม แต่ข้อดีของวิธีนี้คือเทคโนโลยีที่ใช้ไม่มีความซับซ้อนจึงเหมาะกับการแปรรูปในระดับชุมชน ผงบุกที่ได้จากกระบวนการทำแห้งมีปริมาณกลูโคแมนแนนประมาณ 73-74% วุฒินันท์ โนนลำดวน และคณะ (2556) ได้ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแป้งบุก ด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนองและการออกแบบส่วนผสมกลาง พบว่ากระบวนการผลิตแป้งบุกถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของสารกลูโคแมนแนนที่ได้ โดยเฉพาะขั้นตอนการทำแห้งด้วยความร้อนและเวลาที่ใช้ในการทำแห้ง โดยผงกลูโคแมนแนนที่ได้จากการสกัดแห้ง มีความหนืดและคุณภาพดีกว่าผงกลูโคแมนแนนจากผงบุกทางการค้าที่คาดว่าสกัดด้วยวิธีทางเคมี

ปัจจุบันมีการใช้ผงบุกในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เนื่องจากผงบุกสามารถดูดซับน้ำและเกิดการพองตัวเมื่อผสมกับน้ำ และมีคุณสมบัติที่สำคัญคือสามารถเกิดเจลได้ ให้เจลที่มีความแข็งแรงและยังมีความคงตัวสูงแม้นำไปต้มในน้ำเดือดซึ่งการให้ความร้อนแก่เจลมีส่วนทำให้เจลมีความแข็งแรงและเสถียรภาพเพิ่มขึ้น (ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี และคณะ, 2547) มีการนำเจลจากผงบุกมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ประเภทแยมและเยลลี ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป เป็นต้น มีการใช้เจลบุกทดแทนไขมันแข็งของหมูในไส้กรอกปลาอิมัลชันจากซูริมิ พบว่าปริมาณเจลบุกที่เพิ่มขึ้นจาก 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ทำให้ซูริมิที่ได้ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นและยังส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัสโดยซูริมิที่ได้มีค่า water holding capacity (WHC), hardness, springiness, cohesiveness, gumminess และ gel strength เพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าความคงตัวของอิมัลชันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (นิสานารถ กระแสร์ชล และคณะ, 2557) นอกจากนี้ยังมีการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพร โดยเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 0.18% ร่วมกับเจลบุก 3% ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความแข็งแรงของเจล เนื้อสัมผัสค่า hardness, springiness, cohesiveness และ chewiness มากกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ได้เติมเอนไซม์ร่วมกับเจลบุก (ศุภิสรา พิสุทธิ-โกศล และคณะ, 2561) เจลบุกยังสามารถใช้ร่วมกับองค์ประกอบอื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป เช่น มีการใช้เจลบุกร่วมกับอินนูลิน และสตาร์ช ในไส้กรอกพรีไบโอติก ไส้กรอกที่ได้จะมีค่าการอุ้มน้ำ ค่า hardness และค่า cohesiveness เพิ่มมากขึ้น (Fahimeh et al., 2019)

ในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตความต้องการวัตถุเจือปนอาหารในกลุ่มสารข้นหนืด สารก่อเจล และสารให้ความคงตัวต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมอาหารจะเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มของสารที่มาจากธรรมชาติ เช่น จากผงบุก ซึ่งในประเทศไทยมีผลผลิตบุกสดปีละมากกว่า 5,000 ตัน แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าประเทศไทยจะมีผลผลิตหัวบุกสดเป็นจำนวนมากต่อปีแต่ยังขาดความรู้ในการผลิตผงบุก และการใช้ผงบุกที่ได้ในการแปรรูปอาหาร อีกทั้งต้องอาศัยเทคโนโลยีการแปรรูปจากต่างประเทศเพื่อแปรรูปหัวบุกให้เป็นผงบุกและนำกลับเข้ามาจำหน่ายในประเทศจึงทำให้อุตสาหกรรมการแปรรูปบุกในประเทศไทยไม่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผงบุก และนำผงบุกที่ได้มาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เพื่อทดแทนไขมัน

ในผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้แก่หัวบุกและเป็นแนวทางกระบวนการผลิตผงบุกอย่างง่ายในระดับชุมชน ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัยนี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อการแปรรูปผงบุกโดยใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนและใช้การลงทุนที่ไม่สูง เป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการระดับวิสาหกิจชุมชนหรือระดับอุตสาหกรรมภายในประเทศ รวมถึงทราบแนวทางการใช้ประโยชน์จากผงบุกที่ได้จากการอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปโดยเฉพาะการนำมาใช้ในกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น อาหารไขมันต่ำ อาหารที่ต้องการเสริมเส้นใยอาหาร จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าการแปรรูปบุก และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากบุก

วิธีการศึกษา

การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้คือหัวบุกที่มีขนาด 1-1.50 กิโลกรัม เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน มกราคม-เมษายน ล้างทำความสะอาดเศษดินและสิ่งสกปรกออก ปอกเปลือกและหั่นหัวบุกเป็นแผ่นให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำเปล่า 3-5 รอบเพื่อกำจัดเมือกจนหมดและนำไปแช่ในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 0.20% นาน 5 นาที และล้างให้สะอาด ก่อนเข้าสู่การทำแห้งด้วยการอบในตู้อบลมร้อน (ดัดแปลงจาก Zhao et al., 2010)

กระบวนการทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน

ในการทำแห้งด้วยการอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ MMM รุ่น Venticell, Germany) อุณหภูมิและเวลาในการทดลองประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ 1) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 2) อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง 3) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง 4) อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง เมื่อครบตามอุณหภูมิและเวลาในการทดลองแล้วรอให้ตัวอย่างเย็นก่อนบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (ยี่ห้อ Foss รุ่น CT193 Cyclotec, China) และร่อนผงบุกผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh (ยี่ห้อ Endecotts รุ่น Octogon200, England) บรรจุผงบุกที่ได้แบบสุญญากาศโดยใช้บรรจุภัณฑ์ถุงไนลอนเก็บรักษานาน 1 สัปดาห์ก่อนนำมาวิเคราะห์คุณภาพ

การวิเคราะห์คุณภาพของผงบุก

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้ ค่าสีในระบบ CIE (โดยใช้เครื่อง chroma meter, CR-400,Konica, Japan) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ค่า water activity (โดยใช้เครื่องรุ่น series 4 TE) ใยอาหาร (AOAC, 2000) ค่าความชื้น (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000) และคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

การเตรียมเจลบุก

คัดเลือกผงบุกที่ได้จากกระบวนการอบแห้งที่มีปริมาณใยอาหารและมีโปรตีนสูงสุดมา 1 ตัวอย่าง โดยผงบุกดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในรูปของเจลบุก ซึ่งมีการเตรียมเจลบุกตามวิธีการดังนี้ ผงบุก 4% และน้ำ 93% ให้ความร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที หลังจากนั้นเติมแซนแทนกัม 3% ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่ช่วยในการเกิดเจล ให้ความร้อนต่ออีก 5 นาที ในระหว่างนี้ให้คนตัวอย่างเพื่อป้องกันการเกาะตัวกันเป็นก้อน จากนั้นเก็บเจลบุกไว้ในตู้เย็น 12 ชั่วโมงก่อนนำเจลบุกมาใช้ (ดัดแปลงจาก Akesowan, 2013)

วิเคราะห์คุณภาพของเจลบุกทางกายภาพ ดังนี้ ค่าสีในระบบ CIE (เครื่อง chroma meter, CR-400,Konica, Japan) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ ค่าเนื้อสัมผัสของเจลในด้าน ค่า hardness, springiness, cohesiveness และ chewiness โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA-XT plus เตรียมตัวอย่างเจลบุกให้มีความสูง 3 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร อุณหภูมิของตัวอย่าง 25±5 องศาเซลเซียส ในการวัดค่าเนื้อสัมผัสใช้หัววัด ½ นิ้ว 0.5 มิลลิเมตร (P/0.5) ค่า test speed 1.0 mm/s ระยะเจาะ 15 มิลลิเมตร ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ (ดัดแปลงจาก Jian et al., 2016)

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000) คาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2000)

การใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปโดยใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่มีสูตรพื้นฐานดังนี้ เนื้อไก่ 46.27% ไขมันหมู 23.14% น้ำ 23.14% แป้งมันสำปะหลัง 1.39% ฟอสเฟต 0.09% อีริทอร์เบต 0.09% เครื่องปรุงและเครื่องเทศ 6.02% (ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่, 2561) ศึกษาคุณภาพของไส้กรอกไก่ที่ใช้

เจลบุกทดแทนไขมันหมู โดยแบ่งเป็น 4 สิ่งทดลองดังนี้ 1) ใช้ไขมันหมู 23% (สูตรควบคุม) 2) ใช้ไขมันหมู 18% ต่อเจลบุก 5% 3) ใช้ไขมันหมู 13% ต่อเจลบุก 10% 4) ใช้ไขมันหมู 8% ต่อเจลบุก 15%

การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ดังนี้ ค่าสีในระบบ CIE (โดยใช้เครื่อง chroma meter, CR-400,Konica, Japan) ทำการวิเคราะห์ 5 ซ้ำ ค่าเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสรุ่น TA-XT plus ใช้ความเร็วหัวกด 360 มิลลิเมตรต่อนาที ค่า strain 50% และใช้หัววัด P/36R : 36 mm เตรียมตัวอย่างให้มีความสูง 2.5 เซนติเมตร ความกว้าง 3 เซนติเมตร อุณหภูมิของตัวอย่าง 25±5 องศาเซลเซียส ทดสอบในด้านค่า shear force, springiness และ cohesiveness ทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ (Atashkar et al., 2018)

การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (ถาวร จันทโชติ, 2561) โดยชั่งน้ำหนักไส้กรอกสด แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้เย็นโดยแช่ในน้ำเย็น ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำคำนวณการสูญเสียน้ำหนักดังนี้

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำหนักภายหลังจากการต้มสุก} = [(\text{น้ำหนักก่อนสุก} - \text{น้ำหนักหลังสุก}) / \text{น้ำหนักก่อนสุก}] \times 100$$

การอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ (ถาวร จันทโชติ, 2561) โดยใช้ไส้กรอกสับละเอียด 10 กรัมให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่ 90 องศาเซลเซียส 15 นาที ทำให้ตัวอย่างเย็นลง แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ 9,000 rpm นาน 20 นาที ชั่งน้ำหนักส่วนของเหลว และส่วนเนื้อที่ได้หลังจากเซนตริฟิวจ์ ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ คำนวณค่าการอุ้มน้ำ ดังนี้

$$\% \text{ ค่าการอุ้มน้ำ} = [(W2 - W1) / W1)] \times 100$$

เมื่อ W1 คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนปั่นเหวี่ยง

W2 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังปั่นเหวี่ยง

วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ดังนี้ ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2000) ไขมัน (AOAC, 2000) โปรตีน (AOAC, 2000)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomize Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least-Significant Different (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผงบุกที่ใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง, 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง, 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง และอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง มีค่าสี L* อยู่ระหว่าง 85.36 - 87.27 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในด้านค่าสี a* พบว่าการใช้อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีค่าสี a* 3.15 ที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมงผงบุกมีค่าสี a* 3.56 ที่ 75 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมงผงบุกมีค่าสี a* 3.52 และที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกจะมีค่าสี a* 3.23 ค่าสี a* ของผงบุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในด้านค่าสี b* พบว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่ส่งผลให้ค่าสี b* ของผงบุกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปัจจัยด้านอุณหภูมิและเวลาในการอบนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าสีโดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นผงบุกที่ได้มีแนวโน้มที่จะมีสีเข้มมากขึ้นนั่นคือค่าสี L* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่าสีของผงบุกสามารถเกิดได้ทั้งจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งในการอบแห้งนั้นการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่อาศัยเอนไซม์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดีขึ้นเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Zeng et al. (2020) ที่ทำการทำแห้งบุกโดยวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศพบว่าการใช้อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ผงบุกที่ได้จะมีสีเข้มมากกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ค่า water activity และค่าความชื้นของผงบุกแสดงดัง Table 1 การใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งทั้ง 4 สิ่งทดลองส่งผลต่อค่าความชื้นผงบุกโดยทั้ง 4 สิ่งทดลองมีความชื้นอยู่ระหว่าง 6.55-7.66% การใช้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลานาน 5 ชั่วโมง จะทำให้ผงบุกมีความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับ 6.55% ส่วนการใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เวลานาน

4 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้จะมีความชื้นสูงที่สุดเท่ากับ 7.07% แต่อย่างไรก็ตามความชื้นของผงบุกใน 4 สิ่งทดลองนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และค่าความชื้นของผงบุกทั้ง 4 สิ่งทดลองเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องแป้งบุก (มผช.1171/2549) ที่ระบุว่าแป้งบุกควรมีความชื้นไม่เกิน 12% โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ดังนั้นทั้ง 4 สิ่งทดลองให้ค่าความชื้นของผงบุกไม่เกินค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ในกระบวนการทำแห้งนั้นเป็นการใช้ลมร้อนเป็นตัวกลางในการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากผิวของบุก การใช้อุณหภูมิที่สูงและเวลาการทำแห้งที่นานขึ้นจะมีการถ่ายเทความร้อนในระหว่างการทำแห้งมากขึ้นส่งผลให้ผงบุกมีความชื้นลดลงซึ่งวิธีการทำแห้งนี้สามารถใช้งานได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูง ส่วนในด้านค่า water activity ของผงบุก พบว่าการใช้อุณหภูมิและเวลาในการอบทั้ง 4 สิ่งทดลองส่งผลให้ผงบุกมีค่า water activity อยู่ระหว่าง 0.26-0.39 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่า water activity เป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำต่ำสุดในอาหารที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งอาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.60 จัดเป็นอาหารแห้ง อาหารกลุ่มนี้จะเสื่อมเสียยาก ดังนั้นการสกัดแห้งด้วยตู้อบลมร้อนนั้นสามารถลดค่า water activity ในอาหารลงได้ซึ่งการลดค่า water activity ในอาหารจะช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ และชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารและจุลินทรีย์ก่อโรคทั้ง รา ยีสต์ แบคทีเรีย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผงบุกด้านค่าใยอาหาร และปริมาณไขมันของผงบุกแสดงดัง Table 2 ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผงบุกด้านปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตแสดงดัง Table 3

Table 1 Water activity and moisture content of konjac powder.

