

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชันลดไขมันโดยใช้คาร์ราจีแนนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

Product Development of Reduced Fat Chicken Emulsion-Type Sausage Using Carrageenan and Soy Protein Isolate

อภิรดา พรปณณวิญญู* เบนจววรรณ เขื่อนเพชร และกรรณิการ์ ฟุงเจริญศักดิ์
 Apirada Phonpanawit*, Benchawan Khueanphet and Kannikar Fungcharoensak

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ 50180
 Department of Agro industry, Faculty of Agriculture technology, Chiangmai Rajabhat University, Maerim, Chiangmai
 50180, Thailand

*Corresponding author, e-mail: aear2002@hotmail.com

(Received: May 26, 2020; Revised: Oct 14, 2020; Accepted: May 31, 2021)

บทคัดย่อ

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้รับความนิยมในผู้บริโภค แต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูงจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อลดปริมาณไขมันลงโดยใช้คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมาทดแทน จึงวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของไขมัน คาร์ราจีแนน และ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมัน วางแผนการทดลองแบบ Mixture design ปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย ได้แก่ ไขมัน 0.50-0.70 หมายถึงไขมัน 5.00-7.00% ในส่วนผสมหลัก คาร์ราจีแนน 0.10-0.30 หมายถึงคาร์ราจีแนน 1.00-3.00% ในส่วนผสมหลัก โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 0.20-0.35 หมายถึงโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 2.00-3.50% ในส่วนผสมหลัก ซึ่งปัจจัยทั้งสามมีผลต่อค่าความแข็ง ค่าการแตกหัก ค่าการยืดเกาะและปริมาณไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณที่เหมาะสมของทั้งสามปัจจัย ได้แก่ ไขมัน 0.56 คาร์ราจีแนน 0.17 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 0.27 หมายถึงไขมัน 5.6% ในส่วนผสมหลัก คาร์ราจีแนน 1.70% ในส่วนผสมหลัก และ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 2.70% ในส่วนผสมหลัก การใช้ปัจจัยในปริมาณที่เหมาะสมดังกล่าวทำให้ไส้กรอกมีค่าเนื้อสัมผัส ดังนี้ ค่าความแข็ง 57.31 N ค่าการยืดหยุ่น 0.82 ค่าการแตกหัก 0.08 N และค่าการ ยืดติด -0.31 N/sec ทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณโปรตีน 14.14% ปริมาณไขมันทั้งหมด 4.16% ปริมาณพลังงาน 122.80 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ดังนั้นการใช้คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร่วมกันสามารถลดปริมาณไขมันในไส้กรอกไก่อิมัลชันลงได้ ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และได้ผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ

คำสำคัญ : คาร์ราจีแนน โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ไส้กรอกไก่ลดไขมัน

Abstract

Sausage is a popular processed consumer product. Rather, it is a product with a high content of saturated fat, the product therefore has been developed to reduce fat content by using carrageenan and soy protein isolate as replacement. The objective of this research was to study the optimal content of fat, carrageenan and soy protein isolate in reduced fat chicken sausage products. The experiment is planned using Mixture design to determine three main factors: 0.50-0.70 fat refers to 5.00-7.00% main ingredient, carrageenan 0.10-0.30 refers to carrageenan 1.00-3.00% main ingredient and soy protein isolate 0.20-0.35 refers to soy protein isolate 2.00-3.50% main ingredient. The three factors had a statistically significant effect on hardness, fracturability, cohesiveness, and fat content ($p < 0.05$). The optimal formulation of three components consisted of fat 0.56, carrageenan 0.17, and soy protein isolate 0.27, which meant fat 5.6% in the main ingredient, carrageenan 1.70% in the main ingredient, and soy protein isolate 2.70% in the main ingredient. The principle of using optimal formulation caused the result in hardness at a value of 57.31 N, cohesiveness value of 0.40, springiness value of 0.82, fracturability value of 0.08 N and

adhesiveness -0.31 N/s. In terms of nutritional value, the product had a protein content of 14.14%, fat content of 4.16% and calories content of 122.80 kcal/100 g. Therefore, using carrageenan and soy protein isolate together can reduce the fat content in chicken sausage. It improves the texture of the product and generates alternative products for health

Keywords: Carrageenan, Soy protein isolate, Reduced fat chicken sausage

บทนำ

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปเนื้อสัตว์จัดได้ว่าอยู่ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ลดขนาดบดละเอียดอิมัลชัน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ถูกบดด้วยเครื่องบดและสับละเอียดจนโครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงโดยมีโปรตีนไมโอซินละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปกลุ่มไส้กรอก แฮม เบคอนได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เช่นในเดือนมกราคม ปี 2562 มีปริมาณการจำหน่ายในประเทศถึง 358.740 ตัน (The office of industrial economics, 2019, p. 12) แต่อย่างไรก็ตามไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันอิ่มตัวสูง หากรับประทานเป็นระยะเวลานานอาจทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคไขมันอุดตันในเลือด และโรคติดต่อไม่เรื้อรังหรือ NCDs (Non-Communicable Diseases) เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงพฤติกรรมของคนไทยที่บริโภคอาหารบางประเภทที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพ เช่น กลุ่มอาหารฟาสต์ฟู้ด กลุ่มอาหารที่มีไขมันสูง

ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกนั้นไขมันเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญนอกจากจะทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่ดีแล้วยังมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว และลดการสูญเสียน้ำหนักหลังจากให้ความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปไส้กรอกอิมัลชันจะมีไขมันสูงถึง 25-30% (Choi *et al.*, 2010, pp. 2012-2014) ดังนั้นการลดปริมาณไขมันในไส้กรอกอิมัลชันจึงส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น เกิดการสูญเสียน้ำหนักหลังจากให้ความร้อนมากขึ้น เกิดเนื้อสัมผัสที่แห้ง แข็ง ปัจจุบันจึงมีการใช้สารทดแทนไขมัน เช่น คาร์ราจีแนนซึ่งเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ที่มีคุณสมบัติหลากหลาย ช่วยให้สารมีลักษณะข้นหนืด ทำให้เกิดเจลรักษาความคงตัว ช่วยให้น้ำหนักน้ำมันเข้ากันดี รวมทั้งเป็นสารช่วยในการจับน้ำ ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันนั้นคาร์ราจีแนนสามารถเพิ่มความคงตัวของอิมัลชัน และปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันลดไขมันได้ เช่น ไส้กรอกเนื้อวัวที่ใช้แคปปา-คาร์ราจีแนน 1.0% เป็นสารทดแทนไขมันมีค่าเนื้อสัมผัสด้านSpringiness และ Chewiness ของไส้กรอกไม่ต่างจากไส้กรอกเนื้อวัวที่ในสูตรปกติที่ไม่มีการลดไขมัน (Atashkar, M *et al.*, 2018, pp. 1015-1022)

นอกจากสารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์แล้วยังมีการใช้สารทดแทนไขมันที่ได้จากโปรตีน เช่น โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ซึ่งมีองค์ประกอบของโปรตีนประมาณ 90% หน้าที่สำคัญของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองคือสามารถสร้างเจลเป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายร่างแหที่สามารถกักน้ำ ไขมัน และของแข็งให้อยู่รวมกันได้ ซึ่งเป็นผลทำให้ความคงตัวของอิมัลชันดีขึ้น (De Souza Paglarini *et al.*, 2019, pp. 454-455) และยังมีคุณสมบัติช่วยในการจับและยึดเกาะกับน้ำเพื่อให้เกิดอิมัลชันกับไขมัน ใช้ทดแทนไขมันได้ แต่อย่างไรก็ตามการใช้สารทดแทนไขมันเพียงชนิดเดียวเช่น การใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวจะเกิดผลต่อไส้กรอกลดไขมันในด้านของกลิ่นและเนื้อสัมผัส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นถั่วเหลืองและมีเนื้อสัมผัสที่แห้ง แข็ง ไม่น่ารับประทาน Nasonova & Tunieva (2019, pp. 3-4) ศึกษาการเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนไขมันในไส้กรอกพบว่า การใช้โปรตีนสกัดถั่วเหลืองต่อน้ำในอัตราส่วน 1ต่อ5 ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีไขมันลดลงเหลือ 14.6% แต่ทำให้เนื้อสัมผัสของไส้กรอกมีความแข็งมากขึ้นและเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี เช่นเดียวกับ Angor & Al-Abdullah (2010, pp. 317-326) ที่พบว่าการใช้โปรตีนสกัดถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไส้แฮมเบอร์เกอร์จากเนื้อวัวมีการอุ้มน้ำดีขึ้นและปริมาณโปรตีนสูงขึ้น ปริมาณไขมันลดลงแต่ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ำ ดังนั้นการใช้สารทดแทนไขมันเพียงชนิดเดียวอาจไม่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดไขมันมีเนื้อสัมผัส และลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับการใช้ไขมันได้

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนร่วมกับสารทดแทนไขมันประเภทไฮโดรคอลลอยด์เพื่อให้ได้ไส้กรอกลดไขมันที่เนื้อสัมผัสและคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้ไขมัน โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมของไส้กรอกใกล้เคียงไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันช่วยลดการใช้ปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก แต่ไส้กรอกยังคงมีคุณลักษณะและคุณภาพที่ไม่ต่างจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั่วไป เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกกับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพและเพิ่มความปลอดภัยให้กับผลิตภัณฑ์

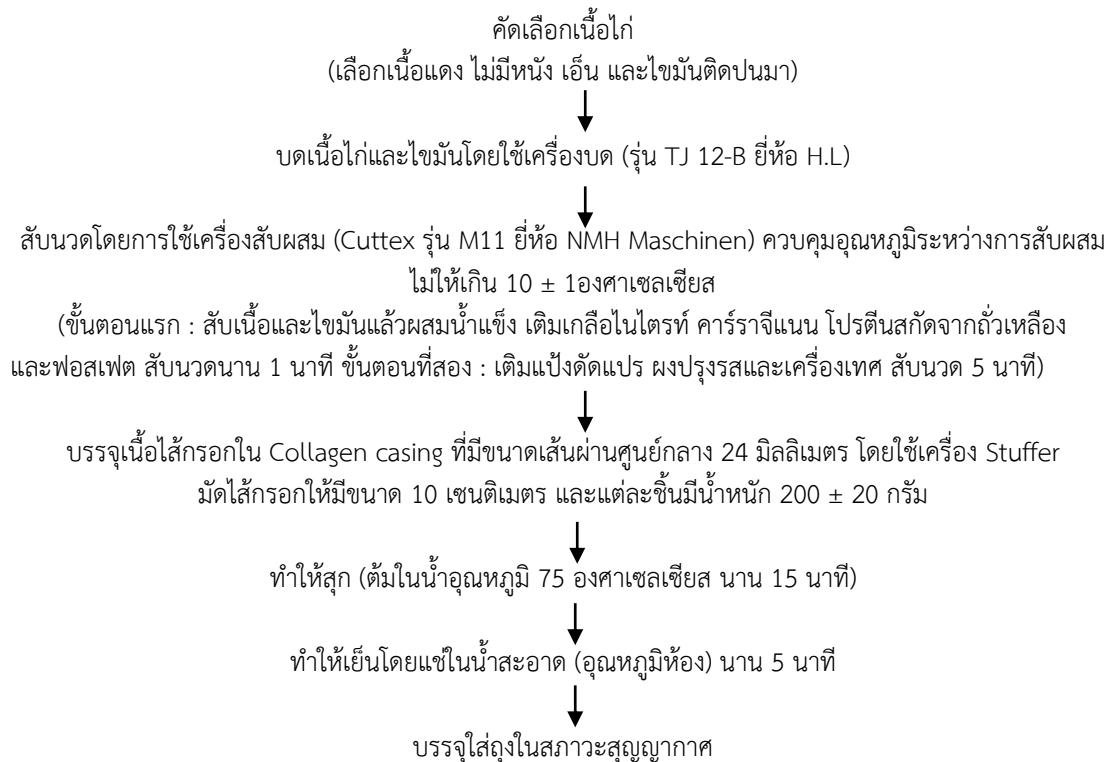
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมัน
2. เพื่อประเมินคุณภาพทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กระบวนการผลิต

