

ผลของกากงาขี้ม่อนผงต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของ หมูยอระหว่างการเก็บรักษา

โซชน ศรีเกตุ^{1*}, สาริโรจน์ รอดคีน² และ ธนิชฐนันท์ บุญศรีชนะ³

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อ.เมือง จ. อุบลราชธานี 34000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง อ.เมือง จ. เชียงราย 57100

³สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ. มหาสารคาม 44000

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของกากงาขี้ม่อนผง (Perilla seed pressed-cake-powder; PPP) ที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0-2.0) ต่อคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของหมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่าตัวอย่างควบคุมมีปริมาณไขมันต่ำกว่าตัวอย่างที่เติม PPP อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาคอร์สสร้างจุลภาคพบว่า การเติม PPP ไม่มีผลต่อโครงสร้างของหมูยอ พบว่าการเติม PPP ช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในหมูยอโดยสังเกตได้จากค่า peroxide value (PV) และ thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) ที่ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม การเติม PPP ไม่มีผลต่อค่าสีของหมูยอในวันเริ่มต้น อย่างไรก็ตาม พบว่าการลดลงของค่าความสว่าง (L* value) และการเพิ่มขึ้นของสีเหลือง (b* value) ($P < 0.05$) เห็นได้ชัดในหมูยอกลุ่มควบคุมเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่เติม PPP ระหว่างการเก็บรักษา การเติม PPP ไม่มีผลต่อปริมาณของกรดไขมันของหมูยอในวันเริ่มต้นแต่เมื่อเก็บรักษาหมูยอเป็นเวลา 21 วัน พบว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในตัวอย่างควบคุมมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เติม PPP ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส (texture profile analysis; TPA) พบว่าการเติม PPP ไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติม PPP ก็ไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในหมูยอพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ในทุกตัวอย่างมีค่าไม่เกินมาตรฐานตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน ดังนั้นการเติม PPP ในผลิตภัณฑ์หมูยอสามารถรักษาคุณภาพของหมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ได้เป็นเวลา 21 วัน

คำสำคัญ: กากงาขี้ม่อน, สารต้านอนุมูลอิสระ, ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และหมูยอ

* ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: psriket@hotmail.com

Effect of Perilla Seed Pressed-Cake Powder on Physicochemical Properties and Oxidative Stability of Pork Emulsion Sausage (Moo Yor) During Storage

Chodsana Sriket^{1*}, Saroat Rawdkuen² and Thanitnan Boonsrichana³

¹*Program in Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, 34000, Thailand*

²*Food Technology, School of Agro-Industry, Mae FahLuang University, Chiang Rai, 57100, Thailand*

³*Program in Food Business and Nutrition, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

Abstract

Effects of perilla seed pressed-cake-powder (PPP) at various contents (0-2.0%) on physicochemical properties and oxidative stability of pork emulsion sausage (Moo Yor) during storage at 4 °C for 21 days were studied. Control sample had lower fiber content ($P<0.05$), compared with PPP added samples. However, microstructure study revealed that PPP addition had no effect on Moo Yor structure. PPP was shown to retard lipid oxidation of Moo Yor samples during extended storage of 21 days as evidenced by the lower peroxide value (PV) and thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS), in comparison with the control. PPP addition showed no effect on color (L^* , a^* and b^* values) of Moo Yor samples at day 0 of storage. However, the decrease in L^* value and increase in b^* value ($P<0.05$) were more pronounced in control sample, compared with PPP added samples during storage. PPP addition had no effect on fatty acid content at day 0 but lower unsaturated fatty acid (UFA) content of control sample, compared with PPP added samples during storage for 21 days was found. There was no difference in texture profile analysis (TPA) among all samples at 0 day of storage. Sensory evaluation revealed that PPP addition also had no detrimental effect on Moo Yor samples. Microbial content in all samples was not exceeded the limit during the storage for 21 days. Therefore, PPP addition could be used as a means to maintain the quality of Moo Yor during storage at 4 °C for 21 days.

Keywords: Perilla seed pressed-cake, Antioxidant, Lipid oxidation and Pork emulsion sausage

* Corresponding author: E-mail: psriket@hotmail.com

บทนำ

น้ำมันพืชเป็นแหล่งของน้ำมันบริโภคที่สำคัญโดยมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 79 เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำมันบริโภคจากสัตว์ ซึ่งมีสัดส่วนอยู่ที่ร้อยละ 21 โดยพืชน้ำมันแต่ละชนิดจะให้น้ำมันที่มีสมบัติแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดหรือสายพันธุ์ของพืช เนื่องด้วยสมบัติด้านต่างๆ ของน้ำมันพืชที่เหนือกว่าน้ำมันจากสัตว์ ทำให้น้ำมันบริโภคจากพืชได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พืชน้ำมันที่สำคัญได้แก่ ถั่วเหลือง ฝ้าย ข้าวโพด ปาล์ม มะพร้าว มะกอก ทานตะวัน ถั่วลิสง เรพซิด และลินสิด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันมีพืชชนิดใหม่ๆ ที่มีการส่งเสริมการปลูกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมัน โดยมีการระบุว่ามีน้ำมันที่ได้มีสมบัติด้านต่างๆ ที่เทียบเคียงได้หรือดีกว่าน้ำมันพืชหลักๆ ที่ใช้ในการบริโภคอยู่ในปัจจุบัน เช่น น้ำมันเมล็ดงา น้ำมันงาขี้ม่อน น้ำมันถั่วดาวอินคา เป็นต้น โดยมีการอ้างอิงถึงข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ระบุว่าน้ำมันจากแหล่งดังกล่าวมีปริมาณกรดไขมันจำเป็นในปริมาณที่เกือบเทียบเคียงได้กับน้ำมันที่ได้จากเนื้อเยื่อของสัตว์ เช่น ปริมาณโอเมก้า-3 โอเมก้า-6 เป็นต้น (Sargi *et al.*, 2013)

