ผลของการใช้ผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

Effects of supplementation with tomato powder replace nitrite on physical, chemical, biological and sensory properties of Frankfurter sausage

โอภาส มูลอ้าย[1] สุเมษ มีสกุล[1] ณัฐธญาณ์ ศรีสุวอ[2*] และ นภาพร ดีสนาม[3]

[1]นักศึกษา [3]อาจารย์ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

[2]อาจารย์ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง 52000

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้ผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์บางส่วน ที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยใช้อัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์ เท่ากับ 0 : 2 0.5 : 1.5 1 : 1 และ 1.5 : 0.5 และวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน การใช้อัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์ เท่ากับ 1 : 1 มีผลทำให้ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์มีค่าความเข้มของสีแดง และสีเหลืองสูงที่สุด และมีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าสิ่งทดลองควบคุม รวมทั้งได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรสสูงที่สุด สำหรับอัตราส่วน 1.5 : 0.5 พบว่า มีปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณไลโคปีนสูงที่สุด แต่มีค่าความแข็ง (hardness) ความเหนียว (gumminess) และคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่ำที่สุด แต่เมื่อเก็บรักษาไส้กรอกอัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์ เท่ากับ 1 : 1 ไว้นานขึ้น จะทำให้ปริมาณกรดทั้งหมด ค่า TBA และค่าความสว่างของไส้กรอกเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเข้มของสีแดง และคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรส รสชาติ และความชอบโดยรวมลดน้อยลง ไส้กรอกมีคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้เมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน

Abstract

Effect of tomato powder as sodium nitrite replacer on qualities of Frankfurter was studied. The ratio of tomato powder: sodium nitrite were 0: 2, 0.5: 1.5, 1: 1 and 1.5: 0.5, respectively. Physicochemical, microbiological and sensory properties during storage in vacuum seal at 4 °C for 21 days were studied. The results were found that the optimum ratio of tomato powder: sodium nitrite was 1: 1 that produced the highest in *a** and *b**, which was higher lycopene content than control. Furthermore, it had the highest scores in appearance, color and flavor. In addition, the formula with the ratio of 1.5 : 0.5 had the highest total acidity and lycopene content but the lowest in hardness, gumminess, flavor, taste, texture and overall liking. The ratio of 1: 1 was increased in total acidity, TBA and *L** after longer storage. Whereas, *a**, flavor, taste and overall liking were decreased upon storage time. The sausage that storage before 14 days was accepted in physical, chemical, microbiological and sensory properties consumer acceptance.

คำสำคัญ : แฟรงค์เฟอร์เตอร์ ผงมะเขือเทศ เกลือโซเดียมไนไตรท์ ไลโคปีน

Keywords : Frankfurter, tomato powder, sodium nitrite, lycopene

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ srisuvor@gmail.com โทร. 08 1642-3030, 0 5434 2553

1. บทนำ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* L.) *Lycopersicon esculentum Mill* วงศ์ *Solanaceae* เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศไทย มีผู้นิยมปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ใช้รับประทานในรูปของผลสด และนำไปประกอบอาหารได้หลายชนิด มีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะวิตามินซี (Sánchez-Moreno และคณะ, 2006) มะเขือเทศส่วนที่กินได้ 100 กรัม ให้พลังงาน 22 กิโลแคลอรี โปรตีน 1.1 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.6 กรัม ฟอสฟอรัส 31 กรัม และมีเบตา–แคโรทีน (β-carotene) 373 ไมโครกรัม (ธัญนีย์ สิมะโรจน์, 2542) และมีสารชนิดหนึ่งที่สามารถป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ มะเร็งต่อมลูกหมาก โรคหัวใจและหลอดเลือดแข็งตัว และโรคเบาหวานได้ สารนี้ชื่อว่า ไลโคปีน (lycopene) จัดเป็นแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ชนิดหนึ่ง (Kong และคณะ, 2010) นอกจากนี้ยังพบสารอาหารที่ทำหน้าที่สำคัญต่อสุขภาพของร่างกาย เช่น เกลือแร่ วิตามินซี วิตามินอี กรดอินทรีย์ เบตา-แคโรทีน ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ฟีนอลิก (phenolics) และคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) (Giovanelli และ Paradise, 2002) มีงานวิจัยของ Al-Wandawi, Abdul Rehman และ Al shaikhly (1985) ได้รายงานว่า เปลือกมะเขือเทศมีปริมาณไลโคปีนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อและเมล็ด และส่วนเปลือกและเมล็ดมะเขือเทศยังมีกรดอะมิโนที่จำเป็น และเกลือแร่ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง สูงกว่าเนื้อของมะเขือเทศด้วย นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) และลิโนเลนิก (linolenic acid) อีกด้วย

ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (Frankfurter) เป็นผลิตภัณฑ์จากการบดเนื้อหมูกับเกลือ ผสมกับเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสต่าง ๆ บรรจุในถุง มีลักษณะกลมยาว เป็นไส้กรอกที่เรียกตามแหล่งผลิต (ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์, 2550) มีส่วนประกอบสำคัญได้แก่ เนื้อสัตว์ ไขมัน ความชื้น เกลือ และไนไตรท์ (nitrite) ซึ่งใช้ในรูปเกลือโซเดียมและโพแทสเซียม ใช้ในการหมักเนื้อ เพื่อให้ไส้กรอกมีสีสดขึ้น และอาจจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด เช่น *Clostridium botulinnum* และ *Clostridium perfringens* (Deda, Bloukas และ Fista, 2007) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขไทยอนุญาตให้ใช้เกลือโซเดียมหรือโพแทสเซียมไนไตรท์ได้ไม่เกิน 125 ppm (สายสนม ประดิษฐดวง, 2546) ไนไตรท์มีพิษแรงกว่าไนเตรท เมื่อบริโภคในปริมาณมากเกินไป จะเป็นพิษแก่ร่างกาย โดยจะไปออกซิไดซ์ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงกลายเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนได้ และยังพบว่าสารประกอบดังกล่าวจะช่วยให้เกิดไนโทรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (carinogen) (Hsu, Arcot และ Lee, 2009) มีกลุ่มศึกษาจากประเทศสวีเดนได้รายงานว่า ถ้าใช้โซเดียมแอสคอร์เบต (sodium ascorbate) หรือโซเดียมอิริทอร์เบต (sodium erythorbate) ร่วมกับไนไตรท์จะช่วยลดการเกิดไนโทรซามีนได้ (สายสนม ประดิษฐดวง, 2546) มีรายงานของ Deda และคณะ (2007) ได้ศึกษาผลของระดับมะเขือเทศบดละเอียด (tomato paste) และไนไตรท์ที่มีต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ พบว่า การเติมมะเขือเทศบดละเอียด (ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ร้อยละ 12) ที่ระดับร้อยละ 12 และไนไตรท์ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ Calvo, Garcia และ Selgas (2008) ได้รายงานผลของเปลือกมะเขือเทศที่เติมลงในไส้กรอกหมักแบบแห้ง (Dry fermented sausages, salchichón) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไลโคปีนสูง รวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ดี

สำหรับงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำมะเขือเทศซึ่งมีสารที่ให้สีหลัก คือ ออลทรานส์ - ไลโคปีน (all - trans - lycopene) และแคโรทีนอยด์ รวมทั้งเบตา-แคโรทีน ไฟโทฟลูอีน (phytofluene) ไฟโทอีน (phytoene) และโทโคเฟอรอล (tocopherol) ซึ่งเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ที่มีในธรรมชาติ ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และช่วยป้องกันการหืนของไส้กรอกได้ (Calvo และคณะ, 2008; Kong, 2010; Eyiler และ Oztan, 2011) อีกทั้งมะเขือเทศมีกรดกลูตามิค (glutamic) ในปริมาณสูง ช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร (Chew และ Seymour, 2013) เมื่อนำมาเสริมกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ น่าจะส่งผลดีต่อสี รสชาติ และช่วยลดการ

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันกับอากาศในระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกได้ นอกจากนี้ยังลดปริมาณไนไตรท์เพื่อประโยชน์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ อีกทั้งเป็นทางเลือกใหม่ในการพัฒนาไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เพื่อสุขภาพออกสู่ตลาดอีกทางหนึ่ง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ รวมทั้งคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* L.) พันธุ์อีเป้อ ได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เนื้อหมู มันแข็งบด และกระเทียม จากตลาดต้นยาง ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง เกลือโซเดียมไนไตรท์ โซเดียมอิริโธรเบท (sodium erythorbate) โปรตีนถั่วเหลือง และแอคคอร์ด (ฟอสเฟต) ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การเตรียมผงมะเขือเทศ

