

ผลการใช้เลือดไก่และพลาสติกมาผงต่อคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชัน

พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์¹ และ มณฑิรา นพรัตน์²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

รับเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2545 ตอรับเมื่อ 25 มิถุนายน 2546

บทคัดย่อ

เมื่อนำเลือดไก่และพลาสติกมาทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไมโครเวฟสุญญากาศพบว่า พลาสติกผงมีสมบัติด้านการใช้ประโยชน์สูงกว่าเลือดผงเล็กน้อย โดยพลาสติกผงมีค่าความสามารถในการละลาย การจับน้ำ การจับน้ำมัน ความจุอิมัลชัน และความเสถียรของอิมัลชัน เท่ากับร้อยละ 84.73, 28.67 กรัม/กรัมโปรตีน, 2.09 กรัม/กรัมโปรตีน, 271 มิลลิลิตร และ 31.50 นาทีตามลำดับ ในขณะที่เลือดผงมีค่าคุณสมบัติข้างต้นเท่ากับร้อยละ 80.43, 25.76 กรัม/กรัมโปรตีน, 1.96 กรัม/กรัมโปรตีน, 254.50 มิลลิลิตร และ 25.35 นาที ตามลำดับ เมื่อนำผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มาทดลองผลิตไส้กรอกโดยเติมเลือดผงร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 โดยน้ำหนักของเนื้อและเติมพลาสติกผงร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของเนื้อลงในไส้กรอกอิมัลชันเปรียบเทียบกับไส้กรอกควบคุม พบว่าการเติมเลือดและพลาสติกผงร้อยละ 1 และร้อยละ 2 ตามลำดับ ช่วยลดการสูญเสีย น้ำ ลดการสูญเสีย น้ำหนักในระหว่างการหุงต้ม เพิ่มปริมาณผลผลิต ปรับปรุงคุณภาพด้านสีและความแน่นของเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด รวมทั้งได้รับคะแนนความชอบ โดยรวมสูงที่สุด เมื่อนำตัวอย่างดังกล่าวมาเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยบรรจุในถุง co-extrude ระหว่าง nylon กับ polyethylene ที่สภาวะสุญญากาศพบว่า ความแน่นของเนื้อสัมผัสของไส้กรอกมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการเก็บมีผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของไส้กรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีความเข้มของสีแดงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนค่า TBA ของไส้กรอกทุกสูตรจะมีค่าใกล้เคียงกันและค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ เมื่อตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์พบว่าไส้กรอกทั้งหมดมีปริมาณ *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Coliform*, *Clostridium perfringens* และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกินค่าที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้

คำสำคัญ : ไส้กรอกอิมัลชัน / เลือดไก่ผง / พลาสติกผง

¹ อาจารย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา

² อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

Effect of Chicken Blood and Plasma Powder on Qualities of Emulsion Sausage

Punchira Vongsawasdi¹ and Montira Nopharatana²

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Received 15 November 2002; accepted 25 June 2003

Abstract

Chicken blood and plasma were dried by using microwave vacuum dryer. Plasma powder which demonstrated slightly better functional property had solubility, water holding capacity, oil holding capacity, emulsion capacity and emulsion stability of 84.73%, 28.67 g H₂O/g protein, 2.09 g oil/g protein, 271.0 ml and 31.5 min., respectively, while blood powder possessed 80.43%, 25.76 g H₂O/g protein, 1.96 g oil/g protein, 254.50 ml and 25.35 min., respectively. Chicken blood and plasma powder were then added in emulsion sausages at the concentrations of 0.5, 1 and 1.5% by meat weight for blood powder and of 2, 4 and 6% by meat weight for plasma powder. The results showed that blood and plasma powder could decrease weight loss during cooking, increase yield and improve color and texture of emulsion sausage. However, the amount of blood powder and plasma powder at 1% and 2%, respectively, were recommended since these concentrations gave the sausages with the highest yield and acceptability. The sausages packed in co-extruded nylon and polyethylene bags were stored at 4°C for 16 days. The results revealed that their firmness decreased but the red color (a*) increased while TBA content of the sample remained constant. Microbiological test showed that *Samonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Coliform*, *Clostridium perfringens* and total plate count of the sample were within the standard limit.

Keywords : Emulsion Sausage / Chicken Blood Powder / Plasma Powder

¹ Lecturer, Department of Microbiology.

² Lecturer, Department of Food Engineering.

1. บทนำ

ในปัจจุบันไส้กรอกเป็นอาหารที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย แต่ปัญหาประการหนึ่งที่พบในผลิตภัณฑ์ประเภทนี้คือมีเนื้อสัมผัสหยาบ ไม่อุ่มน้ำ และมีความสามารถในการจับน้ำมันต่ำ ดังนั้นจึงมีการเติมสารต่าง ๆ ลงไปเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น เช่น สารประกอบอัลคาไลน์ฟอสเฟต และโซเดียมเคซีเนต นอกจากนี้ยังมีการใช้ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอีกด้วย [1] สำหรับประการหลังนั้น นอกจากจะเป็นการนำผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่ยังคงมีคุณค่าทางอาหารสูงมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังช่วยลดปัญหาที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมตามแนวทางของเทคโนโลยีสะอาดอีกด้วย Jantawat และคณะ [2] พบว่าการเติมพลาสติกที่ได้จากเลือดสุกรลงไปไส้กรอกร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักเนื้อจะช่วยลดการสูญเสียไขมันภายหลังการทำให้อุณหภูมิสูง ในขณะที่อรรถนพ [3] พบว่าการใช้เลือดหมูและพลาสติกจากโคจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการจับน้ำมันของไส้กรอกให้ดีขึ้น วิภาพร และคณะ [4] ศึกษาหาคุณสมบัติของเลือดไก่และพลาสติกที่ได้จากการอบแห้งแบบไมโครเวฟสุญญากาศพบว่า ทั้งเลือดไก่ผงและพลาสติกมีสมบัติด้านการละลาย การจับน้ำ ความจุและความเสถียรของอิมัลชันสูง ดังนั้น ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากสัตว์ปีกชนิดนี้จึงมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันด้วยเช่นกัน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาปริมาณเลือดและพลาสติกที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอก โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส รวมทั้งศึกษาหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

2. วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมโปรตีนเลือดและพลาสติก

นำเลือดและพลาสติกมาอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบไมโครเวฟสุญญากาศที่ความดัน 160 ทอรร่ากำลังคลื่น 110 วัตต์ [4]

2.2 การเตรียมไส้กรอกอิมัลชัน

การเตรียมไส้กรอกใช้สูตรและวิธีการเดียวกันกับอรรถนพ [3] ซึ่งมีวิธีโดยย่อดังนี้ นำเนื้อหมูหมักซึ่งผ่านการแช่แข็ง 1 คืนมาบดรวมกับเครื่องปรุงรส และน้ำแข็ง จนมีเนื้อเหนียวเป็นอิมัลชัน จากนั้นเติมมันหมูแช่แข็งลงไปและบดต่อจนได้ส่วนผสมมีลักษณะเหนียวจับตัวกันเป็นก้อน นำมาบรรจุในไส้เซลลูโลส และนำมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที ก่อนนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 การศึกษาหาปริมาณเลือดและพลาสติกที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชัน

นำโปรตีนเลือดผงซึ่งแปรค่าความเข้มข้นในปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักเนื้อ มาบดรวมกับเนื้อหมู เครื่องปรุงรส และน้ำแข็ง เพื่อผลิตเป็นไส้กรอกตามวิธีของอรรถนพ [3] และทำซ้ำเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น แต่เปลี่ยนชนิดโปรตีนที่ใช้เป็นโปรตีนจากพลาสติก โดยแปรค่าความเข้มข้นที่ใช้เป็นร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักเนื้อ สำหรับปริมาณเลือดและพลาสติกที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสจะพิจารณาจากค่าการสูญเสีย น้ำ ปริมาณผลผลิต สี ความแน่นของเนื้อสัมผัส และสมบัติทางประสาทสัมผัส

2.4 ศึกษาอายุการเก็บไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์

นำไส้กรอกที่มีการเติมเลือดและพลาสมาฟงที่เหมาะสมมาศึกษาอายุการเก็บ โดยนำมาบรรจุในถุง Co-extrude ระหว่าง nylon กับ polyethylene ปิดผนึกด้วยเครื่อง Multivac ที่ความดันสุญญากาศ 0.98 บาร์ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างระหว่างเก็บที่ 0, 4, 8, 12, 16 วัน คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะพิจารณาจากค่าสี ความแน่นของเนื้อสัมผัส ค่าความชื้น และปริมาณจุลินทรีย์

2.5 การวิเคราะห์

2.5.1 ศึกษาสมบัติการใช้ประโยชน์ของเลือดและพลาสมาฟงโดยวิเคราะห์ความสามารถในการละลาย (solubility) โดยนำตัวอย่างแห้ง 0.4 กรัมละลายในน้ำกลั่น 10 มล. นำสารละลายที่ได้กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 100 ± 2 °ซ จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ คำนวณความสามารถในการละลายตามวิธีของ Suzuki และ Shimizu [5] วิเคราะห์ความสามารถในการจับน้ำ (water holding capacity) โดยนำตัวอย่าง 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มล. จากนั้นนำมาให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 °ซ นาน 30 นาที นำเข้าเครื่องหมุนแยกเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3500 รอบ/นาที ($1063.0 \times g$) นาน 15 นาที รินส่วนใสทิ้ง นำตัวอย่างที่เหลืออยู่ในหลอดไปหาความชื้นตามวิธีของ AOAC [6] และคำนวณความสามารถในการจับน้ำตามวิธีของ McMahon และ Dawson [7] วิเคราะห์ความสามารถในการจับน้ำมัน (oil binding capacity) โดยนำตัวอย่าง 0.5 กรัมเติมน้ำมัน 10 มล. แล้วนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงแยกด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที ($8677.85 \times g$) เป็นเวลา 30 นาที รินส่วนใสทิ้ง ซึ่งน้ำหนักน้ำมันที่ได้ คำนวณความสามารถในการจับน้ำมันตามวิธีของ Beuchat [8] วิเคราะห์ความเสถียรของอิมัลชัน (emulsion stability ; ES) โดยนำตัวอย่าง 1 กรัมเติมน้ำกลั่น 75 มล. นำสารละลายที่ได้ใส่ในเครื่องบด (Waring blender) เเท่น้ำมันพืชลงไป 25 มล. ปั่นผสมตัวอย่างด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่องเป็นเวลา 2 นาที เทอิมัลชันที่ได้ในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 °ซ จับเวลาตั้งแต่เริ่มทิ้งไว้จนแยกชั้นได้ 10 มิลลิลิตร คำนวณค่าความเสถียรของอิมัลชันตามวิธีของ Wang และ Zayas [9] วิเคราะห์ความจุของอิมัลชัน (emulsion capacity ; EC) โดยเตรียมสารละลายโปรตีนผงเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เติมน้ำมันพืชลงไป 5 มล./นาที โฮโมจิไนซ์ตัวอย่างให้เข้ากันจนเป็นอิมัลชันด้วยความเร็วรอบ 10,000 รอบ/นาที ($8677.85 \times g$) วัดความต้านทานไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดโอห์มมิเตอร์จนกระทั่งความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว บันทึกปริมาณน้ำมันที่เติมลงไปทั้งหมดและคำนวณค่าความเสถียรของอิมัลชันตามวิธีของ Caldironi และ Ockerman [10]

2.5.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอก

- ศึกษาลักษณะทางกายภาพของไส้กรอกโดยวิเคราะห์ค่าการสูญเสียและน้ำหนักในระหว่างหุงต้ม โดยนำไส้กรอก 30 กรัมใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยง จากนั้นนำไปให้ความร้อนในหม้ออั้งไอน้ำที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นและนำมาหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที วัดปริมาณน้ำที่ได้และนำมาคำนวณค่าการสูญเสียและน้ำหนักตามวิธีของ Lecomte และคณะ [11] วิเคราะห์ปริมาณผลผลิตไส้กรอกโดยใช้ค่าน้ำหนักของไส้กรอกดิบและไส้กรอกสุกมาคำนวณตามวิธีของ Lecomte และคณะ [11] การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสจะใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2i, England) ซึ่งตั้งค่า load cell ที่ 25 กิโลกรัม และใช้หัววัด Warner - Blatzer Blade โดยตั้งค่าความเร็วของหัววัดขณะสัมผัสตัวอย่างที่ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที [12] และวัดค่าสีด้วยเครื่อง Juki Colorimeter (JP 7100, Japan)