งาขี้ม่อน (*Perilla frutescens*) เป็นพืชที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศแถบเอเชีย และมีการนำมาใช้สำหรับการปรุงตำรับอาหารและตำรับยาสมุนไพรพื้นบ้านมาช้านาน (Nitta *et al.*, 2003) เมล็ดงาขี้ม่อนมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญได้แก่ น้ำมันร้อยละ 35-45 ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acids; PUFAs) ที่สำคัญ โดยเฉพาะกรดลิโนเลนิกที่มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 54-64 (Sargi *et al.*, 2013) มีรายงานว่า งาขี้ม่อนที่มีแหล่งปลูกในประเทศอินเดียเป็นเมล็ดพืชที่มีปริมาณโปรตีนที่สูงถึงร้อยละ 17 ในขณะที่น้ำมันมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 52 (Longvah and Deosthale, 1991) นอกจากองค์ประกอบด้านไขมันและโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักแล้ว งาขี้ม่อนยังเป็นแหล่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สารต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (anti-bacterial) และสารต้านการก่อมะเร็ง (anti carcinogenic) เป็นต้น (Zekonis *et al.*, 2008) ด้วยสมบัติที่โดดเด่นดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ทำให้มีความต้องการน้ำมันจากพืชน้ำมันชนิดนี้มากยิ่งขึ้น

โดยเฉพาะน้ำมันที่อยู่ในรูปของน้ำมันบริสุทธิ์ (Virgin oil) ที่ได้จากกระบวนการสกัดด้วยการกดด้วยแรงทางกล (mechanically pressing) ที่มีการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิดการสกิดเย็น (cold pressed) ซึ่งด้วยกระบวนการสกัดดังกล่าวจะทำให้องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ที่ยังคงเหลืออยู่ในกากพืชน้ำมันไม่ถูกทำลายซึ่งโดยส่วนใหญ่ส่วนของกากจะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ เช่น กากงาสกิดน้ำมันจะมีเศษเหลือหลังสกัดน้ำมันแล้วประมาณร้อยละ 50-60 ในขณะที่กากงาขี้ม่อนจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 55-65 โดยในสัดส่วนที่สูงนี้ยังประกอบไปด้วยสารที่มีคุณค่าทางอาหารสูงอย่างเช่นโปรตีนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 17-25 นอกจากนั้นก็ยังมีส่วนของใยอาหาร สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ รวมถึงคาร์โบไฮเดรตในปริมาณสูง

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านสี กลิ่น และรสชาติ รวมทั้งคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (Yanishlieva *et al.*, 2006) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อการยอมรับและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ มีการศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์เพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวเพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา แต่พบว่าการใช้สารสังเคราะห์แม้จะให้ผลในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของสุขภาพและความปลอดภัย ปัจจุบันความสนใจในเรื่องสุขภาพมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะเรื่องของการบริโภคอาหาร พบว่ามีการนำสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น ซึ่งการใช้สารเหล่านี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารแล้วยังมีผลในแง่ของสุขภาพ โดยเฉพาะในแง่ของการป้องกันการเกิดโรคไม่ติดต่อที่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงได้ ด้วยเหตุที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มีการศึกษาสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เพื่อใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในอาหาร (Dimitrios, 2006; Khknen *et al.*, 1999) การวิจัยของนักวิจัยบางกลุ่มพบว่า การใช้สารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี (Karre *et al.*, 2013) นอกจากความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืชแล้ว การ

นำสารสกัดเหล่านั้นมาใช้ยังมีผลในแง่ของคุณค่าทางอาหาร ด้วย ซึ่งการวิจัยของนักวิจัยกลุ่มหนึ่งพบว่า สารสกัดจากพืชที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีผลช่วยในการรักษาคุณภาพของอาหาร และยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ด้วย (Cardoso *et al.*, 2008; Lopez-Vargas *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตาม การศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในสารสกัดจากพืชที่ใช้บริโภคโดยตรง แต่ในส่วนของการนำเศษเหลือจากการเกษตร หรืออุตสาหกรรมอาหารมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารยังไม่มีปรากฏเท่าที่ควร

จากการศึกษาของ Kongkeaw *et al.* (2015) และ Sargi *et al.* (2013) พบว่าสารสกัดจากงาขี้ม่อน (*P. frutescens* (L.) Britt.) มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และยังประกอบไปด้วยสารอาหาร โดยเฉพาะโปรตีน กรดไขมันจำเป็น แร่ธาตุ และใยอาหารในปริมาณสูง ในส่วนของงาขี้ม่อนทั้งเมล็ดพบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า คิดเป็นร้อยละ 5-7, 16-19, 20-51, 20-57 และ 3-4 ตามลำดับ (Kongkaew *et al.*, 2015; Longvah and Deosthale, 1991) ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากงาขี้ม่อนในด้านของการป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดแพร่หลายในภาคเหนือและภาคอีสาน เช่น หมูยอ ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับงาขี้ม่อนสกัดน้ำมันและพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูยอให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมงาขี้ม่อนผงต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมหมูยอผสมงาขี้ม่อนผง