วัตถุดิบหลักที่ใช้ได้แก่ 1) เนื้อไก่ส่วนนอกไก่เตรียมเนื้อไก่ที่จะใช้โดยเลาะเอ็น หนัง และไขมันส่วนเกินออก นำไปบดด้วยเครื่องบด 2 รอบ 2) ไขมันจากมันหมูแข็ง 3) คาร์ราจีแนนชนิดแคปปา-คาร์ราจีแนน และ 4) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่มีปริมาณโปรตีน 91% ในสูตรการผลิตประกอบด้วยปริมาณของส่วนผสมหลัก (100%) ดังนี้ เนื้อไก่ 80% น้ำแข็ง 10% ไขมัน 10% (ปริมาณไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง เป็นส่วนที่ผันแปรตามการทดลองดังตารางที่ 1) ส่วนเครื่องปรุง ได้แก่ แป้งคัสแคว 5% ของส่วนผสมหลัก เกลือไนไตรท์ 1.7% ของส่วนผสมหลัก ฟอสเฟต 3% ของส่วนผสมหลัก ผงปรุงรสและเครื่องเทศ 0.85% ของส่วนผสมหลัก



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ

ที่มา : Chiang mai livestock product research and development center, 2018, p. 35

2. การศึกษาปริมาณไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เหมาะสมในไส้กรอกไก่ลดไขมัน

ศึกษาปริมาณของไขมันโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและคาร์ราจีแนนโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบผสม

(Mixture design) ปัจจัยที่ต้องศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ไขมันระดับ 0.50-0.70 คาร์ราจีแนนระดับ 0.10-0.30 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองระดับ 0.20-0.35 ได้สูตรสิ่งทดลอง 12 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการออกแบบสิ่งทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design

สิ่งทดลอง	ไขมัน(%ในส่วนผสมหลัก)	โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (%ในส่วนผสมหลัก)	คาร์ราจีแนน(%ในส่วนผสมหลัก)
1	0.63 (6.30%)	0.24 (2.40%)	0.13 (1.30%)
2	0.53 (5.30%)	0.24 (2.40%)	0.23 (2.30%)
3	0.60 (6.00%)	0.20 (2.00%)	0.20 (2.00%)
4	0.50 (5.00%)	0.35 (3.50%)	0.15 (1.50%)
5	0.50 (5.00%)	0.20 (2.00%)	0.30 (3.00%)
6	0.56 (5.60%)	0.28 (2.80%)	0.16 (1.60%)
7	0.63 (6.30%)	0.28 (2.80%)	0.10 (1.00%)
8	0.50 (5.00%)	0.28 (2.80%)	0.23 (2.30%)
9	0.70 (7.00%)	0.20 (2.00%)	0.10 (1.00%)
10	0.50 (5.00%)	0.20 (2.00%)	0.30 (3.00%)
11	0.55 (5.50%)	0.35 (3.50%)	0.10 (1.00%)
12	0.70 (7.00%)	0.20 (2.00%)	0.10 (1.00%)

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพด้านสีและเนื้อสัมผัส วัดค่าสีในระบบ CIE โดยวัดค่าสีของตัวอย่างที่ผิวด้านนอก การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสทำโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA-XT plus ใช้ความเร็วหัวกด 360 มิลลิเมตรต่อนาที ค่า Strain 50% และใช้หัววัด P/36R : 36 mm เตรียมตัวอย่างให้มี ความสูง 2.5 เซนติเมตร ใช้การทดสอบ ลักษณะเนื้อสัมผัสแบบ TPA (Texture profile analysis) ในด้าน Hardness, Cohesiveness, Springiness, Fracturability และ Adhesiveness (Atashkar, M *et al.*, 2018, p.1017) และ วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยใช้วิธี Soxhlet method 991.36 (AOAC, 2000, p. 3)

3. การศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังจากที่ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และทราบปริมาณของไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เหมาะสมแล้วโดยประเมินคุณภาพทางกายภาพในด้านสีโดยวัดค่าสีในระบบ CIE ประเมินค่าลักษณะเนื้อสัมผัสในด้าน Hardness, Cohesiveness, Springiness, Fracturability และ Adhesiveness (Atashkar, M *et al.*, 2018, p. 1017) ประเมินค่าการสูญเสีย น้ำหนักหลังจากได้รับความร้อน (Juntachote 2018, p. 609) เปรียบเทียบกับชุดควบคุมคือสูตรที่ไม่มีการใช้สารทดแทนไขมันซึ่งส่วนผสมหลักประกอบด้วยเนื้อไก่ 80% น้ำแข็ง 10% ไขมัน 10%