ล้างและนึ่งมะเขือเทศสุกด้วยไอน้ำเดือด นาน 5 นาที แยกเปลือกออกจากส่วนของเนื้อโดยใช้มีด นำส่วนที่เป็นเปลือกมะเขือเทศไปอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven) (Shel lab, 1350FX) ที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 โดยน้ำหนักแห้ง นำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง (sample mill) (1093 Cyclotec, Tacator) ร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 60 เมช และใส่ในขวดแก้วสีชา ปิดฝาให้สนิท และเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2.2 การเตรียมไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

เตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตไส้กรอก โดยชั่งส่วนผสมทั้งหมด 4 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 ขั้นตอนผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ดัดแปลงมาจาก ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์ (2550) โดยนำเนื้อหมูและมันแข็งออกมาจากตู้แช่แข็ง หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส นำเนื้อหมู กระเทียม เครื่องปรุงและเครื่องเทศเข้าเครื่องสับผสม (Robot Coupe S.A., R.5 08 / 227, France) เติมน้ำแข็งส่วนที่ 1 ลงในอ่างสับผสมจนละเอียด จากนั้นเติมมันแข็ง และน้ำแข็งส่วนที่ 2 สับผสมจนได้ส่วนผสมที่มีเนื้อเนียนละเอียด มีความคงตัวเป็นอิมัลชัน เติมผงมะเขือเทศและไนไตรท์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1) อัตราส่วนของผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์เท่ากับ 0 : 2 (เกลือโซเดียมไนไตรท์ 20 กรัมต่อเนื้อหมู 1 กิโลกรัม) เป็นตัวอย่างควบคุม 2) อัตราส่วน 0.5 : 1.5 (ผงมะเขือเทศ 5 กรัม และเกลือโซเดียมไนไตรท์ 15 กรัมต่อเนื้อหมู 1 กิโลกรัม) 3) อัตราส่วน 1 : 1 (ผงมะเขือเทศ 10 กรัม และเกลือโซเดียมไนไตรท์ 10 กรัมต่อเนื้อหมู 1 กิโลกรัม) และ 4) อัตราส่วน 1.5 : 0.5 (ผงมะเขือเทศ 15 กรัม และเกลือโซเดียมไนไตรท์ 5 กรัมต่อเนื้อหมู 1 กิโลกรัม) ผสมให้เข้ากัน ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 16 องศาเซลเซียส บรรจุใส่ไส้พลาสติกมัดความยาวประมาณ 6 นิ้ว นำไปอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที แล้วรมควันด้วยน้ำอ้อยนานประมาณ 30 นาที แล้วนำไปต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำเย็นที่สะอาด นำขึ้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วดึงเชือกออก พร้อมทั้งตัดไส้กรอกเป็นท่อน บรรจุลงในถุงพลาสติกขนาดบรรจุ 450 กรัม ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 สูตรของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

ส่วนผสม	ปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด (กรัม)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
เนื้อหมูบด	100	100	100	100
มันแข็งบด	30	30	30	30
น้ำตาลทราย	1.5	1.5	1.5	1.5
พริกไทยป่น	0.94	0.94	0.94	0.94
ลูกจันทร์ป่น	0.29	0.29	0.29	0.29
ผงชูรส	0.25	0.25	0.25	0.25
แอคคอร์ด	0.5	0.5	0.5	0.5
โซเดียมอิริโธรเบท	0.02	0.02	0.02	0.02
โปรตีนถั่วเหลือง	2	2	2	2
กระเทียมบด	2	2	2	2
น้ำแข็งบด	30	30	30	30
แป้งสาลี	0.25	0.25	0.25	0.25
ลูกผักชีป่น	3.85	3.85	3.85	3.85
หอมหัวใหญ่บด	0.6	0.6	0.6	0.6
ผงมะเขือเทศ	0	0.5	1.0	1.5
เกลือโซเดียมไนไตรท์	2.0	1.5	1.0	0.5

ที่มา : ดัดแปลงมาจากกรมปศุสัตว์ (2546)

2.2.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

วัดค่าความสว่าง (*L**) ค่าความเข้มของสีแดง (*a**) และค่าความเข้มของสีเหลือง (*b**) โดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) (Hunter Lab, Color Quest XE, USA) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, Consort C381, Switzerland) วิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมด (titratable acidity) โดยวิธีการไตเตรท (titration) (AOAC, 2005) และทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) (TA.XT Plus, UK) หาค่าความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) การเกาะติดกัน (cohesiviness) ความเหนียว (gumminess) และการบดเคี้ยว (chewiness) (Herrero และคณะ, 2008) ทดลอง 3 ซ้ำ