- ศึกษาสมบัติทางเคมีของไส้กรอกได้แก่ค่าความชื้น โดยนำตัวอย่าง 10 กรัม บั่นกับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร จากนั้นใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างมา 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร เดิมสารละลายกันหีน 3 หยด สารละลาย EDTA ร้อยละ 20 ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายกรดไฮโอบาบิฟูริก 3 ลูกบาศก์เซนติเมตรและสารละลายกรดไตรคลอโรอซิติก-กรดเกลือ 17 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผลมให้เข้ากันแล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที และทำให้เย็นทันที เดิมคลอโรฟอร์ม 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรและนำเข้าเครื่องเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร และคำนวณค่า TBA number ตามวิธีของ Shibata และ Kinumaki [13]

- การวิเคราะห์สมบัติทางจุลินทรีย์ โดยวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด, โคลิฟอร์ม, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* sp. และ *Staphylococcus aureus* ตามวิธีที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [14]

- การวิเคราะห์สมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของไส้กรอก โดยใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับคำแนะนำและผ่านการฝึกฝนซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาตรีภาควิชาจุลชีววิทยา อายุ 17-21 ปี จำนวน 15 คน ผู้ทดสอบจะได้รับตัวอย่างที่กำหนดรหัสตัวเลขทางสถิติแบบสุ่ม ซึ่งคุณลักษณะที่ตรวจสอบได้แก่ สี (1 มีสีผิดปกติไปจากไส้กรอกที่มีขายทั่วไป อย่งเห็นได้ชัด อันเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่ยอมรับไม่ได้, 5 มีสีชมพูเหมือนไส้กรอกที่มีขายทั่วไป) เนื้อสัมผัส (1 เนื้อไม่เกาะตัวกันเลย, 5 เนื้อแน่นเกาะตัวกันดีไม่มีรอยแยก) รสชาติ (1 มีรสแปลกปลอมมากยอมรับไม่ได้, 5 กลมกล่อม มีรสเฉพาะของไส้กรอกทั่วไป) กลิ่น (1 มีกลิ่นแปลกปลอม เช่น กลิ่นคาวเลือด กลิ่นหีน เหม็นเปรี้ยวและบูดเน่า, 5 มีกลิ่นหอมมารับประทาน) และความชอบโดยรวม (1 ไม่ชอบมาก, 5 ชอบมาก)

2.6 การประเมินผลทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test [15]

3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 สมบัติการใช้ประโยชน์ของเลือดไก่และพลาสมาฟง

ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการจับน้ำและน้ำมัน ความจุและความเสถียรของอิมัลชัน เป็นสมบัติซึ่งบ่งชี้ถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ โดยโปรตีนที่มีสมบัติข้างต้นสูงจะมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชันได้สูงด้วย จากตารางที่ 1 พบว่าผลิตภัณฑ์เลือดผงและพลาสมาฟงมีสมบัติการใช้ประโยชน์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพลาสมาฟงจะมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากในเลือดไก่นอกจากจะมีพลาสมาเป็นองค์ประกอบแล้ว ยังมีส่วนของเม็ดเลือดแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ทำให้เมื่อนำมาคำนวณหาสมบัติการใช้ประโยชน์จึงได้ค่าต่ำกว่าพลาสมาฟง อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้จะทดลองเปรียบเทียบผลการใช้พลาสมาฟงและเลือดผงในการปรับปรุงคุณภาพไส้กรอกอิมัลชัน เพราะถึงแม้ว่าพลาสมาฟงจะมีข้อได้เปรียบด้านสมบัติการใช้ประโยชน์ แต่การใช้โปรตีนในรูปพลาสมาฟงจะต้องเพิ่มขั้นตอนการแยกเม็ดเลือด ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิตและการกำจัดของเสียเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 สมบัติการใช้ประโยชน์ของเลือดและพลาสมาผงที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศที่ความดัน 160 ทอรรี่ กำลังคลื่นไมโครเวฟ 110 วัตต์

ชนิดของโปรตีน	ความสามารถในการละลาย* (ร้อยละ)	ความสามารถในการจับน้ำ* (กรัม/กรัมโปรตีน)	ความสามารถในการจับน้ำมัน* (กรัม/กรัมโปรตีน)	ความจุ้มัลชัน* (มิลลิลิตร)	ความเสถียรของอิมัลชัน* (นาที)
เลือดผง	80.43 ^a ±0.04	25.76 ^a ±0.02	1.96 ^a ±0.09	254.50 ^a ±0.70	25.35 ^a ±0.07
พลาสมาผง	84.73 ^b ±2.18	28.67 ^b ±0.47	2.09 ^b ±0.21	271.00 ^b ±1.71	31.50 ^b ±0.71

* ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกัน (a,b,...) ในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3.2 การศึกษาหาปริมาณเลือดและพลาสมาผงที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน

เมื่อนำเลือดไก่ผงที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศมาใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไส้กรอกอิมัลชันที่ระดับร้อยละ 0.5, 1, 1.5 และนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ เปรียบเทียบกับไส้กรอกควบคุมพบว่าไส้กรอกควบคุมมีการสูญเสียน้ำสูงสุดคือ ร้อยละ 9.64 (ตารางที่ 2) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับไส้กรอกที่เติมโปรตีนจากเลือดผง และถึงแม้ว่าไส้กรอกที่เติมโปรตีนจากเลือดผงที่ระดับร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่การสูญเสียน้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับของเลือดผงที่ใช้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มระดับโปรตีนในระดับที่เหมาะสมจะทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆ ล้อมรอบหยดน้ำมันที่อิมัลซิไฟด์ไว้ไม่ให้เกิดการรวมตัวกันใหม่มีผลทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้นและยังช่วยทำให้น้ำที่อยู่ในรูปน้ำอิสระ (free water) กลายเป็นน้ำที่ถูกตรึง (bound water) [16]

ตารางที่ 2 คุณภาพของไส้กรอกที่เติมเลือดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 เปรียบเทียบกับไส้กรอกควบคุม