นำเนื้อหมู (ผ่านการตัดแต่งเอาไขมันออกให้เหลือน้อยที่สุด) มาบดให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนทำการผลิตตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Nicomrat *et al.* (2016) สูตรหมูยอประกอบด้วย เนื้อหมูปูด 75 กรัม เกลือแกง 2 กรัม น้ำตาล 1.5 กรัม ฟอสเฟต 1.0 กรัม พริกไทย 0.5 กรัม และมันหมู 10 กรัม นำส่วนผสมที่ได้มาผสมรวมกันบดละเอียดประมาณ 3 นาที ด้วยเครื่องบดเนื้อ Panasonic Food Processor

(MK, 5087M, Selangor DarulEhsan, Malaysia) ซึ่งน้ำหนัก 100 กรัม/ชิ้น ห่อด้วยพลาสติกขนาดกว้าง 2 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว นำไปนึ่งนาน 40 นาที แล้วทำให้เย็นในน้ำผสมน้ำแข็งประมาณ 30 นาที การศึกษาผลของกากงาสกัดน้ำมันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหมูยอระหว่างเก็บรักษา โดยนำกากงาขี้ม่อนผง (ร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 โดยน้ำหนัก) มาละลายในน้ำผสมน้ำแข็งน้ำหนัก 10 กรัม ก่อนโดยชดเชยด้วยน้ำผสมน้ำแข็ง 10 กรัม แทนกากงาขี้ม่อนสกัดน้ำมันผง หลังจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดบดรวมกัน ตัวอย่างหมูยอเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และการเกิดออกซิเดชันของไขมันในวันที่ 0, 7, 14 และ 21 ของการเก็บรักษา ส่วนการติดตามค่ารูปแบบกรดไขมัน โครงสร้างจุลภาค คุณลักษณะของเนื้อสัมผัส และการทดสอบทางประสาทสัมผัสทำการวิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 และ 21 วัน

2. การวิเคราะห์

1) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้าของตัวอย่างหมูยอวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน AOAC (AOAC, 2011) สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตจะถูกคำนวณโดยลบจากค่าที่กล่าวข้างต้น

2) วิเคราะห์ค่าสีค่าสีของตัวอย่างหมูยอวัดโดยเครื่องวัดสี (Hunter Lab, Model color Flex, Reston, VIRG, USA) และรายงานในรูป L* (lightness), a* (redness/greeness) และ b* (yellowness/blueness) ตามวิธีของ Gennadios *et al.* (1996)

3) วิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ค่า PV ในตัวอย่างหมูยอระหว่างการเก็บรักษาวิเคราะห์โดยวิธีของ Richards and Hultin (2002)

4) วิเคราะห์ค่า thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) ค่า TBARS ในตัวอย่างหมูยอระหว่างการเก็บรักษาวิเคราะห์โดยวิธีของ Buege and Aust (1978) และรายงานในรูป MDA equivalents/kg sample

5) วิเคราะห์รูปแบบของกรดไขมันรูปแบบของกรดไขมันในตัวอย่างหมูยอระหว่างการเก็บรักษาวิเคราะห์โดย fatty acid methyl esters (FAMES) โดยเครื่อง gas

chromatography (GC-14A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan) (AOAC, 2000)

6) วิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัสคุณลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของหมุยระหว่างเก็บรักษาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2i texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, England) ตามวิธีของ Intarasirisawat *et al.* (2014) โดยตัดหมุยทุกสูตรให้มีขนาดชิ้นเท่ากัน (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 2 นิ้ว)

7) วิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคโครงสร้างทางจุลภาคของหมุยระหว่างเก็บรักษาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM) โดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Riebroy *et al.* (2005)

8) วิเคราะห์การยอมรับทางประสาทสัมผัสการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างหมุยระหว่างเก็บรักษาถูกประเมินโดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Masniyom *et al.* (2002) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ซึ่งผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 20-22 ปี

9) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ปริมาณจุลินทรีย์ (psychrophilic bacteria) ของตัวอย่างหมุยระหว่างเก็บรักษาติดตามโดยวิธีที่ดัดแปลงจาก Cousin *et al.* (1992) และรายงานผลในรูป cfu/g

10) การวิเคราะห์ผลทางสถิติทำการทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละปัจจัยที่ศึกษา วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยที่ศึกษาด้วย Duncan's Multiple Range Test วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อประมวลผลทางสถิติ SPSS (SPSS 10.0 for Windows, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมุย

องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมุยที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0 0.5, 1.0 และ 2.0) (Table1) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์หมุยมีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 68-70) โปรตีน (ร้อยละ 14-15) ไขมัน (ร้อยละ 4.9-5.4) คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 7.6-9.2) และเถ้า