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ตามฉลากโภชนาการ ได้แก่ ค่าพลังงานทั้งหมด พลังงานจากไขมัน ไขมันทั้งหมด และไขมันอิ่มตัว โคลเลสเตอรอล โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โยอาหาร น้ำตาล โซเดียม วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 แคลเซียม และเหล็ก โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้รับการรับรองมาตรฐานตาม ISO/IEC 17025 และประเมินทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยใช้สเกลความชอบ 9 ระดับ ได้แก่ ชอบมากที่สุด = 9 ชอบมาก = 8 ชอบปานกลาง = 7 ชอบเล็กน้อย = 6 เฉย ๆ = 5 ไม่ชอบเล็กน้อย = 4 ไม่ชอบปานกลาง = 3 ไม่ชอบมาก = 2 ไม่ชอบมากที่สุด = 1 ใช้ผู้ทดสอบคือผู้บริโภคทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ประเมินคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความเหนียว ความยืดหยุ่น ความนุ่ม และความชอบรับโดยรวม ตัวอย่างที่ผู้ทดสอบได้รับมีขนาด 30 กรัม ความยาวประมาณ 1.5 นิ้ว

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ศึกษาปริมาณของไขมัน โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และคาร์ราจีแนน โดยออกแบบการทดลองแบบ D-optimal mixture experimental design วิเคราะห์รีเกรสชันประเมินการตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิว (Response surface methodology ; RSM) เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของไขมัน คาร์ราจีแนน โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เพื่อวิเคราะห์ผลด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายในด้านค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการสูญเสียน้ำหนักหลังจากได้รับความร้อน

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เหมาะสมในไส้กรอกไก่ลดไขมัน

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 สิ่งทดลอง พบว่า ค่าสี L^* ผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 64.87-74.42 ค่าสี L^* มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับปริมาณของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ซึ่งเมื่อใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นค่าสี L^* มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้น ส่วนการใช้คาร์ราจีแนนในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าสี L^* ของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Juntachote (2018, p. 612) พบว่าไส้กรอกที่เติมคาร์ราจีแนน 2% มีค่าสี L^* ลดลง มีแนวโน้มจะมีค่ามากขึ้น ค่าสี a^* ผิวด้านนอกอยู่ในช่วง 3.86-7.07 ค่าสี b^* ผิวด้านนอกอยู่ในช่วง 13.90-17.64

ผลการวิเคราะห์คุณภาพค่าเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ทั้ง 12 สิ่งทดลองมีค่า Hardness อยู่ในช่วง 75.52-122.42 N ค่า Cohesiveness อยู่ในช่วง 0.33-0.48 ค่า Springiness อยู่ในช่วง 0.79-0.85 ค่า Fracturability อยู่ในช่วง 0.07-0.12 N และค่า Adhesiveness อยู่ในช่วง (-1.16)-(-0.53) N/sec การใช้ไขมัน โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และคาร์ราจีแนนในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Juntachote (2018, p. 612) พบว่าการเติมคาร์ราจีแนนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกไก่ไขมันต่ำ พบว่าเมื่อเติมคาร์ราจีแนน 1-2% จะได้ค่า Springiness เท่ากับ 0.95-0.97 เช่นเดียวกับ Panyathitipong & Puechkamut (2010, pp. 674-675) พบว่าการใช้เต้าหู้ผงร่วมกับคาร์ราจีแนนทำให้ผลิตภัณฑ์ซุริมีค่า Hardness 8298.01-8841.38 g และค่า Springiness 0.907-0.915 คาร์ราจีแนนมีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิกจึงดูดน้ำไว้ซึ่งส่งผลในด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มความคงตัวเพิ่มคุณสมบัติความง่ายต่อการหั่นผลิตภัณฑ์เป็นชิ้น และเพิ่มความนุ่มให้กับผลิตภัณฑ์ รักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำคาร์ราจีแนนไปใช้กับอาหารที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหมู่ซัลเฟตโนโมเลกุลของคาร์ราจีแนนจะสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ที่มีประจุโมเลกุลของโปรตีนได้ นอกจากนี้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองยังมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอกโดยเมื่อเกิดการสูญเสียสภาพตามธรรมชาติของโปรตีนทำให้ส่วนที่เป็นไฮโดรโฟบิกเปิดตัวออกมา ความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงการพองตัวลดลง โปรตีนจึงไม่ดูดซับน้ำแต่สร้างเจลเป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายร่างแหที่สามารถกักน้ำ ไขมัน และของแข็งให้อยู่รวมกันได้ส่งผลต่อค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งในโครงสร้างของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองจะมีทั้งกลุ่มของ ลิโปฟิลิกและไฮโดรฟิลิก ทำให้สามารถยึดเกาะกับน้ำและไขมันได้มาก มีการกระจายตัวในน้ำได้ง่าย และช่วยในการอุ่มน้ำ (Rattanapanon, 2014, pp. 205-207)