2.2.2.2 การวิเคราะห์กลิ่นหืน

การวิเคราะห์หา Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) โดยชั่งตัวอย่าง 2.0 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายผสม (กรดไทโอบาร์บิทูริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.375 และกรดไตรคลอโรอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 15 น้ำหนักต่อปริมาตร ละลายในสารละลายไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.25 นอร์มัล) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 นาที ทำให้เย็น แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (Hettich รุ่น Universal 16) ที่ความเร็ว 8,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำของเหลวส่วนบน (supernatant) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer, T80, UK) และใช้สารละลายผสมที่ไม่มีการเติมตัวอย่างเป็นตัวอย่างควบคุม (blank) คำนวณหาค่าความเข้มข้นของมาโลนอลดีไฮด์ (MDA) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ 1.56×10^5 $M^{-1}cm^{-1}$ และเปลี่ยนความเข้มข้นของ MDA เป็นค่า Thiobarbituric acid (TBA) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมมาโลนอลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (mg MDA/kg) คำนวณตามวิธีของ Jayasingh และ Cornforth (2003)

2.2.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไลโคปีน

ชั่งตัวอย่างหนัก 0.5 กรัม เติมสารละลายผสม (สารละลายเอทานอล ร้อยละ 25 เฮกเซน ร้อยละ 50 อะซิโตน ร้อยละ 25 และสารละลาย BHT ร้อยละ 0.05) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ที่เก็บไว้ในขวดสีชา นำมาผสมให้เข้ากัน และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 3 มิลลิลิตร จากนั้นแยกสารละลายเฮกเซน (สีแดงส้ม) ที่อยู่ส่วนบนออก โดยตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณไลโคปีน โดยใช้สูตร ปริมาณไลโคปีน (มิลลิกรัมต่อกรัม) = (A_{503} x 31.2 x 1000) / จำนวนตัวอย่าง (กรัม) (Fish, Perkins-Veazie และ Collins, 2002)

2.2.2.4 การหาจำนวนจุลินทรีย์

ชั่งตัวอย่างไส้กรอกน้ำหนัก 25 กรัม เติมสารละลายเปปโตนบัฟเฟอร์ ร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยนำเข้าเครื่องตีปั่น (stomacher) (400 Circulator, Seward, England) ทำให้เจือจางด้วยสารละลายเดียวกัน ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันในหลอดทดลองด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ วิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ด้วยวิธีการ spread plate ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และหาจำนวนยีสต์และราทั้งหมด (total yeasts and molds) โดย spread plate ลงบน Potato Dextrose Agar (CDH Bioscience (P) ltd) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และคำนวณเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง หรือ Log CFU/g (Siripatrawan และ Noipha, 2012)

2.2.2.5 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีทดสอบความชอบ (liking test) ของผู้บริโภคด้วยสเกลความชอบ 9 ระดับ(9 - point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่ไม่ผ่านการฝึกฝน อายุระหว่าง 19-45 ปี จำนวน 60 คน

2.2.3 ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์

เตรียมตัวอย่างไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศในปริมาณที่ได้คัดเลือกแล้วในข้อ 2.2.2 บรรจุลงในถุงพลาสติกใส ปิดผนึกแบบสุญญากาศด้วยเครื่องบรรจุแบบสุญญากาศ (vaccum sealer) (Multivac, A300/16, Germany) เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกทุกสัปดาห์

2.2.4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และจุลินทรีย์ และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) สำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนท์ (treatment) โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ($p \leq 0.05$)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ผลของการเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพจุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

การเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในไส้กรอกสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ อัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์ เท่ากับ 0 : 2 0.5 : 1.5 1 : 1 และ 1.5 : 0.5 ตามลำดับ โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรควบคุม (ไม่เติมผงมะเขือเทศ) ผลของการเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ	อัตราส่วนของผงเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์			
	0 : 2	0.5 : 1.5	1 : 1	1.5 : 0.5
*a**	4.51± 0.15 ^{d}	8.43 ± 0.27 ^{c}	12.28 ± 0.28 ^{a}	11.28 ± 0.22 ^{b}
*b**	12.63 ± 0.33 ^{d}	16.89 ± 0.47 ^{c}	22.32 ± 0.51 ^{a}	20.81 ± 0.41 ^{b}
*L**	63.44 ± 0.05 ^{a}	60.86 ± 0.77 ^{b}	58.23 ± 0.95 ^{c}	59.65 ± 1.00 ^{b}
pH ^{ns}	6.25 ± 0.04	6.24 ± 0.04	6.22 ± 0.04	6.21 ± 0.01
Total acidity (%)	0.46 ± 0.02 ^{c}	0.46 ± 0.02 ^{c}	0.50 ± 0.00 ^{b}	0.55 ± 0.00 ^{a}
TBA ^{ns} (mg malonaldehyde/kg)	0.54 ± 0.02	0.54 ± 0.00	0.52 ± 0.03	0.49 ± 0.02
Lycopene (mg/g)	3.35 ± 0.26 ^{b}	3.64 ± 0.03 ^{b}	4.22 ± 0.67 ^{ab}	5.50 ± 0.66 ^{a}