Treatment	Aw		Moisture (%)	
	4 Hrs.	5 Hrs.	4 Hrs.	5 Hrs.
Temp 65 °C	0.33 ± 0.04 ns	0.39 ± 0.03 ns	7.07+ 0.77 ns	7.66 ± 0.86 ns
Temp 75 °C	0.26 ± 0.07 ns	0.32 ± 0.04 ns	7.50 ± 0.69 ns	6.55 ± 0.90 ns

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.
ns = non-significance.

Table 2 Fiber and fat of konjac powder.

Treatment	Fiber (%)		Fat (%)	
	4 Hrs.	5 Hrs.	4 Hrs.	5 Hrs.
Temp 65 °C	4.18 ± 1.04 A	5.40 ± 0.83 B	0.84 ± 0.21 A	1.02 ± 0.17 A
Temp 75 °C	4.39 ± 0.76 A	4.80 ± 0.50 B	0.80 ± 0.39 A	0.90 ± 0.14 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.
ns = non-significance.

Table 3 Protein and carbohydrate of konjac powder.

Treatment	Protein (%)		Carbohydrate (%)	
	4 Hrs.	5 Hrs.	4 Hrs.	5 Hrs.
Temp 65 °C	7.30 ± 0.14 B	8.54 ± 0.21 A	78.94 ± 0.35 A	76.90 ± 0.29 B
Temp 75 °C	8.02 ± 0.59 A	8.40 ± 0.38 A	75.16 ± 0.39 C	74.39 ± 0.77 C

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.
ns = non-significance.

อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้งมีผลต่อค่าปริมาณใยอาหาร โดยการทำแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหาร 5.40% ซึ่งมีปริมาณใยอาหารมากที่สุด ส่วนผงบุกที่อบที่ 75 องศาเซลเซียส เวลานาน 4 ชั่วโมงและ 5 ชั่วโมงนั้นมีปริมาณใยอาหาร 4.39%และ 4.80% ตามลำดับ การทำแห้งที่อุณหภูมิสูงจะสกัดใยอาหารจากบุกได้น้อยกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ โดยในการทำแห้งนั้นช่วงอุณหภูมิในการทำแห้งที่เหมาะสมคือ 60-80 องศาเซลเซียส หากมีการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้โครงสร้างของเซลล์พืชแตกและเกิดการสูญเสียความคงตัวของพอลิแซ็กคาไรด์ แต่การสกัดที่อุณหภูมิต่ำอาจต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานทำให้เส้นใยมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำน้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิสูง (วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และคณะ, 2561) สอดคล้องกับรายงานของ หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และจิรพร สวัสดิการ (2561) ที่พบว่าอุณหภูมิในการทำแห้งมีผลต่อปริมาณใยอาหารการใช้อุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส จะมีใยอาหารน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งนั้นไม่มีผลต่อปริมาณไขมันในผงบุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การสกัดผงบุกที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมงจะให้ปริมาณโปรตีน 7.30% ซึ่งน้อยกว่าการสกัดที่อุณหภูมิและเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในด้านปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่าการสกัดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เวลา 4 ชั่วโมงผงบุกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 78.94% ซึ่งสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิและเวลาอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อย่างไรก็ตามผงบุกที่ได้จากงานวิจัยนี้ทั้ง 4 สิ่งทดลองมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับผงบุกจากงานวิจัยของ Bui et al. (2016) ที่อบแห้งบุกอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน วิเคราะห์องค์ประกอบในผงบุก พบว่าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 81% โปรตีน 9% และไขมัน 0.42%