ชนิดไส้กรอก	การสูญเสีย ^{1/} *		ผลผลิต ^{2/} *	ค่าความแน่นเนื้อ ^{2/} *	ค่าสี*	L*	a*	b* ^{ns}
	น้ำ (%)	น้ำหนัก (%)						
ควบคุม	9.64 ^a ±0.55	11.53 ^a ±0.56	83.10 ^c ±0.21	0.29 ^b ±0.01	54.50 ^a ±0.42	7.74 ^a ±0.14	11.46±0.28	
0.5	6.20 ^b ±0.05	6.48 ^b ±0.11	89.07 ^b ±0.08	0.33 ^a ±0.01	53.12 ^a ±2.83	8.12 ^{bc} ±0.17	11.16±1.53	
1.0	6.05 ^b ±0.00	6.37 ^b ±0.13	89.41 ^{ab} ±0.05	0.34 ^a ±0.01	47.33 ^b ±0.39	8.48 ^b ±0.11	10.91±0.16	
1.5	5.89 ^b ±0.15	6.24 ^b ±0.01	89.58 ^a ±0.08	0.34 ^a ±0.01	44.11 ^b ±1.51	10.36 ^a ±0.30	9.83±0.11	

* ข้อมูลในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a,b,...) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{1/} วัดจาก batter

^{2/} วัดจากไส้กรอก

การสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักในไส้กรอกด้วย กล่าวคือ ไส้กรอกควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการหุงต้มสูงสุดคือร้อยละ 11.53 ในขณะที่ไส้กรอกที่มีการเติมเลือดพวงมีการสูญเสียน้ำหนักในช่วงร้อยละ 6.24-6.48 จากตารางที่ 2 ยังพบว่าปริมาณผลผลิตหรือน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะแปรผันตามค่าการสูญเสียและน้ำหนัก กล่าวคือหากการสูญเสียหรือน้ำหนักเกิดขึ้นน้อย น้ำหนักของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะสูง ส่งผลให้ได้ปริมาณผลผลิตสูง โดยในการทดลองนี้พบว่าไส้กรอกควบคุมจะมีปริมาณผลผลิตต่ำสุดคือร้อยละ 83.10 ในขณะที่ไส้กรอกที่เติมเลือดพวงที่ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5 จะให้ค่าผลผลิตสูงกว่า คือร้อยละ 89.07 89.41 และ 89.58 ตามลำดับ ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่าเป็นผลจากโปรตีนที่ใส่ลงไปซึ่งจะช่วยให้การจับน้ำและไขมันทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น โดยค่าการละลายของโปรตีนที่ใส่ลงไปจะเกี่ยวข้องกับความสามารถของโปรตีนในการจับน้ำและไขมันระหว่างที่ให้ความร้อน เนื่องจากปริมาณโปรตีนโมโอซินและแอคตินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์มีปริมาณไม่มากพอที่จะจับกับไขมันและน้ำทั้งหมดในสูตร ดังนั้นถ้าโปรตีนที่เติมลงไปมีค่าการละลายสูงก็จะไปช่วยจับกับน้ำและไขมันที่เหลืออยู่ได้ ทำให้มีการสูญเสียน้ำ ไขมัน และน้ำหนักในระหว่างการหุงต้มลดลง

เมื่อนำไส้กรอกมาทดสอบความแน่นของเนื้อสัมผัสพบว่าไส้กรอกที่เติมเลือดพวงมีความแน่นของเนื้อสัมผัสสูงกว่าไส้กรอกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นนี้เป็นผลมาจากอิมัลชันในผลิตภัณฑ์ที่มีความคงตัวที่ดีขึ้น โดยเลือดพวงที่เติมจะไปทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการจับไขมันและน้ำดีขึ้น โครงสร้างผลิตภัณฑ์จึงมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น [17]

เมื่อพิจารณาสมบัติด้านสี พบว่าปริมาณเลือดพวงที่เติมลงไปในไส้กรอกมีผลต่อค่า L^* และ a^* ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่มีผลต่อค่า b^* อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 2 กล่าวคือเมื่อใช้เลือดพวงเพิ่มมากขึ้น ไส้กรอกจะมีสีคล้ำลงและความเข้มของสีแดงสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเลือดพวงที่เติมลงไปมีสีแดงคล้ำจึงส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวข้างต้น

ผลการศึกษาสมบัติของไส้กรอกที่มีการเติมพลาสมาพวงลงไปแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าได้ผลในทิศทางเดียวกับการใช้เลือดพวง กล่าวคือไส้กรอกที่เติมพลาสมาพวงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 จะมีการสูญเสียน้ำและน้ำหนักน้อยกว่าไส้กรอกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับค่าความแน่นของเนื้อสัมผัสที่เพิ่มขึ้นเมื่อเติมพลาสมาพวงลงร้อยละ 2 และ 4 อย่างไรก็ตาม การใช้พลาสมาพวงร้อยละ 6 กลับทำให้เนื้อสัมผัสมีความแน่นของเนื้อลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนที่เติมลงไปปริมาณที่สูงเกินไปจะเกิดการแข่งขันกับโปรตีนแอคตินและโมโอซินในการจับกับน้ำและไขมัน ซึ่งมีผลให้ความคงตัวของอิมัลชันลดลง [18]

ตารางที่ 3 คุณภาพไส้กรอกที่เติมพลาสมาฟงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 เปรียบเทียบกับไส้กรอกควบคุม

ชนิดไส้กรอก	การสูญเสีย ^{1/} *		ผลผลิต ^{2/} *	ค่าความแน่นเนื้อ ^{2/} *	ค่าสี*		
	น้ำ (%)	น้ำหนัก (%)			(%)	(กรัม/ซม. ²)	L*
ควบคุม	9.64 ^a ±0.55	11.53 ^a ±0.56	83.10 ^c ±0.21	0.29 ^b ±0.01	54.74 ^b ±0.20	7.71 ^a ±0.88	11.69 ^c ±1.74
2	5.60 ^b ±0.57	6.12 ^c ±0.05	89.40 ^a ±0.10	0.36 ^a ±0.01	54.73 ^b ±0.14	7.66 ^a ±0.23	13.38 ^{bc} ±0.18
4	5.87 ^b ±0.04	6.17 ^c ±0.06	89.46 ^a ±0.05	0.40 ^a ±0.02	55.70 ^{ab} ±0.99	6.67 ^b ±0.03	15.83 ^b ±0.33
6	6.30 ^b ±0.16	7.38 ^b ±0.21	87.86 ^b ±0.27	0.30 ^b ±0.01	56.63 ^a ±0.18	5.39 ^c ±0.21	17.95 ^a ±0.07