(ร้อยละ 1.9-2.1) ที่ไม่แตกต่างกัน จากผลที่ได้แสดงว่า การเติมกากงาขี้ม่อนผงในผลิตภัณฑ์หมุยไม่มีผลต่อองค์ประกอบดังกล่าว ($P>0.05$) (Table 1) แต่อย่างไรก็ตามที่เติมกากงาขี้ม่อนผงมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 0-0.82) ตามปริมาณกากงาขี้ม่อนที่เติม ($P<0.05$) มีรายงานเกี่ยวกับการเติมใยอาหารในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้แก่ การศึกษาการเติมยีสต์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาซึ่งพบว่า มีปริมาณแร่ธาตุและใยอาหารเพิ่มมากขึ้น (Sriket *et al.*, 2015) และการศึกษาการเติมกากงาดำในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ (halva) ของประเทศตูนิเซียซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีใยอาหารสูงและมีการอุ้มน้ำที่ดี (Elleuch *et al.*, 2014) การเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นการลดปัญหาจากการบริโภคอาหารที่มีใยอาหารต่ำและไขมันสูงได้ และยังสามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคได้ (Choi *et al.*, 2014; Jiang and Xiong, 2016)

2. โครงสร้างทางจุลภาค

โครงสร้างจุลภาคของผลิตภัณฑ์หมุยที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5 1.0 และ 2.0) (Fig. 1) โดยทั่วไปแล้วการเติมกากงาขี้ม่อนผงไม่มีผลต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์หมุยดังจะเห็นได้จากโครงสร้างจุลภาคที่ไม่แตกต่างกันในตัวอย่างที่ไม่เติมกากงาผงและตัวอย่างที่เติมในทุกะดับ (Fig. 1) จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่ากากงาขี้ม่อนผงไม่มีผลต่อการเกิดอิมัลชันของผลิตภัณฑ์หมุยส่งผลให้โครงสร้างที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากปริมาณที่เติมไม่สูงมากจึงไม่มีผลต่อโครงสร้าง โดยเฉพาะไม่มีผลในการขัดขวางการเชื่อมประสานของโครงสร้างแต่อย่างใด จากผลการวิจัยเบื้องต้นและรายงานของนักวิจัยบางท่านพบว่า สารสกัดจากพืชในกลุ่มงาดำ และงาขี้ม่อนมีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณสูง (7.72 mg GAE/g sample) ซึ่งสารดังกล่าวนอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Nandi and Ghosh, 2015) แล้วก็มีรายงานอีกว่าสารประกอบฟีนอลิกสามารถใช้เป็นตัวเชื่อมประสานโปรตีนได้อีกด้วย (Buamard and Benjakul, 2015) ผลการทดลองที่ได้มีความคล้ายคลึงกับการศึกษาการเพิ่มใยอาหารจากผักและผลไม้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งส่วนใหญ่พบว่า ไม่มีผลต่อโครงสร้าง การเกิดอิมัลชันและการฟอร์มตัวของผลิตภัณฑ์ (Jiang and Xiong, 2016)

3. ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) และ thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value; PV) ของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Fig. 2) จากการศึกษพบว่า ผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างมีค่า PV ไม่แตกต่างกันในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ในระหว่างการเก็บรักษาค่า PV ในผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา (Fig.1-a) เป็นที่สังเกตว่าค่า PV ในทุกตัวอย่างทั้งที่เติมและไม่เติมกากงาขี้ม่อนผงนั้นมีค่าสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาและคงที่หลังจากการเก็บรักษามากกว่า 14 วัน ซึ่งการไม่เพิ่มขึ้นของค่า PV ในตัวอย่างที่เก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น (21 วัน) น่าจะมีสาเหตุมาจากการที่สารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ฟอร์มตัวเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชันในระดับสูง โดยการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์สามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ออกซิเดชัน ได้แก่ อัลดีไฮด์และคีโตน เป็นต้น (Chaijan *et al.*, 2006; Sriket *et al.*, 2015) แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่เติมกากงาขี้ม่อนมีค่า PV ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมโดยไม่ขึ้นกับปริมาณที่เสริมในผลิตภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของผลิตภัณฑ์หมูยอที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม่อนผงร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Fig.1-b) พบว่า หมูยอทุกตัวอย่างทั้งที่เติมและไม่เติมกากงาขี้ม่อนผงไม่มีความแตกต่างกันของค่า TBARS

ในวันที่ 0 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างมีค่า TBARS เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และมีปริมาณคงที่หลังจาก 14 วันของการเก็บรักษา ซึ่งผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาในไส้กรอกปลานิลเสริมใบย่านางโดยพบว่า ค่า TBARS เพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่างทั้งเติมและไม่เติมย่านางผงระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 14 วันแรกและไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (Sriket *et al.*, 2015) การคงที่ของค่า TBARS ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวของการเก็บรักษานั้นอาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอัลดีไฮด์กับกรดอะมิโนอิสระ โปรตีน และเพปไทด์ (Schiff's base) ที่พบในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก (Dillard and Tappel, 1973) นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ระเหยได้และมีมวลโมเลกุลต่ำสามารถสูญเสียได้ในระหว่างการเก็บรักษา ประสิทธิภาพในการยับยั้งค่า TBARS ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมูยอที่เติมกากงาขี้ม่อนอาจเนื่องมาจากในเมล็ดงามีสารสำคัญบางชนิด เช่น เซซามิน (sesamin) และเซซามอลิน (sesamol) ที่มีสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงทำให้สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์หมูยอได้ (Elleuch *et al.*, 2014) หมูยอที่เติมกากงาขี้ม่อนผงร้อยละ 0.5 ถึง 2.0 พบว่าสามารถช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน นอกจากนี้การชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันยังมีส่วนช่วยในการป้องกันการสูญเสียคุณค่าโภชนาการ และลดความเสี่ยงเกี่ยวกับปัญหาสุขภาพ (Choi *et al.*, 2014; Hayes *et al.*, 2011)