ในงานวิจัยนี้ผงบุกที่ได้จะถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในรูปเจลบุกเพื่อทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ ซึ่งไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปที่มีไขมันสูงและมีใยอาหารน้อย ผงบุกที่จะนำมาใช้ควรช่วยปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารกลุ่มนี้ ดังนั้นจึงเลือกผงบุกจากสิ่งทดลองที่มีใยอาหารสูง ไขมันต่ำ และมีโปรตีนสูง โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ผงบุกที่ได้จากการอบแห้งที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมงเพราะมีปริมาณใยอาหารและปริมาณโปรตีนมากที่สุดช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนและใยอาหารในผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ได้ ในการเตรียมเจลบุกนั้นเมื่อนำผงบุกละลายน้ำร่วมกับการให้ความร้อน อนุภาคกลูโคแมนแนนจะดูดซึมน้ำแล้วเกิดการพองตัว ทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นและยังสามารถเกิดเป็นเจลบุกได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้แซนแทนกัม 3% เป็นไฮโดรคอลลอยด์ช่วยในการเกิดเจล ทำให้เจลที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรง เจลบุกที่ได้จะเป็นเจลที่ไม่สามารถผันกลับโดยความร้อน ผลจากวิเคราะห์คุณภาพของเจลบุก พบว่ามีค่าสี L* 43.42 ค่าสี a* 5.51 และ ค่าสี b* 7.02 มีค่าhardness 130.51 g cohesiveness 0.4412 springiness 0.9129 และ chewiness 52.41 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเจลบุกพบว่าประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 1.98% ไขมัน 0.07% โปรตีน 1.26% และมีปริมาณใยอาหาร 4.14% ค่าเนื้อสัมผัสของเจลบุกนั้นเป็นผลมาจากกลูโคแมนแนนที่เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์เมื่อได้รับความร้อนพอลิแซ็กคาไรด์จะพองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของเจล (Colmenero, 1996) เจลบุกที่ได้จะใช้ทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันโดยเจลบุกนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป กลูโคแมนแนนในบุกได้รับการรับรองจาก FDA ว่าเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ได้รับการรับรองว่ามีความปลอดภัย (generally recognized as safe: GRAS) (Zhang and Yang, 2014) ซึ่งผลของการใช้เจลบุกที่มีต่อค่าสีและค่าเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันแสดงดัง Table 4 และ Table 5

Table 4 Color properties of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	L*	a*	b*
Fat 23% (control)	77.52 ± 0.40 A	1.83 ± 0.11 A	13.19 ± 0.07 A
Fat 18% Konjac gel 5%	77.92 ± 0.16 A	1.78 ± 0.09 A	12.92 ± 0.14 A
Fat 13% Konjac gel 10%	74.09 ± 0.33 B	1.54 ± 0.17 B	9.72 ± 0.14 B
Fat 8% Konjac gel 15%	68.24 ± 0.41 C	1.47 ± 0.14 B	13.08 ± 0.12 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.

ns = non-significance.

Table 5 Textural properties of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	Shear force (g)	Springiness	Cohesiveness
Fat 23% (control)	1038 ± 53.27 A	0.81 ± 0.08 A	0.26 ± 0.11 A
Fat 18% Konjac gel 5%	1015 ± 66.32 A	0.83 ± 0.11 A	0.28 ± 0.14 A
Fat 13% Konjac gel 10%	1114 ± 49.14 A	0.84 ± 0.04 A	0.39 ± 0.16 A
Fat 8% Konjac gel 15%	1163 ± 75.64 A	0.86 ± 0.09 B	0.57 ± 0.20 B

* Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.
ns = non-significance.

จากผลการวิเคราะห์ด้านค่าสีของไส้กรอกพบว่า เมื่อใช้เจลบุกเพิ่มมากขึ้น ค่าสี L* ซึ่งบอกถึงค่าความสว่างของไส้กรอกมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับลักษณะปรากฏคือไส้กรอกที่ใช้เจลบุกทดแทนจะมีสีเข้มมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chin et al. (2000) ได้ศึกษาการใช้บุกผสมและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเป็นสารทดแทนไขมันในโบโลญญาไขมันต่ำ พบว่าโบโลญญาไขมันต่ำที่มีปริมาณบุกผสมเพิ่มขึ้นทำให้ความสว่างและสีเหลืองลดลง จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่าไส้กรอกที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกมีแนวโน้มด้านค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness เพิ่มขึ้นเนื่องจากกลูโคแมนแนนจะแทรกตัวในโปรตีนเมทริกซ์เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการพองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในไส้กรอกทำให้เกิดการยึดเกาะตัวกันของผลิตภัณฑ์มากขึ้น จึงส่งผลให้ไส้กรอกมีค่าเนื้อสัมผัสดังกล่าวเพิ่มขึ้น (Salcedo-Sandoval et al., 2015) เช่นเดียวกับการวิจัยที่ใช้เจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอก 10% พบว่าไส้กรอกที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมันจะมีค่า hardness ค่า springiness ค่า cohesiveness และ ค่า gumminess เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 20% (Kim et al., 2019) ซึ่งการใช้เจลบุกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันนั้นนอกจากจะใช้ทดแทนไขมันแล้วยังสามารถใช้เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปไขมันต่ำได้อีกด้วย โดยผลการวิเคราะห์ในด้านคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน และใยอาหารในไส้กรอกไก่อิมัลชัน แสดงดัง Table 6

Table 6 The proximate composition of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	Fat (%)	Fiber (%)	Protein (%)
Fat 23% (control)	29.49 ± 0.33 A	2.03 ± 0.77 C	15.19 ± 0.31 C
Fat 18% Konjac gel 5%	15.85 ± 0.16 B	4.51 ± 0.64 B	19.51 ± 0.14 A
Fat 13% Konjac gel 10%	13.34 ± 0.14 C	6.40 ± 0.98 A	18.91 ± 0.19 A
Fat 8% Konjac gel 15%	9.08 ± 0.24 D	7.41 ± 1.15 A	19.11 ± 0.33 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.
ns = non-significance.

ไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมัน 5%, 10% และ 15% มีปริมาณไขมัน 15.85%, 13.34% และ 9.08% ตามลำดับ และมีปริมาณโปรตีนในไส้กรอกเท่ากับ 19.51%, 18.91% และ 19.11% ตามลำดับ ส่วนไส้กรอกสูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 23% มีปริมาณไขมัน 29.49% และโปรตีน 15.19% ปริมาณไขมันและโปรตีนในไส้กรอกทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.331/2555 ที่ระบุว่าไส้กรอกต้องมีค่าไขมันไม่เกิน 30% โดยน้ำหนักของไส้กรอกไก่ และค่าโปรตีนไม่น้อยกว่า 13% โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2555) การทดแทนไขมันในไส้กรอกด้วยเจลบุกในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณไขมันในไส้กรอกมีค่าลดลง เนื่องจากบุกเป็นสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรต กลูโคแมนแนนในบุกจัดเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ซึ่งใยอาหารชนิดนี้สามารถรวมตัวกันกับน้ำได้ในปริมาณมาก เกิดเจลาติไนซ์และเกิดการกระจายโครงสร้างที่อัดแน่น อุ้มน้ำไว้ได้ดี จึงสามารถใช้ทดแทนหน้าที่ของไขมันเพื่อให้เกิดความข้นหนืด ความลื่นคล้ายไขมันได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มใยอาหารในไส้กรอกอีกด้วย ในบุกมีกลูโคแมนแนนซึ่งเป็นใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้และไม่สามารถย่อยโดยน้ำย่อยที่กระเพาะอาหาร จึงไม่ให้พลังงานกับ

ร่างกาย ดังนั้นไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมันจะมีใยอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุมเพราะในเจลบุกที่ใช้ทดแทนไขมันประกอบไปด้วยโปรตีน 1.26% เส้นใย 4.14% หากเปรียบเทียบระหว่างไส้กรอกไก่สูตรควบคุมและสูตรที่มีการใช้เจลบุกทดแทนไขมันจะเห็นได้ว่าสูตรที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมัน 15% มีปริมาณไขมันน้อยที่สุดคือ 9.08% และมีปริมาณใยอาหารมากที่สุดคือ 7.41% การใช้เจลบุกทดแทนไขมันในปริมาณมากขึ้นไส้กรอกที่ได้จะมีปริมาณไขมันลดลง มีเส้นใยและโปรตีนเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการใช้เจลบุกในไส้กรอกปลาที่พบว่าเมื่อเพิ่มการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกจะเป็นการลดไขมันแต่เพิ่มปริมาณโปรตีนและเถ้ามากขึ้น (นิสานารถ กระแสร์ชล และคณะ, 2558) ดังนั้นการใช้เจลบุกในไส้กรอกอิมิลชันนอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการแล้วยังให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่แก่ผลิตภัณฑ์ด้วย กลูโคแมนแนนในบุกจะเพิ่มความหนืดให้แก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งกลไกนี้จะช่วยลดการเคลื่อนที่และการชนกันของเม็ดไขมัน จึงทำให้เกิดความคงตัวให้แก่ไส้กรอกไก่อิมัลชันได้แม้ว่าจะมีการลดไขมันในส่วนประกอบลง ซึ่งผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์แสดงดัง Table 7

Table 7 Cooking loss and water holding capacity of chicken sausage formulated and replaced with different percentages of konjac gel.

Treatment	Cooking loss (%)	Water holding capacity (%)
Fat 23% (control)	4.49 ± 0.54 A	1.73 ± 0.10 B
Fat 18% Konjac gel 5%	4.85 ± 0.39 A	2.01 ± 0.34 A
Fat 13% Konjac gel 10%	5.04 ± 0.48 A	2.40 ± 0.36 A
Fat 8% Konjac gel 15%	5.08 ± 0.11 A	2.41 ± 0.14 A

*Different letters indicate differences determined by Least-Significant Different (LSD) at the 95 percent level of significance.
ns = non-significance.

ไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมันจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากกลูโคแมนแนนที่เป็นองค์ประกอบในบุกอยู่ในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ เพราะมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระเป็นจำนวนมาก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ เกิดการเกาะตัวกันของน้ำตามโครงข่ายไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน จึงช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำให้กับไส้กรอกที่มีการใช้เจลบุกเป็นส่วนประกอบ (Wei et al., 2015) ดังนั้นไส้กรอกที่มีการใช้เจลบุกเพิ่มขึ้นจึงมีแนวโน้มที่มีการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เจลบุกทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นไส้กรอกจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการสูญเสียความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มมากขึ้นจากการทดแทนไขมันด้วยองค์ประกอบอื่น เช่น การทดแทนไขมันด้วยสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ ใยอาหาร และแป้ง เป็นต้น ทำให้เกิดส่วนเกินของน้ำขึ้นมาในระบบอิมัลชัน มีรายงานวิจัยพบว่าในไส้กรอกแฟรงก์เฟิร์ตที่ใช้สารทดแทนไขมัน 30-50% จะมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นและความคงตัวของอิมัลชันลดลง (Crehan et al., 2000) สอดคล้องกับรายงานของ Kim et al. (2019) ที่พบว่าการใช้เจลบุก 10% ในไส้กรอกแฟรงก์เฟิร์ตจะมีการสูญเสียน้ำหนัก 5.43% แต่สูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 20% มีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 4.55% เช่นเดียวกับ Osburn and Keeton (2004) ที่พบว่าไส้กรอกที่ใช้เจลบุกทดแทนไขมัน 20% มีการสูญเสียน้ำหนักหลังจากให้ความร้อนมากกว่าสูตรควบคุม

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกไก่ทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลบุก 10% และใช้ไขมัน 13% เป็นอัตราส่วนที่มีการทดแทนไขมันด้วยเจลบุกที่ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันลดลง มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งยังให้คุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านของค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness ไม่ต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ส่วนการใช้เจลบุกทดแทนไขมัน 15% เป็นสูตรที่ทำให้ไส้กรอกมีปริมาณไขมันต่ำที่สุด มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงที่สุดแต่การใช้เจลบุกทดแทนไขมัน 15% จะมีข้อจำกัดในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส โดยผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ได้จะมีความแน่นเนื้อและความเหนียวสูงกว่าสูตรควบคุม ซึ่งผลจากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปผงบุกโดยใช้เทคโนโลยีการแปรรูปแบบดั้งเดิมใช้อุปกรณ์ที่มีราคาไม่สูง และผงบุกที่ได้จากการทำแห้งสามารถนำมาใช้ในอาหารแปรรูปในกลุ่มของอาหารเพื่อสุขภาพ โดยสามารถใช้แทนไขมันในกลุ่มของอาหารแปรรูปจากเนื้อสัตว์ได้ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน จึงสามารถใช้เป็นแนวทางในการแปรรูปผลิตภัณฑ์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมได้

สรุปผลการศึกษา

อุณหภูมิและเวลาในการอบแห้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผงบุก การอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง ผงบุกที่ได้มีปริมาณใยอาหารและปริมาณโปรตีนสูงสุดเท่ากับ 5.40% และ 8.54% ตามลำดับ ผงบุกที่ได้มาใช้ในรูปของเจลบุกโดยเจลบุกที่ได้ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 1.98% ไขมัน 0.07% โปรตีน 1.26% และมีปริมาณใยอาหาร 4.14% การใช้เจลบุกเพื่อทดแทนไขมันในไส้กรอกไก่สามารถช่วยเสริมคุณค่าทางโภชนาการและปรับปรุงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ซึ่ง การใช้เจลบุกทดแทนไขมันในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ไส้กรอกไก่มีค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness มากขึ้น ทั้งยังสามารถลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณใยอาหาร เพิ่มปริมาณโปรตีนในไส้กรอกไก่ได้ โดยไส้กรอกไก่ที่ใช้เจลบุก 10% และใช้ไขมัน 13% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณไขมันลดลง มีปริมาณโปรตีนและใยอาหารสูงขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านของค่า shear force, ค่า springiness และค่า cohesiveness ไม่ต่างจากสูตรควบคุม

เอกสารอ้างอิง

ฉวีวรรณ พันธุ์ไชยศรี, อุมาพร ศิริพินท์ และวิจิตรา แดงปรก. 2547. *การผลิตกุนเชียงไขมันต่ำจากบุก*. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.

ถาวร จันทโชติ. 2561. ผลของการเติมคาราจีแนนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* 28(3): 605-616.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. *เคมีอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นิสานารถ กระแสร์ชล, พรนภา น้อยพันธ์, พีระภัทร ชะอุ่มเครือ, สุมาลี เสือเถื่อน, เอมมิกา นวลใย และอรรถพล วิเศษลา. 2558. ผลของเจลบุกและอุณหภูมิการเซตตัวต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาลดไขมันที่ทำจากซูริมิ. คลังความรู้ดิจิทัล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://annualconference.ku.ac.th/cd53/04_019_P72.pdf (14 เมษายน 2564).

บุณฑริกา ยืนยง. 2543. การใช้แป้งบุกเพื่อการผลิตแผ่นฟิล์มบริโภค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สันทัด วิเชียร โชติ, วัชรี บุญถนอม และสุรางค์ ทองสุวรรณ์. 2561. ผลของสภาวะการสกัดต่อคุณภาพของเส้นใยอาหารผงจากกากมะตูม. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี* 20(3): 110-123.