* ข้อมูลในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a,b,...) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{1/} วัดจาก batter

^{2/} วัดจากไส้กรอก

ตารางที่ 3 ยังแสดงถึงผลของพลาสมาฟงต่อค่าสีของไส้กรอก ซึ่งพบว่าการเติมพลาสมาฟงในไส้กรอกจะทำให้ค่า b* ในผลิตภัณฑ์แตกต่างจากไส้กรอกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเติมพลาสมาฟงที่ระดับร้อยละ 2, 4 และ 6 ทำให้ค่า b* เพิ่มขึ้น และแตกต่างกันกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เช่นเดียวกับค่าความสว่างของไส้กรอกที่เติมพลาสมาฟง ในขณะที่ค่า a* ของไส้กรอกมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้พลาสมาฟงปริมาณเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพลาสมาฟงที่เติมลงไปไส้กรอกมีสีเหลืองอ่อนๆ การใช้พลาสมาฟงในปริมาณมากขึ้นจะทำให้ไส้กรอกมีค่าความสว่าง และค่า b* เพิ่มขึ้น แต่ค่า a* ลดลง ผลการทดลองสอดคล้องกับ Ockerman [19] ซึ่งกล่าวไว้ว่าการใช้พลาสมาในปริมาณสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีสีซีด

เมื่อนำไส้กรอกมาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติมเลือดผงและพลาสมาฟงมีผลต่อคะแนนการยอมรับของไส้กรอกในด้าน กลิ่น สี รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันที่เติมเลือดผงเปรียบเทียบกับไส้กรอกควบคุม

ชนิดไส้กรอก	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	กลิ่น *	สี *	รสชาติ *	เนื้อสัมผัส *	ความชอบรวม *
Control	3.80 ^a ±0.68	3.36 ^{bc} ±1.02	3.87 ^a ±0.48	3.55 ^b ±0.68	3.56 ^c ±1.02
Blood 0.5 %	3.62 ^{bc} ±0.97	3.45 ^b ±1.10	3.82 ^{ab} ±0.77	3.63 ^{ab} ±0.48	3.62 ^b ±0.98
Blood 1.0 %	3.48 ^c ±0.54	3.68 ^a ±0.98	3.79 ^{ab} ±0.62	3.59 ^{ab} ±0.54	3.69 ^a ±0.64
Blood 1.5 %	3.09 ^d ±0.62	2.26 ^d ±0.48	3.63 ^c ±0.97	3.50 ^b ±0.54	3.27 ^d ±1.05
Plasma 2 %	3.71 ^{ab} ±0.52	3.29 ^{cd} ±0.54	3.69 ^{bc} ±1.18	3.63 ^{ab} ±0.77	3.58 ^{bc} ±0.68
Plasma 4 %	3.69 ^{ab} ±0.75	3.29 ^{cd} ±0.91	3.69 ^{bc} ±0.48	3.68 ^{ab} ±0.54	3.58 ^{bc} ±0.77
Plasma 6 %	3.69 ^{ab} ±0.54	3.25 ^d ±0.98	3.69 ^{bc} ±0.77	3.36 ^c ±0.72	3.55 ^c ±1.18

* ข้อมูลในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a,b,...) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 พบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของไส้กรอกทั้งหมดอยู่ในช่วง 3.09-3.80 กล่าวคืออยู่ในช่วงมีกลิ่นควาเล็ดเล็กน้อยถึงมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน โดยไส้กรอกควบคุมได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงที่สุดและมีคะแนนแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไส้กรอกที่เติมพลาสมาผงทุกความเข้มข้นที่ใช้ ในขณะที่ไส้กรอกที่เติมเล็ดผงจะได้คะแนนต่ำลงมาจากมีฮีมซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เล็ดมีกลิ่นควา อย่างไรก็ตาม เมื่อเติมในปริมาณต่ำคือร้อยละ 0.5 พบว่าไส้กรอกที่ได้มีคะแนนการยอมรับแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับไส้กรอกที่เติมพลาสมาผง

สำหรับในด้านสีพบว่าไส้กรอกอิมัลชันที่เติมเล็ดและพลาสมาผงได้รับคะแนนในช่วง 2.26 - 3.63 กล่าวคือมีสีผิดปกติไปจากไส้กรอกควบคุมอย่างเห็นได้ชัด แต่ยังไม่ยอมรับได้จนถึงมีสีชมพูเข้มหรือจางกว่าไส้กรอกทั่วไปเล็กน้อย จากตารางที่ 4 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสีในไส้กรอกที่เติมเล็ดผงเข้มข้นร้อยละ 1 สูงสุด ในขณะที่ไส้กรอกที่เติมเล็ดผงเข้มข้นร้อยละ 1.5 ได้รับคะแนนน้อยที่สุด คือได้คะแนนเฉลี่ย 2.26 ทั้งนี้เนื่องมาจากไส้กรอกมีสีแดงคล้ำมาก อันเป็นผลเนื่องมาจากโปรตีน globin ในเล็ดซึ่งมีสีน้ำตาลดำ ในขณะที่ไส้กรอกที่เติมพลาสมาผงแม้จะมีสีชมพูที่จางมากแต่ก็ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องมาจากความคุ้นเคยต่อสีของไส้กรอกซึ่งคล้ายกับสีของไส้กรอกไก่ โดยคะแนนด้านสีของไส้กรอกที่เติมพลาสมาผงมีความแตกต่างจากสีของไส้กรอกควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ด้านรสชาติ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนในช่วง 3.63 - 3.87 กล่าวคือมีรสเฉพาะของไส้กรอกทั่วไป แต่มีรสอ่อนหรือจืดมากเกินไป จนถึงมีรสเฉพาะของไส้กรอกทั่วไปแต่มีรสอ่อนไปเล็กน้อย โดยไส้กรอกควบคุมได้รับคะแนนมากที่สุดคือ 3.87 และไส้กรอกที่ได้รับคะแนนต่ำที่สุดคือไส้กรอกที่เติมเล็ดผงร้อยละ 1.5 โดยคะแนนของไส้กรอกที่เติมเล็ดผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของเล็ดผงที่เติมมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอิทธิพลทางด้านกลิ่นควาเล็ด สำหรับคะแนนทางด้านรสชาติของไส้กรอกที่เติมพลาสมาผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าน้อยกว่าไส้กรอกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากพลาสมาผงมีกลิ่นควาเล็ดน้อยมากทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถระบุความแตกต่างที่ความเข้มข้นที่ใช้