Table 1 Proximate compositions of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with various contents (0-2%) of PPP at day 0 of refrigerated storage

Samples	Moisture content (%)	Protein content (%)	Lipid content (%)	Carbohydrate content (%)	Ash content (%)	Fiber content (%)
Control	70.89 ± 0.14 ^a	14.54 ± 0.80 ^a	4.97 ± 0.46 ^a	7.63 ± 0.87 ^a	1.97 ± 0.02 ^a	0.00 ± 0.01 ^c
PPP 0.5%	69.86 ± 2.89 ^a	14.62 ± 0.18 ^a	5.00 ± 0.58 ^a	8.53 ± 1.12 ^a	1.99 ± 0.18 ^a	0.45 ± 0.10 ^b
PPP1.0%	68.65 ± 0.11 ^a	14.82 ± 0.15 ^a	5.30 ± 0.50 ^a	9.21 ± 1.20 ^a	2.02 ± 0.12 ^a	0.65 ± 0.22 ^{ab}
PPP2.0%	68.03 ± 0.40 ^a	15.15 ± 0.20 ^a	5.40 ± 0.20 ^a	9.20 ± 1.00 ^a	2.12 ± 0.10 ^a	0.82 ± 0.10 ^a

Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same column indicate the significant differences ($P < 0.05$)

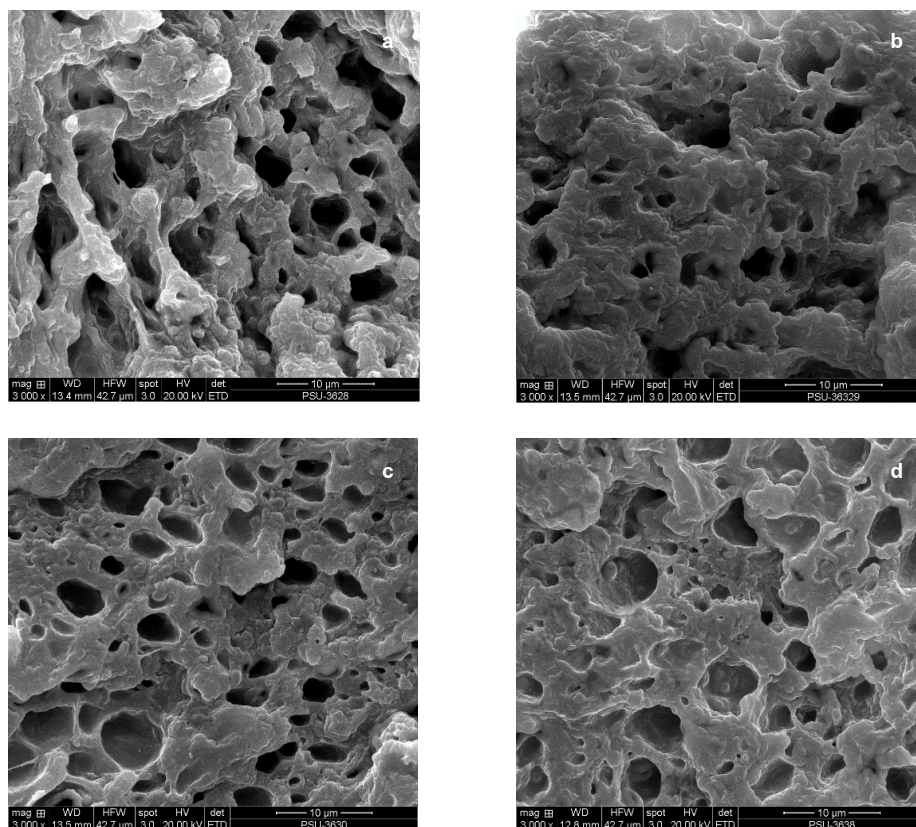


Fig. 1 Scanning micrographs of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with various contents (0-2%) of PPP. Magnification: 3000 $\times$, (a); Control (without PPP addition), (b); PPP 0.5%, (c) PPP 1.0%, (d) PPP 2.0%

4. คำสี

ผลของการเติมกากงาขี้ม่อนผงในระดับที่แตกต่างกันต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์หมูยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 21 วัน (Fig. 3) ในวันแรกของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูยพบว่า การเติมกากงาขี้ม่อนผงไม่มีผลต่อทุกค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่า ค่า L^* ของผลิตภัณฑ์หมูยตัวอย่างควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่หมูยที่มีการเติมกากงาขี้ม่อนผงทุกสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน เมื่อพิจารณาค่า a^* พบว่าตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วันค่า a^* ลดลงเพียงเล็กน้อยเฉพาะ 7 วันแรกของการเก็บรักษา ($P < 0.05$) โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่มีการเติมกากงาขี้ม่อนผง ในขณะเดียวกันค่า b^* ของตัวอย่างควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษา ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เติมกากงาขี้ม่อนผงร้อยละ 0.5-2.0 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าสี

เหลืองน่าจะเกิดจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้สารคาร์บอนิลหรืออัลดีไฮด์ (MDA) ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Fig. 3) ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเพปไทด์หรือโปรตีนทำให้อาหารมีสีเข้มขึ้น (Sriket *et al.*, 2015) จึงทำให้ค่า L^* ลดลง และมีค่า b^* เพิ่มขึ้น การเกิดสีเหลืองในอาหารที่มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์อาหารลดลง จากผลการทดลองที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าการเติมกากงาขี้ม่อนที่ร้อยละ 0.5-2.0 สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์หมูยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้