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

$^{a, b, c, d}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไส้กรอกทั้ง 4 พบว่า การเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความเข้มของสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ลดลง และไส้กรอกที่มีอัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์เท่ากับ 1 : 1 มีค่าความเข้มของสีแดงและสีเหลืองมากที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากอันตรกิริยาระหว่างผงมะเขือเทศที่มีไลโคปีนซึ่งเป็นสารสีแดง และเบตา- แคโรทีนซึ่งเป็นสารสีส้มเหลือง ร่วมกับเกลือไนไตรท์ที่ทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินในเนื้อหมูให้สารสีแดงในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่า TBA ของตัวอย่างไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ แต่มีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมด (กรดแลกติก) และปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลของคุณสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์แสดงในตารางที่ 3 จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่า hardness, springiness, gumminess และ chewiness สูงที่สุด และการเติมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าดังกล่าวลดลง เนื่องจากผงมะเขือเทศมีผลทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกร่วน เนื้อหยาบ ไม่เนียน

ตารางที่ 3 ผลของคุณสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณสมบัติทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (นิวตัน)	อัตราส่วนของผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์			
	0 : 2	0.5 : 1.5	1 : 1	1.5 : 0.5
Hardness	14.41 ± 1.00 ^{a}	13.25 ± 0.33 ^{b}	12.82 ± 1.18 ^{b}	11.18 ± 0.84 ^{c}
Springiness	0.33 ± 0.04 ^{a}	0.25 ± 0.04 ^{b}	0.25 ± 0.03 ^{b}	0.26 ± 0.04 ^{b}
Cohesiveness ^{ns}	0.88 ± 0.02	0.89 ± 0.02	0.89 ± 0.02	0.88 ± 0.04
Gumminess	12.68 ± 0.07 ^{a}	11.77 ± 0.28 ^{b}	11.37 ± 0.78 ^{b}	9.80 ± 0.78 ^{c}
Chewiness	4.20 ± 0.66 ^{a}	2.97 ± 0.50 ^{b}	2.94 ± 0.54 ^{b}	2.61 ± 0.03 ^{b}

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

$^{a, b, c}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ส่งผลให้ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความเหนียว และการบดเคี้ยวของไส้กรอกลดลง และการเติมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ไม่มีผลต่อค่า cohesiveness อย่างมีนัยสำคัญ ($p >$

0.05) อาจเนื่องจากการเติมผงมะเขือเทศเพียงเล็กน้อยไม่ส่งผลต่อค่าความเกาะติดกันของไส้กรอก ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของพันธะภายในตัวอย่าง

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทั้ง 4 พบว่า ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์เท่ากับ 0.5 : 1.5 ได้รับคะแนนความชอบจากผู้บริโภคทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด และมากกว่าสูตรควบคุมในด้านลักษณะปรากฏ และสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องจากผู้บริโภคชอบลักษณะปรากฏและสีของไส้กรอกที่มีสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับผลทางกายภาพที่มีค่าความเข้มของสีแดงและสีเหลืองสูงกว่า ส่วนอัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์เท่ากับ 1.5 : 0.5 ได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะต่าง ๆ น้อยที่สุด

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	อัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์			
	0 : 2	0.5 : 1.5	1 : 1	1.5 : 0.5
ลักษณะปรากฏ	6.87 ± 1.17 [b]	7.57 ± 0.77 [a]	7.00 ± 1.28 [ab]	6.37 ± 1.73 [b]
สี	6.23 ± 1.41 [c]	7.43 ± 0.82 [a]	7.20 ± 1.03 [ab]	6.77 ± 1.43 [bc]
กลิ่นรส	7.27 ± 1.17 [ab]	7.53 ± 0.68 [a]	7.00 ± 1.31 [ab]	6.37 ± 1.53 [c]
รสชาติ	7.37 ± 1.03 [a]	7.40 ± 0.81 [a]	6.40 ± 1.50 [b]	5.53 ± 1.87 [c]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	7.47 ± 1.28 [a]	7.27 ± 0.94 [a]	5.87 ± 1.57 [b]	5.00 ± 1.72 [c]
ความชอบโดยรวม	7.27 ± 0.98 [a]	7.60 ± 0.72 [a]	6.33 ± 1.40 [b]	5.53 ± 1.70 [c]