เมื่อนำไส้กรอกมาทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า ไส้กรอกที่เติมเล็ดผงและพลาสมาผงได้รับคะแนนสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยได้รับคะแนนในช่วงมีเนื้อแน่นเกาะตัวกันแต่มีรอยแยกบ้างเล็กน้อยถึงเนื้อแน่นเกาะตัวกันค่อนข้างดี โดยไส้กรอกที่เติมพลาสมาผงร้อยละ 6 ได้รับคะแนนน้อยกว่าไส้กรอกที่เติมเล็ดผงและพลาสมาผงที่ความเข้มข้นอื่นๆ รวมทั้งไส้กรอกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับค่า firmness ที่วัดโดยเครื่อง Texture analyzer (ตารางที่ 3)

ด้านความชอบโดยรวมพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนไส้กรอกทุกตัวอย่างอยู่ในช่วง 3.27- 3.69 กล่าวคือ เฉยๆ ถึง ชอบเล็กน้อย โดยไส้กรอกที่เติมเล็ดผงร้อยละ 1 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ 3.69 ซึ่งคะแนนที่ได้มีความแตกต่างกับไส้กรอกที่เติมเล็ดผงร้อยละ 0.5 และ 1.5 รวมทั้งไส้กรอกควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยไส้กรอกที่เติมเล็ดผงที่ระดับร้อยละ 1.5 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมน้อยที่สุดคือ 3.27 สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมของไส้กรอกที่เติมพลาสมาผงที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2, 4 และ 6 และไส้กรอกควบคุมมี

ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพลาสมาฟงที่เติมลงไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีซีดจางลง

จากสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชัน จึงเลือกไส้กรอกที่เติมเลือดผง ร้อยละ 1 และพลาสมาฟงร้อยละ 2 ไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของไส้กรอกเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 16 วัน เนื่องจากเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดที่ทำให้ไส้กรอกมีค่าการสูญเสียและน้ำหนักน้อย ได้ปริมาณผลผลิตมากและได้รับคะแนนด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด

3.3 สมบัติของไส้กรอกที่ใช้เลือดผงและพลาสมาฟงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน

เมื่อนำไส้กรอก 3 สูตร คือ ไส้กรอกที่ใช้เลือดผงร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ไส้กรอกที่ใช้พลาสมาฟงร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และไส้กรอกสูตรควบคุม มาเก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน โดยบรรจุผลิตภัณฑ์ในถุง Co-extrude ระหว่าง nylon กับ polyethylene ด้วยระบบสุญญากาศ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ดังนี้

สมบัติทางกายภาพ

เมื่อพิจารณาผลของการใช้พลาสมาและเลือดผงในไส้กรอกต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสในตารางที่ 5 พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อความแน่นของไส้กรอกทั้ง 3 สูตรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความแน่นของไส้กรอกทั้ง 3 สูตร มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรพบว่าไส้กรอกที่เติมพลาสมาฟงยังคงมีค่าความแน่นมากที่สุด แสดงว่าการเติมพลาสมาฟงทำให้ไส้กรอกอิมัลชันมีความคงตัวดีกว่าไส้กรอกที่เติมเลือดผง และไส้กรอกสูตรควบคุม ทั้งนี้เป็นผลจากคุณสมบัติทางด้านความจุของอิมัลชัน และความเสถียรของอิมัลชันของโปรตีนจากพลาสมาซึ่งมีค่าสูงกว่าโปรตีนจากเลือดผง (ตารางที่ 1)

สำหรับผลของพลาสมาและเลือดผงต่อคุณภาพด้านสีของไส้กรอกนั้นพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อสีของไส้กรอกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นค่า a^* ดังตารางที่ 6-8 กล่าวคือตลอดระยะเวลาที่เก็บ 16 วัน ไส้กรอกจะมีความเข้มของสีแดง (a^*) สูงขึ้น อย่างไรก็ตามค่าที่วัดได้ไม่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั้ง 3 สูตรยังคงรักษาสสมบัติทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บ 16 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5 ค่าความแน่นเนื้อของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้เลือดผงและพลาสมาผงเปรียบเทียบกับ
ไส้กรอกสูตรควบคุม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	ความแน่นเนื้อของไส้กรอกอิมัลชัน ^{ns}		
	สูตรควบคุม	สูตรเติมเลือดผงร้อยละ 1	สูตรเติมพลาสมาร้อยละ 2
0	0.29±0.01	0.34±0.01	0.36±0.01
4	0.25±0.03	0.31±0.02	0.34±0.01
8	0.24±0.02	0.29±0.02	0.32±0.02
12	0.22±0.02	0.30±0.01	0.30±0.02
16	0.22±0.01	0.28±0.02	0.29±0.02

^{ns} มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าความสว่าง (L*) ของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้เลือดผงและพลาสมาผงเปรียบเทียบกับ
ไส้กรอกสูตรควบคุม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	ค่าความสว่าง (L*) ของไส้กรอกอิมัลชัน ^{ns}		
	สูตรควบคุม	สูตรเติมเลือดผงร้อยละ 1	สูตรเติมพลาสมาร้อยละ 2
0	54.60±0.02	47.55±0.11	54.73±0.21
4	54.74±0.13	47.61±0.14	53.00±0.99
8	55.15±0.51	47.89±0.11	54.72±0.24
12	54.43±0.13	47.51±0.69	52.96±0.25
16	54.28±0.07	48.05±0.10	54.69±0.09

^{ns} มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 7 ค่าสีแดง (a*) ของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้เลือดผงและพลาสมาผงเปรียบเทียบกับ
ไส้กรอกสูตรควบคุม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	ค่าสีแดง (a*) ของไส้กรอกอิมัลชัน*		
	สูตรควบคุม	สูตรเติมเลือดผงร้อยละ 1	สูตรเติมพลาสมาร้อยละ 2
0	7.10 ^c ±0.04	8.45 ^b ±0.06	7.76 ^b ±0.21
4	7.74 ^b ±0.01	8.37 ^b ±0.28	7.89 ^b ±0.03
8	7.74 ^b ±0.07	8.80 ^{ab} ±0.11	7.97 ^b ±0.11
12	8.24 ^a ±0.06	8.87 ^{ab} ±0.09	8.08 ^b ±0.15
16	8.32 ^a ±0.11	9.22 ^a ±0.05	8.71 ^a ±0.04