5. รูปแบบของกรดไขมัน

รูปแบบกรดไขมันของผลิตภัณฑ์หมูยที่ผลิตโดยการเติมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน (Table 2) โดยทั่วไปพบว่า ที่การเติมกากงาขี้ม่อนผงไม่มีผลต่อชนิดและปริมาณกรดไขมันในผลิตภัณฑ์หมูย (Table 2) ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากปริมาณที่เติมเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 0-2) โดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์

หมูยอในการศึกษาครั้งนี้มีกลุ่มของกรดไขมันเรียงตามลำดับดังนี้ MUFA>SFA> PUFA (Table2) โดยพบว่ากรดโอเลอิกมีปริมาณสูงสุดรองลงมาคือ กรดปาล์มิติก และกรดลิโนเลอิก อย่างไรก็ตาม DHA และ EPA ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ที่มีความสำคัญต่อระบบความจำและสมองก็ยังพบเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ การทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Intarasirisawat *et al.* (2014) พบว่า กรดโอเลอิก กรดปาล์มิติก และกรดลิโนเลอิกเป็นองค์ประกอบหลักในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกปลาตุ๋น

เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมูยอที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดไขมันบางชนิด (Table 2) พบว่า ปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยพบว่าการลดลงอย่างเด่นชัดในตัวอย่างควบคุม ซึ่งการลดลงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดลิโนอิกและกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 เช่น DHA และ EPA นั้นน่าจะมาจากความว่องไวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดนี้ต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การลดลงของกรดไขมันเหล่านี้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า PV และ TBARS (Fig. 2) จากผลการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าการเติมกากงาขี้ม่อนผงในผลิตภัณฑ์หมูยอสามารถป้องกันการสูญเสียกรดไขมันจำเป็นและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้ นอกจากนี้ยังพบว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (SFA) ของตัวอย่างควบคุมมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา การเติมกากงาขี้ม่อนผงสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้

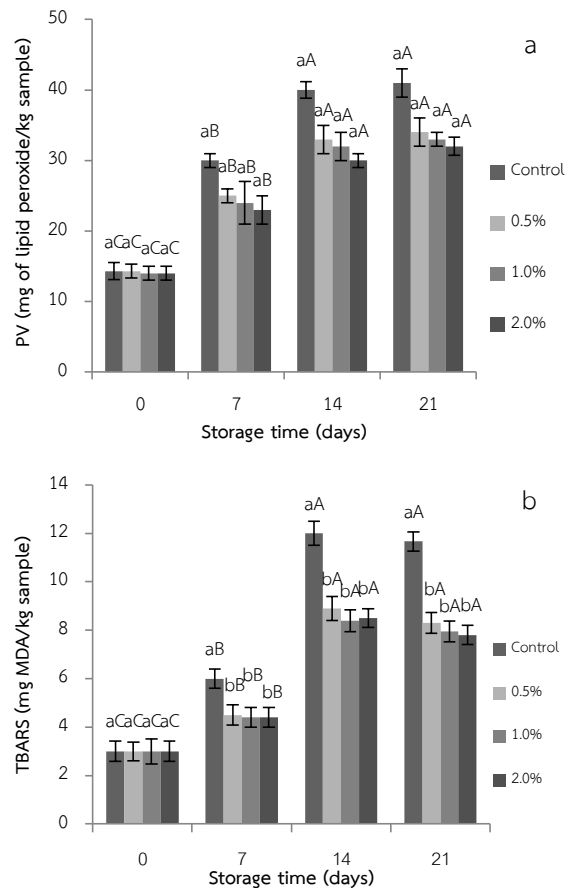


Fig. 2 Effect of PPP at various levels (0-2%) on PV (a) and TBARS (b) of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage. Bar represents the standard deviation (n=3). Different lowercase letters within the same storage time indicate the significant differences ($P < 0.05$). Different uppercase letters within the same treatment (same PPP level) indicate the significant differences ($P < 0.05$). Control: Moo Yor without addition of PPP; 0.5%: Moo Yor added with 0.5% PPP; 1: Moo Yor added with 1% PPP; 2: Moo Yor added with 2% PPP