วุฒินันท์ โนนลำดวน, ณัฐพล ภูมิสะอาด, ละมุล วิเศษ และชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. 2556. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำแห้งแป้งบุกด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง และการออกแบบส่วนผสมกลาง. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ*. 6(2): 55-63.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่. 2561. *การแปรรูปเนื้อสุกรสำหรับผลิตภัณฑ์ยุโรป*. เชียงใหม่: กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งบุก มผช. 1171/2549*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2555. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกไก่ มผช. 331/2555*. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศุภิสรา พิสุทธิโกศล, พัชรพร จิรแพศยสุข และวรางคณา สมพงษ์. 2561. การผลิตลูกชิ้นปลาเสริมเจลบุกและสมุนไพร. *Thai Science and Technology Journal* 26(2): 224-235.

หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และจิรพร สวัสดิการ. 2561. ปริมาณใยอาหารและคุณสมบัติการต้านแบคทีเรียของใยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี* 12(1): 178-185.

Akesowan, A. 2013. Quality of light pork sausages containing konjac flour improved by texturizing ingredients. *Journal of Animal and Plant Sciences* 23(4): 1012-1018.

AOAC. 2000. *Official methods of analysis of AOAC international*. 17th ed. Verginia, USA: Association of Official Analysis Chemists.

Atashkar, M., Hojjatoleslamy, M., and Sedaghat, B. L. 2018. The influence of fat substitution with K-carrageenan, konjac, and tragacanth on the textural properties of low-fat sausage. *Food Science & Nutrition* 6(4): 1015-1022.

Bui, C. V., Siriwatwechakul, W., Tiyabhorn, W., Wattanasiritham, T., Limpraditthanont, N., and Boonyarattanakalin, S. 2016. Conversion of konjac powder into glucomannan-oligosaccharides, mannose, and glucose by hydrolysis facilitated by microwave heating and HCl catalyst. *The Journal of Industrial Technology* 12(2): 45-61.

Chin, K. B., Keeton, J. T., Miller, R. K., Longnecker, M. T., and Lamkey, J. W. 2000. Evaluation of konjac blends and soy protein isolate as fat replacements in low-fat bologna. *Journal of Food Science* 65(5): 756-763.

Colmenero, F. J. 1996. Technologies for developing low-fat meat products. *Trends in Food Science & Technology* 7(2): 41-48.

Crehan, C. M., Hughes, E., Troy, D. J., and Buckley, D. J. 2000. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science* 55(4): 463-469.

Fahimeh, S., Khadijeh, A., Karimian, K. N., Hedayat, H., and Mojtaba, J. 2019. Optimisation of functional sausage formulation with konjac and inulin: using D-Optimal mixture design. *Foods and Raw Materials* 7(1): 177-184.

Jian, W., Wu, H., Wu, L., Wu, Y., Jia, L., Pang, J., and Sun, Y. M. 2016. Effect of molecular characteristics of Konjac glucomannan on gelling and rheological properties of Tilapia myofibrillar protein. *Carbohydrate Polymers* 150: 21-31.

Kim, D. H., Shin, D. M., Seo, H. G., and Han, S. G. 2019. Effects of konjac gel with vegetable powders as fat replacers in frankfurter-type sausage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 32(8): 1195-1204.

Osburn, W. N., and Keeton, J. T. 2004. Evaluation of low-fat sausage containing desinewed lamb and konjac gel. *Meat Science* 68(2): 221-233.

Salcedo-Sandoval, L., Ruiz-Capillas, C., Cofrades, S., Triki, M., and Jiménez-Colmenero, F. 2015. Shelf-life of n-3 PUFA enriched frankfurters formulated with a konjac-based oil bulking agent. *LWT-Food Science and Technology* 62(1): 711-717.

Wei, X., Pang, J., Zhang, C., Yu, C., Chen, H., and Xie, B. 2015. Structure and properties of moisture-resistant konjac glucomannan films coated with shellac/stearic acid coating. *Carbohydrate Polymers* 118: 119-125.

Zeng, Z., Chen, M., Wang, X., Wu, W., Zheng, Z., Hu, Z., and Ma, B. 2020. Modeling and optimization for konjac vacuum drying based on response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Processes* 8(11): 1430-1447.

Zhang, C., and Yang, F. Q. 2014. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide for OCDDS. *Carbohydrate Polymers* 104: 175-181.

Zhao, J., Zhang, D., Srzednicki, G., Kanlayanarat, S., and Borompichaichartkul, C. 2010. Development of a low-cost two-stage technique for production of low-sulphur purified konjac flour. *International Food Research Journal* 17(4): 1113-1124.

วันรับบทความ : (Received date) : 17 พ.ค. 64
วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 4 พ.ย. 64
วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 11 เม.ย. 65