* ข้อมูลในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a,b,...) แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าสีเหลือง (b*) ของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้เลือดผงและพลาสมาผงเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรควบคุม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	ค่าสีเหลือง (b*) ของไส้กรอกอิมัลชัน ^{ns}		
	สูตรควบคุม	สูตรเติมเลือดผงร้อยละ 1	สูตรเติมพลาสมาร้อยละ 2
0	11.46±0.05	11.01±0.28	13.38±0.21
4	11.50±0.31	11.42±0.01	13.78±0.42
8	11.50±0.14	11.49±0.04	13.67±0.03
12	11.99±0.04	11.63±0.10	14.15±0.07
16	11.86±0.13	11.69±0.08	13.84±0.08

^{ns} มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าในช่วง 4 วันแรกไส้กรอกมีค่า TBA สูงขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 9) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขั้นตอนการอัดไส้อาจมีโพรงอากาศเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณออกซิเจนในโพรงอากาศนี้อาจทำปฏิกิริยากับไขมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ทำให้ค่า TBA เพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้นแล้วพบว่าค่า TBA ของไส้กรอกทุกสูตรจะมีค่าใกล้เคียงกันและค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศ รวมทั้งมีการใช้ในไตรต์ ฟอสเฟต ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนอยู่ด้วย ทำให้ขาดปัจจัยส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของค่า TBA [20]

ตารางที่ 9 ค่า TBA ของไส้กรอกอิมัลชันที่เติมโปรตีนเลือดและพลาสมาผงเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรควบคุม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บ (วัน)	TBA Number*		
	สูตรควบคุม	สูตรเติมเลือดผงร้อยละ 1	สูตรเติมพลาสมาร้อยละ 2
0	0.48 ^b ±0.01	0.47 ^b ±0.00	0.47 ^b ±0.03
4	0.54 ^a ±0.00	0.55 ^a ±0.01	0.54 ^a ±0.03
8	0.53 ^a ±0.01	0.55 ^a ±0.01	0.55 ^a ±0.01
12	0.54 ^a ±0.00	0.54 ^a ±0.01	0.53 ^a ±0.00
16	0.54 ^a ±0.01	0.55 ^a ±0.00	0.54 ^a ±0.01

* ข้อมูลในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a,b,...) แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$)

สมบัติทางจุลินทรีย์

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ในไส้กรอกระหว่างการเก็บรักษาแสดงดังตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาไม่พบ *Samonella* sp. ในตัวอย่าง 25 กรัม, ไม่พบ *Staphylococcus aureus* ในตัวอย่าง 0.1 กรัม, ไม่พบ *Cl. perfringens* ในตัวอย่าง 0.01 กรัม และค่า MPN ของ *Coliform* มีค่าน้อยกว่า 3 เมื่อนำไส้กรอกมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่า ค่า log ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 3.78 - 4.18 โดยต่ำกว่าค่ามาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น แฮมซึ่งยอมให้มีค่า log ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 5 หากสูงกว่านี้จะถือว่าบริโภคไม่ได้ [14] นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีขั้นตอนการผลิตที่สะอาด บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ รวมทั้งสารที่เติมลงในไส้กรอกเช่น ฟอสเฟต ไนเตรต และไนไตรต์ สามารถช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ [21] ทำให้ไส้กรอกสามารถเก็บได้นานถึง 16 วัน โดยไม่เน่าเสีย

4. สรุปผลการทดลอง

พลาสติกที่ได้จากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟสุญญากาศที่ความดัน 160 ทอรรี่ กำลังคลื่นไมโครเวฟ 110 วัตต์ มีค่าสมบัติการใช้ประโยชน์สูงกว่าเลือดผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสามารถในการละลาย การจับน้ำ การจับน้ำมัน ความจุไขมัน และความเสถียรของอิมัลชัน เท่ากับร้อยละ 84.73, 28.67 กรัม/กรัมโปรตีน, 2.09 กรัม/กรัมโปรตีน, 271 มิลลิลิตร และ 31.50 นาที ตามลำดับ ในขณะที่เลือดผงมีค่าสมบัติข้างต้นเท่ากับร้อยละ 80.43, 25.76 กรัม/กรัมโปรตีน, 1.96 กรัม/กรัมโปรตีน, 254.50 มิลลิลิตร และ 25.35 นาที ตามลำดับ

การใช้เลือดผงร้อยละ 1 และพลาสติกร้อยละ 2 ในการผลิต จะทำให้ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสที่ดีและได้รับความชอบโดยรวมสูงสุดจากผู้ทดสอบ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการสูญเสียและน้ำหนักในระหว่างการหุงต้ม การเพิ่มปริมาณการผลิต และความแน่นของเนื้อเท่ากับร้อยละ 6.05, 6.37, 89.41 และ 0.34 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับไส้กรอกที่เติมเลือดผง และร้อยละ 5.6, 6.12, 89.40 และ 0.36 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับไส้กรอกที่เติมพลาสติก

เมื่อเก็บไส้กรอกที่เติมเลือดผงร้อยละ 1 ไส้กรอกที่เติมพลาสติกร้อยละ 2 และไส้กรอกสูตรควบคุม ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน พบว่า ไส้กรอกทั้ง 3 สูตรมีความแน่นของเนื้อน้อยลงเล็กน้อย แต่มีค่า a^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคิดเป็นร้อยละ 9.01, 10.22 และ 10.57 สำหรับไส้กรอกที่เติมเลือดผง ไส้กรอกที่เติมพลาสติก และไส้กรอกควบคุม ตามลำดับ ส่วนค่า TBA ของไส้กรอกทั้ง 3 สูตร จะมีค่าใกล้เคียงกัน และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ นอกจากนี้ยังพบว่าไส้กรอกทั้ง 3 สูตรนี้มีปริมาณ *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Coliform*, *Clostridium perfringens* และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกินค่าที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ว่าบริโภคได้