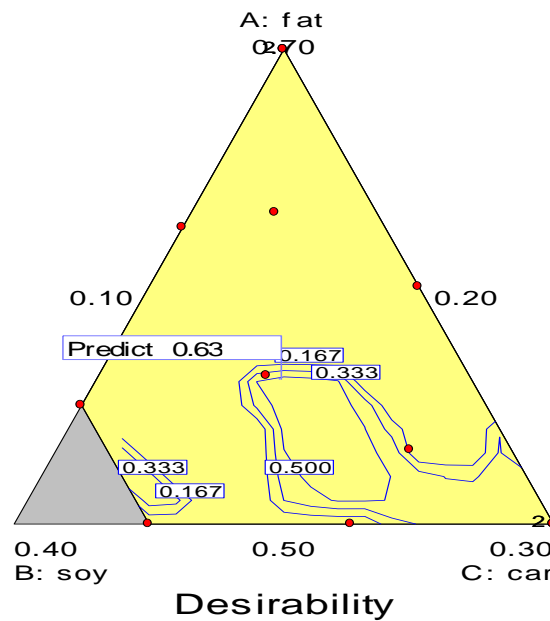
ผลการวิเคราะห์ค่าไขมัน พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 7.97-13.21% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับไขมัน เมื่อใส่ไขมันในปริมาณเพิ่มมากขึ้นค่าไขมันจะเพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และคาร์ราจีแนนนั้นทำหน้าที่ทดแทนไขมันมีเป้าหมายเพื่อที่จะให้มีความหนืด ความลื่นมัน การดูดซับ และคุณภาพต่าง ๆ เช่นเดียวกับไขมัน ซึ่งโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองนั้นจัดอยู่ในสารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีน ทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับน้ำโดยจะเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำทำให้น้ำถูกจับไว้ในโมเลกุลของโปรตีนจึงสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันได้ (Rattanapanon, 2014, p. 265) และช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำเกิดอิมัลชัน ปรับปรุงความรู้สึกระหว่างอยู่ในปาก และเนื้อสัมผัส แต่มีข้อจำกัดในการใช้โดยไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด และผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสเหมือนไขมันเนื่องจากโปรตีนสามารถเสียสภาพเมื่อถูกความร้อนและเกิดการจับตัวเป็นก้อน ดังนั้นจึงปรับปรุงคุณลักษณะของสารทดแทนในกลุ่มนี้เพื่อให้เกิดสมบัติเฉพาะที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดไขมัน โดยการใช้คาร์ราจีแนนร่วมด้วย ซึ่งคาร์ราจีแนนเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์สามารถดูดซับน้ำได้เกิน 4 เท่าของน้ำหนักสามารถสร้างเจลเป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายร่างแหที่สามารถกักน้ำ ไขมัน และของแข็งให้อยู่รวมกันได้ ซึ่งเป็นผลทำให้ความคงตัวของอิมัลชันดีขึ้น (Sun, L et al., 2015, p. 2620)

ค่าสมการรีเกรสชันในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าจากการวิเคราะห์สมการรีเกรสชันปัจจัยตัวแปรต้นซึ่งได้แก่ ไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีผลต่อตัวแปรตามได้แก่ ปริมาณไขมัน ค่าHardness ค่าFracturability และค่าCohesiveness ($p < 0.05$) เมื่อนำสมการรีเกรสชันของค่าปริมาณไขมัน ค่าHardness ค่าFracturability และค่าCohesiveness มาหาค่าที่เหมาะสมของไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในรูปกราฟพื้นที่การตอบสนอง โดยกำหนดค่าเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการพัฒนาให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่อิมัลชัน ที่วางขายในเชิงพาณิชย์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ 20.4% จากรายงานในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้สารทดแทนไขมันจะทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งมากขึ้นดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นี้จึงได้กำหนดค่าเป้าหมายให้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาให้มีค่าHardness น้อยที่สุด และกำหนดค่าเป้าหมาย ค่าCohesiveness และ ค่าFracturability อ้างอิงผลจากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกไก่ที่วางขายในเชิงพาณิชย์โดยใช้วิธีทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสแบบTPA (Atashkar, M *et al.*, 2018, p. 1017) ได้ค่าเป้าหมายดังนี้ ค่าCohesiveness 0.438 ค่าFracturability 0.078 N และเพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาควรมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด จะได้กราฟพื้นที่การตอบสนอง ที่แสดงระดับของปริมาณไขมัน คาร์ราจีแนน และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่เหมาะสมในสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมัน ดังภาพที่ 2 จากกราฟพื้นที่ตอบสนองแสดงว่าหากต้องการให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันมีค่าHardness ค่าCohesiveness ค่าFracturability และปริมาณไขมันตามเป้าหมายที่กำหนดต้องใช้ปริมาณสัดส่วนของไขมัน 0.56 คาร์ราจีแนน 0.17 และโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 0.27 ตามลำดับซึ่งหมายถึงใช้ไขมัน 5.60% ในส่วนผสมหลัก คาร์ราจีแนน 1.70% ในส่วนผสมหลัก และ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 2.70% ในส่วนผสมหลัก