[a, b, c] อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากการเพิ่มปริมาณผงมะเขือเทศอาจทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกร่วน มีลักษณะไม่เป็นอิมัลชันและการลดปริมาณเกลือโซเดียมไนไตรท์ลงอาจทำให้รสเค็มของผลิตภัณฑ์น้อยลง จึงมีคะแนนความชอบทางด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสด้อยลง ส่งผลให้คะแนนทางด้านความชอบโดยรวมของตัวอย่างสูตรที่ 1 และ 2 มากกว่าสูตรที่ 3 และ 4

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในไส้กรอกเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่มีเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่จะมีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากกว่ายีสต์และราทั้งหมด เพราะไนไตรท์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Deda และคณะ, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างทั้งหมดมีจำนวนจุลินทรีย์ ยีสต์และราทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด กล่าวคือ มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อกรัม (4.00 Log CFU/g) และจำนวนยีสต์และราทั้งหมด ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อกรัม (2.00 Log CFU/g) (มผช. 330, 2547)

ตารางที่ 5 จำนวนจุลินทรีย์ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน

จำนวน (Log CFU/g)	อัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์			
	0 : 2	0.5 : 1.5	1 : 1	1.5 : 0.5
จุลินทรีย์ทั้งหมด	2.58 ± 0.09 [d]	2.79 ± 0.07 [c]	2.92 ± 0.02 [b]	3.09 ± 0.06 [a]
ยีสต์และราทั้งหมด	1.58 ± 0.05 [b]	1.68 ± 0.04 [ab]	1.75 ± 0.07 [a]	1.87 ± 0.11 [a]

[a, b, c, d] อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ที่มีต่อคุณสมบัติทางด้านต่าง ๆ ของไส้กรอก แฟรงค์เฟอร์เตอร์ พอจะสรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสำหรับการเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ คือ 1 : 1 เนื่องจากมีค่าความเข้มของสีแดงและสีเหลืองสูงที่สุด และมีปริมาณไลโคปีนสูงที่สุดไม่แตกต่างอัตราส่วน 1.5 : 0.5 โดยมีค่า hardness springiness gumminess และ chewiness สูงรองลงมาจากตัวอย่างสูตรควบคุม อีกทั้งยังได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรสสูงไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด (สูตร 2) ดังนั้นจึงเลือกเสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วน 1: 1 สำหรับนำไปศึกษาคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

3.2 ผลของอายุการเก็บรักษาที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์

เตรียมตัวอย่างไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในอัตราส่วน 1 : 1 กล่าวคือ เติมผงมะเขือเทศปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของเนื้อหมู และเติมเกลือโซเดียมไนไตรท์ปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของเนื้อหมู เก็บตัวอย่างบรรจุลงในถุงพลาสติกใส ปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของไส้กรอกทุกสัปดาห์

ผลของอายุการเก็บรักษาที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ แสดงในตารางที่ 6 เมื่อเก็บไส้กรอกเป็นระยะเวลานานขึ้น ตัวอย่างจะมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และมีค่าความเข้มของสีแดงลดลง ส่วนค่าความเข้มของสีเหลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน หลังจากนั้นจะลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้มีรายงานว่า ไลโคปีนสามารถเสื่อมสลายได้เมื่อถูกแสงในระหว่างการเก็บรักษา (Xianquan และคณะ, 2005) แต่สารเบตา-แคโรทีนยังมีอยู่ และจะมีสีเหลืองเด่นขึ้นเมื่อปริมาณไลโคปีนลดลงในช่วงแรก แต่เมื่อเก็บนานเป็นระยะเวลา 21 วัน ปริมาณสารเบตา-แคโรทีนเริ่มลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับตัวเลขปริมาณไลโคปีนที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และจะลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน และพบว่า ค่า pH ของไส้กรอกลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก (lactic acid bacteria) สามารถสร้างกรดแลกติกได้ในสภาวะไม่ต้องการออกซิเจนและเก็บที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อเก็บตัวอย่างนานขึ้น ค่า TBA จะยิ่งสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องจากไส้กรอกมีลักษณะเป็นอิมัลชันมีส่วนผสมของเนื้อสัตว์และไขมัน เมื่อตัวอย่างสัมผัสกับอากาศอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนที่อาจแทรกซึมผ่านถุงพลาสติกเข้ามาสัมผัสกับไขมันในผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้