ตารางที่ 10 ปริมาณจุลินทรีย์ในไส้กรอกอิมัลชันที่เติมโปรตีนเลือดและพลาสมาผงเปรียบเทียบ
ไส้กรอกควบคุม เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 16 วัน

การตรวจ	ระยะเวลา การเก็บ (วัน)	ปริมาณจุลินทรีย์ในไส้กรอกอิมัลชัน		
		สูตรควบคุม	สูตรเติมเลือดผงร้อยละ 1	สูตรเติมพลาสมาร้อยละ 2
ค่า log ของ จุลินทรีย์ทั้งหมด*	0	3.80 ^c ±0.04	3.78 ^c ±0.12	3.75 ^c ±0.06
	4	3.91 ^b ±0.22	3.95 ^b ±0.06	3.90 ^{bc} ±0.10
	8	4.06 ^a ±0.99	4.08 ^a ±0.05	3.96 ^b ±1.54
	12	4.07 ^a ±0.33	4.10 ^a ±0.10	4.04 ^b ±0.07
	16	4.15 ^a ±0.17	4.18 ^a ±0.08	4.15 ^a ±0.09
<i>Salmonella</i> (ในตัวอย่าง 25 กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	8	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	16	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Staphylococcus aureus</i> (ในตัวอย่าง 0.1 กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	8	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	16	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Clostridium perfringens</i> (ในตัวอย่าง 0.01 กรัม)	0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	4	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	8	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	12	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
	16	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
<i>Coliform</i> (MPN)	0	< 3	< 3	< 3
	4	< 3	< 3	< 3
	8	< 3	< 3	< 3
	12	< 3	< 3	< 3
	16	< 3	< 3	< 3

* ข้อมูลในแนวตั้งที่มีอักษรต่างกัน (a,b,...) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยประจำปี 2544 และขอขอบคุณ คุณวิภาพร ดวงจรัส คุณสุกัญญา นนทคำจันทร์ และคุณอรอุมา เห่งี่ยมครบุรี ที่ช่วยเตรียมตัวอย่างและดำเนินงานวิจัยจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

1. Ranken, M. D., 1980, *Applied Protein Chemistry: Application of Blood Proteins*, Applied Sci., London, pp. 169-179.
2. Jantawat, P., Chinprahast, N., and Kristavee, D., 1996, "Functional Property of Stored Dried Porcine Plasma Powder and its Effect on Sausage Quality," *Asean Food Journal*, Vol. 11, No. 2, pp. 69-73.
3. อรรถพร เดชะพันธ์, 2529, "การเตรียมและการใช้โปรตีนจากเลือดในไส้กรอก-แฟรงค์เฟอ์เตอร์," *วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
4. วิภาพร ดวงจรัส, สุกัญญา นนทคำจันทร์, อรอุมา เห่งี่ยมครบุรี, พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และมณฑิรา นพรัตน์, 2545, "คุณสมบัติของเลือดไก่ผงและพลาสมาผงที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบไมโครเวฟสุญญากาศ," *การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40*, 4-7 กุมภาพันธ์, หน้า 445-453.
5. Suzuki and Shimizu, 1982, Method for Reducing the Bacterial Population of Blood Power, *U.S. Pat. 4,347,259*.
6. AOAC, 1995, *Official Methods of Analysis*, 16th ed., Washington, D.C., Association of Official Analytical Chemists.
7. McMahon, E. F. and Dawson, L. E., 1975, "Effect of Salt and Phosphates on some Functional Characteristics of Hand and Mechanically Deboned Turkey Meat," *Poultry Science*, Vol. 55, pp. 573-578.
8. Beuchat, L. R., 1977, "Functional and Electrophoretic Characteristics of Succinylated Peanut Flour Properties," *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 25, No. 2, pp. 258-262.
9. Wang, C. R. and Zayas, J. F., 1992, "Emulsifying Capacity and Emulsion Stability of Soy Protein Compared with Corn Germ Protein Flour," *Journal of Food Science*, Vol. 57, No. 3, pp. 726-731.
10. Caldroni, H. A. and Ockerman, H. W., 1982, "Incorporation of Blood Protetins into Sausage," *Journal of Food Science*, Vol. 47, No. 2, pp. 405-408.

11. Lecomte, N. B., Zayas, J. F., and Kastner, C. L., 1993, "Soya Protein Functional and Sensory Characteristics Improved in Comminuted Meats," *Journal of Food Science*, Vol. 58, No. 3, pp. 464-466.
12. Fox, J. B., Jenkins, R. K., and Ackerman, S. A., 1983, "Texture of Emulsified Cooked Meat Product by Three Different Methods of Measurement," *Journal of Food Science*, Vol. 48, No. 4, pp. 1025-1030.
13. Shibata, N. and Kinumaki, Y., 1979, "An Improvement of TBA Procedure as the Measure of the Oxidative Deterioration Occuring in Fish Oil II Intact Sample Procedure," *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, Vol. 4, pp. 505-509.
14. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532, *แอม มอก. 848-2532*, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.
15. Cochran, W. G. and Cox, G. M., 1985, *Experimental Designs*, John Wiley and Sons, New York.
16. Ranken, M. D., 1977, "Food Ingredients from Animal Blood," *Chemistry and Indus.*, Vol. 12, No. 12, pp. 498-500.
17. Su, Y. K., Bowers, J. A., and Zayas, J. F., 2000, "Physical Characters as Affected by Salt and Emulsified Fats Stabilized with Meat Proteins," *Journal of Food Science*, Vol. 65, No. 2, pp. 123-128.
18. สุปรานี แยมพราย, 2539, "การผลิตไฮโดรไลเซตจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์," *วิทยานพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.*
19. Ockerman, H. W. and Hansen, C. L., 1988, *Blood Utilization. In: Animal by Product Processing*, VCH Publishing Inc. Chichester.
20. Marques, E. J., Ahmed, E. M, West , R. L., and Johnson, D. D., 1989, "Emulsion Stability and Sensory Quality of Beef Frankfurters Produced at Different Fat or Peanut Oil Levels," *Journal of Food Science*, Vol. 54, No. 4, pp. 867-870.
21. Frederick, T. L., Miller, K. S., Tiney, L. R., and Ramsey, C. B., 1994, "Characteristics of 95% Lean Beef German Sausage Vary in Phosphate and Add Water," *Journal of Food Science*, Vol. 59, No. 3, pp. 453-455.