ตารางที่ 2 แสดงสมการรีเกรสชันของค่าทดสอบ

ค่าทดสอบ	สมการ	P	Adj R-squared
ปริมาณไขมัน	17.24A-27.77B-64.06C+76.77AB+ 149.50AC+ 390.58BC-780.07ABC	<0.01*	1.00
ค่าHardness	107.27A+640.08B+1034.26C-1010.42AB-1823.97AC-4531.81BC+9191.95ABC	<0.01*	1.00
ค่าFracturability	-0.04A+0.98B-1.11C-1.17AB+3.39AC-2.53BC	0.03*	0.67
ค่าAdhesiveness	-3.03A-23.67B-13.72C+38.41AB+ 12.08AC+64.17BC	0.35	0.85
ค่าSpringiness	1.10A+2.95B-0.58C-4.30AB+2.40AC-1.41BC	0.18	0.76
ค่าCohesiveness	0.26A+0.26B+0.98C	<0.01*	1.00
ค่าสีL*	-1047.77A+16353.24B-2725.09C-28837.48AB+5280.50AC-22512.11BC+27490.52ABC+23333.40AB(A-B)-1567.54AC(A-C)-17049.40BC(B-C)	0.07	0.95
ค่าสีa*	-20.41A-159.71B-10.83C+324.91AB+ 6.18AC+286.57BC	0.27	0.84
ค่าสีb*	-288.75A+3630.18B+304.43C-6341.70AB-453.93AC-5963.71BC+6509.73ABC+5379.53AB(A-B)+893.18AC(A-C)-3190.87BC(B-C)	0.36	0.78

หมายเหตุ : A แทนปัจจัยไขมัน B แทนปัจจัยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และ C แทนปัจจัยคาร์ราจีแนน



ภาพที่ 2 กราฟพื้นที่ตอบสนอง เมื่อ A (ไขมัน) B (โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง) และ C (คาร์ราจีแนน)

คาร์ราจีแนนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสามารถลดการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกได้เนื่องจากคาร์ราจีแนนมีผลให้ความหนืดของอิมัลชันเพิ่มขึ้นทำให้ไปขัดขวางการรวมตัวกันของเม็ดไขมันและคาร์ราจีแนนสามารถช่วยในการจับน้ำของระบบอิมัลชันได้เพราะในโครงสร้างของคาร์ราจีแนนมีหมู่ซัลเฟตซึ่งเป็นหมู่ที่มีประจุลบสามารถจับกับประจุบวกของน้ำได้ดี ปริมาณหมู่ซัลเฟตจะเป็นอิทธิพลหลักในการจับน้ำของคาร์ราจีแนน คาร์ราจีแนนยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนทำให้เกิดโครงสร้างเชิงซ้อนที่ไม่ละลายได้ (Amini Sarteshnizi *et al.*, 2015, pp. 873-877) นอกจากนี้คาร์ราจีแนนยังมีหมู่ที่มีประจุบวก คือ ไฮเดียม แคลเซียม โปแทสเซียมและแมกนีเซียม ที่สามารถจับกับประจุลบของน้ำได้ จึงส่งผลให้ไส้กรอกอิมัลชันที่มีการเติมคาร์ราจีแนนมีความคงตัวมากขึ้น (Campo *et al.*, 2009, pp. 173-177)

ในงานวิจัยนี้ยังมีการใช้โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองซึ่งช่วยทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น มีการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองและคาร์ราจีแนน โดยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสามารถดึงดูดหรือผลักรวมโมเลกุลของคาร์ราจีแนนทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดระหว่างคาร์ราจีแนนและโปรตีนเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เกิดจากแรงทางประจุ ปฏิกิริยาของโปรตีนถั่วเหลืองกับคาร์ราจีแนนขึ้นกับจำนวน และตำแหน่งของหมู่ซัลเฟต ค่า isoelectric point ของโปรตีน ถ้าสารละลายโปรตีนมีค่าต่ำกว่าค่า isoelectric point ทำให้โปรตีนมีประจุเป็นบวก ส่วนคาร์ราจีแนนนั้นไม่มีค่า isoelectric point และมีประจุลบจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาระหว่างกันได้เป็นโปรตีนคาร์ราจีเนต ซึ่งมีผลให้ระบบอิมัลชันของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันมีความคงตัวมากขึ้น

นอกจากนี้การเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเพื่อทดแทนไขมันจะทำให้มีโปรตีนมากขึ้นปริมาณหมู่ที่มีประจุลบและไม่มีประจุลบของโปรตีนมากขึ้นเช่นกัน ทำให้โปรตีนสามารถจับน้ำและน้ำมันได้มากขึ้นเกิดโครงร่างตาข่ายของเจลโปรตีนถั่วเหลืองในโครงสร้างของอิมัลชันเพิ่มขึ้น อิมัลชันจึงมีความแข็งแรงเพิ่ม โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีโครงสร้างโมเลกุลทั้งกลุ่มลิโปฟิลิกและไฮโดรฟิลิกจึงทำให้สามารถยึดเกาะกับน้ำและไขมันได้สูง มีสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์สูง สามารถในการดูดซับน้ำและไขมันได้ดี เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Panyathitipong & Puechkamut (2010, pp.671-679) ที่พบว่าการใช้คาร์ราจีแนนร่วมกับสารทดแทนไขมันที่มีโปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบจะทำให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันมีคุณภาพและคุณลักษณะดีมากขึ้น

2. ผลการศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ศึกษาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันหลังจากการพัฒนาสูตรในด้านคุณภาพทางกายภาพและค่าการสูญเสียน้ำหนัก หลังจากได้รับความร้อนเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ไม่มีการใช้สารทดแทนไขมัน ซึ่งสูตรควบคุมมีส่วนผสมหลักดังนี้ เนื้อไก่ 80% น้ำแข็ง 10% ไขมัน 10% ไส้กรอกไก่สูตรลดไขมันที่มีส่วนประกอบหลักได้แก่เนื้อไก่ 80% น้ำแข็ง 10% ไขมัน 5.6% คาร์ราจีแนน 1.7% โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 2.7%