ตารางที่ 6 ผลของคุณสมบัติทางด้านเคมีกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษา

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	7	14	21
*a**	7.60 ± 0.11 [a]	6.99 ± 0.15 [b]	6.72 ± 0.13 [c]	6.55 ± 0.08 [d]
*b**	17.03 ± 0.10 [b]	17.08 ± 0.25 [b]	17.37 ± 0.25 [a]	16.91 ± 0.13 [b]
*L**	61.06 ± 0.50 [c]	63.04 ± 0.46 [b]	61.94 ± 0.40 [c]	64.47 ± 0.40 [a]
pH	6.15 ± 0.02 [a]	6.11 ± 0.02 [b]	6.07 ± 0.01 [c]	5.91 ± 0.02 [d]
Total acidity (%)	0.61 ± 0.01 [c]	0.74 ± 0.02 [c]	0.81 ± 0.02 [b]	0.94 ± 0.01 [a]
TBA (mg malonaldehyde/kg)	0.72 ± 0.05 [c]	0.76 ± 0.04 [bc]	0.82 ± 0.05 [ab]	0.86 ± 0.06 [a]
Lycopene (mg/g)	3.20 ± 0.38 [a]	3.13 ± 0.36 [a]	2.99 ± 0.22 [a]	2.43 ± 0.38 [b]

[a, b, c, d] อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 แสดงผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษา 21 วัน จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเก็บรักษาไส้กรอกนานขึ้น คะแนนความชอบทางด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนคะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความชอบโดยรวมของไส้กรอกไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน แต่เมื่อเก็บตัวอย่างนาน 21 วัน คะแนนดังกล่าวลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องจากเมื่อเก็บรักษาไส้กรอกเป็นระยะเวลานานขึ้น จะทำให้ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และรสชาติเปลี่ยนแปลงไปจากไส้กรอกที่ผลิตเสร็จใหม่ ๆ เพราะจุลินทรีย์สามารถทวีจำนวนผลิตเมือกและกรดแลกติกเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น และค่า pH ที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา และเมื่อเก็บไส้กรอกนาน 14 วัน คะแนนทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเสร็จใหม่ ๆ แต่คะแนนทางด้านรสชาติลดลงเล็กน้อย อาจเป็นผลเนื่องมากจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บ

ตารางที่ 7 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษา

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	7	14	21
ลักษณะปรากฏ	7.84 ± 0.54 [a]	7.87 ± 0.51 [a]	7.60 ± 0.86 [a]	6.90 ± 0.71 [b]
สี [ns]	7.80 ± 0.61	7.73 ± 0.58	7.67 ± 0.92	7.47 ± 0.78
กลิ่นรส	7.77 ± 0.77 [a]	7.76 ± 0.71 [a]	7.50 ± 0.86 [a]	6.63 ± 0.62 [b]
รสชาติ	7.37 ± 1.03 [a]	7.40 ± 0.81 [a]	6.66 ± 1.19 [b]	5.70 ± 1.54 [c]
ลักษณะเนื้อสัมผัส [ns]	6.97 ± 0.77	6.93 ± 0.69	6.83 ± 1.15	6.60 ± 0.86
ความชอบโดยรวม	7.83 ± 0.65 [a]	7.77 ± 0.77 [a]	7.73 ± 0.69 [a]	7.17 ± 0.65 [b]

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

[a, b, c] อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ในตัวอย่างไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษา จากผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ไส้กรอกจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์จะสามารถทวีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ทำให้สั้นลง จากการศึกษาเก็บรักษาแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไว้ในถุงพลาสติกใส ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2299–2549)

ตารางที่ 8 จำนวนจุลินทรีย์ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในระหว่างการเก็บรักษา

จำนวน (Log CFU/g)	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)			
	0	7	14	21
จุลินทรีย์ทั้งหมด	2.75 ± 0.09 [d]	2.92 ± 0.02 [c]	4.30 ± 0.02 [b]	5.97 ± 0.13 [a]
ยีสต์และราทั้งหมด	1.13 ± 0.06 [d]	1.81 ± 0.13 [c]	2.20 ± 0.08 [b]	3.11 ± 0.04 [a]