พบว่าไส้กรอกไก่ลดไขมันมีค่า L^* ค่าCohesiveness ค่าSpringiness ค่าFracturability และค่าAdhesiveness ไม่แตกต่างกับไส้กรอกไก่สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) คาร์ราจีแนนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองจะเพิ่มการจับกับน้ำและเพิ่มหน้าที่การเป็นอิมัลซิไฟเออร์ระหว่างการสับนวด โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีความเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีและยังสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็นโครงสร้างร่างแหของโปรตีนระหว่างการให้ความร้อนซึ่งเป็นโครงสร้างที่สำคัญต่อลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแน่น เด้ง และมีความแข็งมากขึ้น (Asuming-Bediako *et al.*, 2014, pp. 187-190)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่สูตรลดไขมันและสูตรควบคุม

คุณภาพ	ไส้กรอกไก่สูตรลดไขมัน	ไส้กรอกไก่สูตรควบคุม
ค่าสี L^*	71.43 ^b ±0.75	65.75 ^a ±0.38
ค่าสี a^*	5.84 ^b ±0.33	4.29 ^a ±0.17
ค่าสี b^*	14.11 ^a ±0.25	14.26 ^a ±0.22
ค่าHardness (N)	57.31 ^a ±7.67	35.52 ^b ±3.67
ค่าCohesiveness	0.40 ^a ±0.04	0.42 ^a ±0.02
ค่าSpringiness	0.82 ^a ±0.04	0.85 ^a ±0.04
ค่าFracturability (N)	0.08 ^a ±0.05	0.08 ^a ±0.01
ค่าAdhesiveness (N/sec)	-0.31 ^a ±0.73	-0.54 ^a ±0.18
ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากได้รับความร้อน (%)	11.48 ^b ±0.16	12.05 ^a ±0.51

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันมีคุณภาพในด้านค่าสี L^* ค่าสี a^* ค่าHardness ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากได้รับความร้อนแตกต่างกับไส้กรอกไก่สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลที่ได้สอดคล้องกับ Youssef & Barbut (2011, pp 356-360) ซึ่งศึกษาผลของการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชันที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ พบว่าการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 1.5% โดยน้ำหนักรวมจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างมากขึ้น และด้วยคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ เป็นสารยึดเกาะของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร่วมกับคาร์ราจีแนนจึงช่วยเพิ่มความคงตัวให้ไส้กรอกอิมัลชันทำให้ผลิตภัณฑ์ทนต่อความร้อนได้มากขึ้นจึงเกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าไส้กรอกสูตรควบคุม

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันมีปริมาณโปรตีน 14.14% เมื่อเทียบกับไส้กรอกเบรกฟาสต์อิมัลชันลดไขมันที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ซึ่งมีปริมาณโปรตีน 14.5% แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกลดไขมันที่จำหน่ายในท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันจากงานวิจัยมีปริมาณโปรตีนเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช.331/2555 เรื่อง ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ (Thai Industrial Standards Institute, 2012, p. 2) ที่ระบุว่าไส้กรอกไก่ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 13%

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันจากงานวิจัยมีปริมาณไขมันทั้งหมด 4.16% ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณไขมันในไส้กรอกไก่วงที่พบว่าการใช้เวย์โปรตีน 8% คาร์ราจีแนน 1.5% ไขมัน 8% จะเป็นสูตรที่ดีที่สุด ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่วงที่ได้มีไขมัน 4.2% และมีค่าCohesiveness 0.42 (Zouari, N *at al.*, 2012, pp. 1233-1246) และใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเบรกฟาสต์อิมัลชันลดไขมันที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ซึ่งมีปริมาณไขมัน 6% และเมื่อเทียบกับไส้กรอกสูตรปกติที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์

เช่นไส้กรอกซีกกั้นแฟรงค์ที่ระบุว่ามีปริมาณไขมัน 19.3% ดังนั้นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันจากงานวิจัยมีปริมาณไขมันน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ทั่วไปถึง 78.44% เช่นเดียวกับการศึกษาของ Atashkar, *M et al.*, (2018, pp. 1018-1020) ที่พบว่าการใช้คาร์ราจีแนน บุกและกัม ร่วมกันซึ่งสามารถลดไขมันในไส้กรอกลงได้ 70%

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันจากการวิจัยนี้ให้ปริมาณพลังงานทั้งหมด 122.80 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม เป็นพลังงานจากไขมัน 37.44 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม ซึ่งให้พลังงานทั้งหมดและพลังงานจากไขมันน้อยกว่าไส้กรอกเบรกฟาสต์ อิมัลชันลดไขมันที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้พลังงานทั้งหมด 140 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม เป็นพลังงานจากไขมัน 50 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 4 คุณภาพทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมัน

รายการทดสอบ	ต่อ 100 กรัม	ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค	%RDI
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	122.80	100	-
พลังงานจากไขมัน(กิโลแคลอรี)	37.44	30	-
ไขมันทั้งหมด (ก.)	4.16	3.5	5
ไขมันอิ่มตัว (ก.)	1.82	1.5	8
โคเลสเตอรอล (มก.)	36.58	30	10
โปรตีน (ก.)	14.14	12	-
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (ก.)	7.20	6	2
ใยอาหาร (ก.)	1.08	น้อยกว่า 1	4
น้ำตาล (ก.)	0.41	0	-
โซเดียม (มก.)	1081.01	900	45
วิตามินเอ (มคก.)	ไม่พบ	0	0
วิตามินบี1 (มก.)	ไม่พบ	0	0
วิตามินบี2 (มก.)	ไม่พบ	0	0
แคลเซียม (มก.)	16.89	14.03	น้อยกว่า 2
เหล็ก (มก.)	1.16	0.97	6

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของผลิตภัณฑ์โดยใช้แบบทดสอบ 9 point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 100 คน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมัน

คุณลักษณะ	คะแนน
ลักษณะปรากฏ	6.56±1.60
สี	6.11±1.61
กลิ่นรส	6.42±1.83
ความเหนียว	6.28±1.60
ความยืดหยุ่น	6.30±1.73
ความนุ่ม	6.65±1.74
การยอมรับโดยรวม	6.86±1.58

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนระดับความชอบในด้านลักษณะปรากฏ 6.56 ± 1.60 ระดับความชอบในด้านสี 6.11 ± 1.61 ระดับความชอบในด้านกลิ่นรส 6.42 ± 1.83 ระดับความชอบในด้านความเหนียว 6.28 ± 1.60 ระดับความชอบในด้านความยืดหยุ่น 6.30 ± 1.73 ระดับความชอบในด้านความนุ่ม 6.65 ± 1.74 และระดับการยอมรับโดยรวม 6.86 ± 1.58 จากค่าคะแนนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้บริโภคที่ทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันมีความชอบคุณลักษณะต่าง ๆ ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไก่ลดไขมันโดยใช้คาร์ราจีแนนและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองทดแทนไขมัน พบว่าระดับไขมันที่เหมาะสมเท่ากับ 0.56 คาร์ราจีแนน 0.17 และ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 0.27 ดังนั้นส่วนประกอบของวัตถุดิบหลัก (100%) ภายหลังจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้แก่ เนื้อไก่ 80% น้ำแข็ง 10% ไขมัน 5.6% คาร์ราจีแนน 1.7% โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง 2.7% ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีน 14.14% ปริมาณไขมันทั้งหมด 4.16% และให้ปริมาณพลังงาน 122.80 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ในด้านเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์มีค่าCohesiveness ค่าSpringiness ค่าFracturability และค่าAdhesiveness ไม่ต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้ไขมัน 10% และได้คะแนนทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปี 2562

เอกสารอ้างอิง

- Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. (2015). A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products. *International Food Research Journal*, 22(3), 872-887
- Angor, M. M., & AL - Abdullah, B. M. (2010). Attributes of low-fat beef burgers made from formulations aimed at enhancing product quality. *Journal of Muscle Foods*, 21(2), 317-326.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international*. 17th ed. Verginia, USA: Association of Official Analysis Chemists.
- Asuming-Bediako, N., Jaspal, M. H., Hallett, K., Bayntun, J., Baker, A., & Sheard, P. R. (2014). Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. *Meat science*, 96(1), 187-194.
- Atashkar, M., Hojjatoleslami, M., & Sedaghat Boroujeni, 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.
- Campo, V. L., Kawano, D. F., da Silva Jr, D. B., & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis—A review. *Carbohydrate polymers*, 77(2), 167-180.
- Chiang mai livestock product research and development center. (2018). *European products: Ham, German sausage, bacon*. Chiang mai: Division of livestock products. (in Thai)
- Choi, Y., Choi, J., Han, D., Kim, H., Lee, M., Kim, H., Lee, J., Chung, H. & Kim, C. (2010). Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*. 84(1), 212-218.
- De Souza Paglarini, C., Martini, S., & Pollonio, M. A. R. (2019). Using emulsion gels made with sonicated soy protein isolate dispersions to replace fat in frankfurters. *LWT*, 99, 453-459.



- Juntachote, T. (2018). Influence of carrageenan addition on physico-chemical and sensory properties of low fat chicken sausages. *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 28(3), 605-616. (in Thai)
- Nasonova, V. V., & Tunieva, E. K. (2019). A comparative study of fat replacers in cooked sausages. In *The 60th International Meat Industry Conference*, September 22–25 2019, Kopaonik-Serbia: IOP Publishing
- Nutrition Division. (2003). *Dietary reference intake for Thais 4th edition*. Bangkok. Ministry of Public Health. (in Thai)
- Panyathitipong, W., and Puechkamut, Y. (2010). Effect of tofu powder and carrageenan on functionality and physical characteristics of surimi emulsion gel. *Kasetsart J (Nat Sci)*, 44(4), 671-679.
- Rattanapanon, N. (2014). *Food chemistry*. Bangkok: Odeon Store Publisher. (in Thai)
- Sun, L., Chen, W., Liu, Y., Li, J., & Yu, H. (2015). Soy protein isolate/cellulose nanofiber complex gels as fat substitutes: rheological and textural properties and extent of cream imitation. *Cellulose*, 22(4), 2619-2627.
- Thai Industrial Standards Institute. (2012). *Thai community product standard of chicken sausage (TCPS 331/2012)*. Bangkok: Ministry of Industry. (in Thai).
- The office of industrial economics. (2019). *Thailand domestic sales: ham, sausage, bacon* [Online]. Retrieved December 7, 2019, from: <https://www.ceicdata.com/en/thailand/domestic-sales-office-of-industrial-economics-isic-rev-4>.
- Youssef, M. K., & Barbut, S. (2011). Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. *Meat Science*, 87(4), 356-360.
- Zouari, N., Ayadi, M. A., Hadj-Taieb, S., Frikha, F., & Attia, H. (2012). Whey powder, L-carrageenan, and fat interactions and their influence on instrumental texture and sensory properties of turkey meat sausage using a mixture design approach. *International journal of food properties*, 15(6), 1233-1246.