[a, b, c, d] อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นในการพัฒนาการผลิตไส้กรอกกรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศ ควรเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งจำนวนจุลินทรีย์ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และควรตรวจหาจำนวนแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษ เช่น

Escherichia coli, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* และ *Clostridium perfringens* เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม นอกจากนี้ควรศึกษาการใช้สารช่วยเพิ่มความคงตัว (stabilizer) หรือสารช่วยในการยึดเกาะ (binding agent) ให้แก่ผลิตภัณฑ์ เพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมผงมะเขือเทศต่อไป

4. สรุป

อัตราส่วนของผงมะเขือเทศทดแทนเกลือโซเดียมไนไตรท์ในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนผงมะเขือเทศต่อเกลือโซเดียมไนไตรท์ เท่ากับ 1 : 1 (ปริมาณผงมะเขือเทศร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของเนื้อหมู และปริมาณเกลือโซเดียมไนไตรท์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของเนื้อหมู) มีค่าความเข้มของสีแดง สีเหลือง และปริมาณของไลโคปีนสูงที่สุด รวมทั้งได้รับคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรสสูงที่สุด และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในถุงพลาสติกใส ปิดผนึกแบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้เป็นระยะเวลานาน 14 วัน โดยคุณภาพทางด้านเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้

5. เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2546. **ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 29 น.

ธเนศ อิสระมงคลพันธุ์. 2550. **ไส้กรอก.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แม่บ้าน. 58 น.

ธัญนีต์ สิมะโรจน์. 2542. **ผักโภชนาการสูงจากธรรมชาติ.** กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์กิจเจริญ. 247 น.

สายสนม ประดิษฐดวง. 2546. การถนอมรักษาอาหารด้วยสารเคมี. *ใน* **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร**, น. 220-236. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 330-2547). 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกหมู.**

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2299-2549). 2549. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์.**

Al-Wandawi, H., Abdul Rehman, M. H., Al shaikhly, K. A., 1985. Tomato processing wastes as essential raw materials source. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 33(5): 804–807.

AOAC. 2005. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC International.

Calvo, M. M., García, M. L. and Selgas, M. D. 2008. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. **Meat Science** 80(2): 167-172.

Chew, B. L. and Seymour, G. B. 2013. The effects of glutamate decarboxylase (GAD) RNAi knockout in tissue cultured transgenic tomato (*Solanum lycopersicum*). **Plant Omics Journal** 6(1): 13-17.

Deda, M. S., Bloukas, J. G. and Fista, G. A. 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. **Meat Science** 76(3): 501-508.

Eyiler, E. and Oztan, A. 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. **LWT – Food Science and Technology** 44(1): -307-311.

Fish, W. W., Perkins-Veazie, P. and Collins, J. K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. **Journal of food composition and analysis**

15(3): 309-317.

Giovanelli, G. and Paradise, A. 2002. Stability of dried and intermediate moisture tomato pulp during storage. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 50(25): 7277–7281.

Herrero, A. M., de la Hoz, L., Ordonez, J. A., Herranz, B., de Avila, M. D. R., Cambero, M. I. 2008. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. **Meat Science** 80(3): 690–696

Hsu, J., Arcot, J. and Lee, N. A. 2009. Nitrate and nitrite quantification from cured meat and vegetables and their estimated dietary intake in Australians. **Food Chemistry** 115(1): 334–339.

Jayasingh, P. and Cornforth, D. P. 2003, Comparison of antioxidant effects of milk mineral, butylated hydroxytoluene and sodium tripolyphosphate in raw and cooked ground pork. **Meat Science** 66(1): 83-89.

Kong, K., Khoo, H., Prasad, K. N., Ismail, A., Tan, C. and Rajab, N. F. 2010. Review: Revealing the power of the natural red pigment lycopene. **Molecules** 15(2): 959-987.

Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B. and Cano, M. P. 2006. Nutritional characterization of commercial traditional pasteurized tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity**. Food Chemistry** 98(4): 749-756.

Siripatrawan, U. and Noipha, S. 2012. Active film chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. **Food Hydrocolloids** 27(1): 102-108.

Xianquan, S., Shi, J., Kakuda, Y., Yueming, J. 2005. Stability of lycopene during food processing and storage. **Journal of Medicinal Food** 8(4): 413-422.