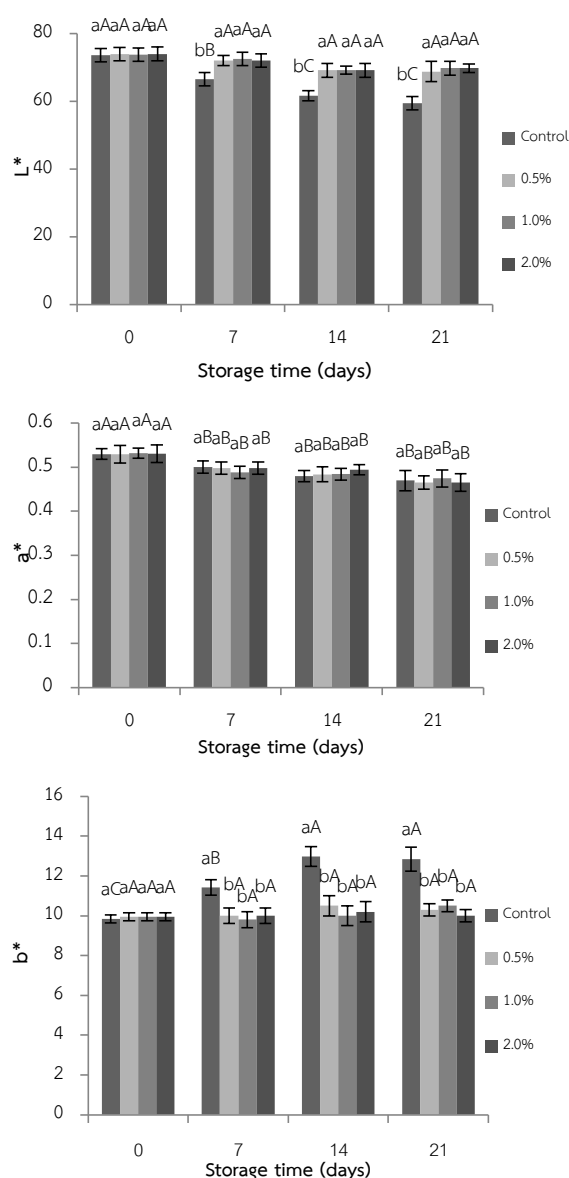


Fig. 3 Effect of PPP at various levels (0-2%) on color (L^* , a^* and b^*) values of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage. Bar represents the standard deviation ($n=3$). Different lowercase letters within the same storage time indicate the significant differences ($P < 0.05$). Different uppercase letters within the same treatment (same PPP level) indicate the significant differences ($P < 0.05$). Control: Moo Yor without addition of PPP; 0.5%: Moo Yor added with 0.5% PPP; 1: Moo Yor added with 1% PPP; 2: Moo Yor added with 2% PPP

6. คุณลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลของการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5 1.0 และ 2.0) ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (TPA) ของผลิตภัณฑ์หมูยอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Table 3) ในการทดสอบค่า TPA นั้นจะทำการทดสอบทั้งหมด 4 ค่าได้แก่ค่า hardness คือ แรงจำนวนหนึ่งที่ต้องใช้ในการอัดวัตถุ cohesiveness คือ ความแข็งแรงของพันธะภายในตัวอย่างอาหาร springiness คือ การคืนตัวอย่างยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นเมื่อถอนแรงบีบอัดออกและ chewiness คือ พลังงานที่ต้องใช้เคี้ยวอาหารแข็งเพื่อให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะกลืนลงคอ จากผลการทดลองพบว่า ค่า hardness, cohesiveness, springiness และ chewiness ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันในทุกตัวอย่าง ในขณะที่เมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 14 วัน ค่า hardness ของสูตรควบคุมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่สูตรที่เติมกากงาขี้ม่อนผงนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษานั้นค่า hardness ของหมูยอทุกตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสูตรควบคุมและสูตรที่เติมกากงาขี้ม่อนผง (Table 3)

เมื่อพิจารณาค่า cohesiveness และ springiness พบว่าในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาตัวอย่างควบคุมมีค่าดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่สูตรที่เติมกากงาขี้ม่อนผงไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดการเก็บรักษา (Table 3) ในส่วนของค่า chewiness พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 14 วันแรกของการเก็บรักษาในทุกกลุ่มตัวอย่าง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาไปเป็นเวลา 21 วันผลิตภัณฑ์หมูยอทุกตัวอย่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) การลดลงของค่า hardness, cohesiveness, springiness และ chewiness ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ Psychrophilic bacteria ได้ ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำสามารถเจริญและผลิตเอนไซม์ เช่น ไลเปส (lipases) และ โปรติเอส (protease) ที่สามารถย่อยไขมัน และโปรตีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และหมูยอได้ (Sriket et al., 2015) จึงเป็นเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสได้ ใน

ขณะเดียวกันตัวอย่างที่เติมกากงาขี้ม่อนผงสามารถชะลอการลดลงของค่า hardness (14 วัน) cohesiveness (21 วัน) springiness (21 วัน) และ chewiness (14 วัน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากากงาขี้ม่อนผงที่เติมลงไปมีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มนี้ได้เมื่อเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาไม่เกิน 14 วัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์หมุยที่มีจำหน่ายในท้องตลาดสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ไม่เกิน 14 วัน (Nicomrat *et al.*, 2016)

7. การยอมรับทางประสาทสัมผัส

ผลของการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0) ต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส (ความชอบ; likeness) ของผลิตภัณฑ์หมุยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Table 4) จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลิตภัณฑ์หมุยที่ผลิตโดยเติมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกันพบว่า การเติมกากงาขี้ม่อนไม่มีผลต่อความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์หมุยในวันเริ่มต้น เมื่อทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมุยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ความชอบทุกด้าน (color, odor and taste) ในทุกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 14 วันแรกของการเก็บรักษา แต่เมื่อผ่านเก็บรักษาไปเป็นเวลา 21 วัน พบว่าผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับตัวอย่างควบคุมทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ในขณะที่ผู้ทดสอบยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์หมุยที่เติมกากงาขี้ม่อนผงซึ่งการไม่ยอมรับด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น่าจะมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นสีเหลืองซึ่งสอดคล้องค่าสีที่เปลี่ยนไป (Fig. 3) และการเพิ่มขึ้นของกลิ่นซึ่งสอดคล้องค่า TBARS (Fig. 2-b) รวมทั้งการลดลงของค่า TPA (Table 3) ของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน

8. ปริมาณจุลินทรีย์

ผลของการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ระดับแตกต่างกัน (ร้อยละ 0.5, 1.0 และ 2.0) ต่อปริมาณ psychrophilic bacteria ของผลิตภัณฑ์หมุยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน (Table 5) ผลการวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์เริ่มต้น (วันที่ 0) ไม่มีการเจริญของ psychrophilic bacteria แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าผลิตภัณฑ์หมุยกลุ่มควบคุม และที่ผลิต

โดยการเสริมกากงาขี้ม่อนผงร้อยละ 0.5 มีการเจริญของ psychrophilic bacteria เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยการเสริมกากงาขี้ม่อนผงที่ร้อยละ 1.0 และ 2.0 พบการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มนี้หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

การไม่พบ psychrophilic bacteria ในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาในวันที่ 0 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตหมุยมีความปลอดภัยเพียงพอสำหรับการบริโภค ส่วนการไม่พบ Psychrophilic bacteria ในตัวอย่างที่ผลิตโดยการเติมกากงาขี้ม่อนผงร้อยละ 1.0 และ 2.0 เมื่อเวลาในการเก็บรักษาผ่านไปจนถึงวันที่ 7 นั้นแสดงให้เห็นว่ากากงาขี้ม่อนผงที่เติมลงไปมีผลในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นตัวอย่างควบคุมมีปริมาณ psychrophilic bacteria เพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่มีการเติมกากงาขี้ม่อนผงในทุกระดับ โดยมีรายงานว่าเปปไทด์ที่แยกได้จากกากงาดำ (*Sesamum indicum* L.) มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Das *et al.*, 2012)

สรุปผลการวิจัย

การเติมกากงาขี้ม่อนผงร้อยละ 0.5 ถึง 2.0 ในผลิตภัณฑ์หมุยสามารถเพิ่มปริมาณใยอาหารได้ กากงาขี้ม่อนผงมีผลช่วยยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และชะลอการเปลี่ยนแปลงสี รวมทั้งยับยั้งการเจริญของ psychrophilic bacteria ในผลิตภัณฑ์หมุยได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้เติมกากงาขี้ม่อนผง ดังนั้นกากงาขี้ม่อนผงสามารถใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์หมุย โดยสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้เป็นเวลา 21 วัน ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็น (4 องศาเซลเซียส)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2559 และขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ให้ความช่วยเหลือและให้ความสะดวกในการติดต่อขอใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วิเคราะห์ทดสอบตลอดการดำเนินงานวิจัย

Table 2 Fatty acid profiles of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with PPP at various levels (0-2%) before and after 21 days of refrigerated storage

Fatty acids (g/100g lipid)	Day 0	Day 21			
	Control	Control	0.5%	1.0%	2.0%
C10:0	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
C12:0	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
C14:0	1.09	1.10	1.09	1.09	1.09
C14:1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
C15:0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C16:0	21.96	23.90	22.01	22.0	22.01
C16:1 n-9 trans	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
C16:1 n-7	1.42	1.41	1.42	1.42	1.42
C17:0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
C18:0	11.20	11.29	11.20	11.25	11.20
C18:1n11trans	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
C18:1 n-9	38.72	38.01	38.72	38.70	38.72
C18:1 n-7	1.54	1.29	1.54	1.54	1.54
C18:2n-6	18.90	12.1	15.20	15.20	15.20
C18:3 n-3(ALA)	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
C18:3 n-6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C18:4 n-3	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06
C20:0	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
C20:1 n-9	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
C20:2 n-6	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
C20:3 n-3	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
C20:4 n-6 (ARA)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
C20:5 n-3 (EPA)	1.02	0.02	0.55	0.69	0.70
C21:0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
C22:0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C22:1 n-9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C22:6 n-3 (DHA)	1.25	0.05	0.72	0.88	0.90
C24:0	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
C24:1	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
MUFA	42.68	41.7	42.68	42.66	42.68
PUFA	24.12	15.11	19.42	19.72	19.75
UFA	66.8	56.81	62.1	62.38	62.43
SFA	35.17	37.22	35.22	35.26	35.22

Values are mean $\pm$ SD (n=2). MUFA: monounsaturated fatty acid; PUFA: polyunsaturated fatty acid; UFA: unsaturated fatty acid; SFA: saturated fatty acid.

Table 3 Effect of PPP at various levels (0-2%) on texture profile analysis (TPA) of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage

TPA	Samples	Storage time (days)			
		0 (NS)	7 (NS)	14 (NS)	21 (NS)
Hardness (N)	Control	19.45 ± 0.44 ^a	18.10 ± 0.90 ^a	16.12 ± 0.80 ^b	14.20 ± 0.78 ^b
	PPP 0.5%	20.10 ± 0.88 ^a	20.00 ± 0.45 ^a	19.42 ± 0.54 ^a	16.10 ± 0.90 ^b
	PPP 1.0%	20.20 ± 0.65 ^a	20.10 ± 0.90 ^a	19.00 ± 0.90 ^a	17.00 ± 0.70 ^b
	PPP 2.0%	20.10 ± 1.10 ^a	20.20 ± 0.70 ^a	19.10 ± 0.80 ^a	17.10 ± 0.45 ^b
Cohesiveness	Control	0.39 ± 0.06 ^a	0.38 ± 0.03 ^a	0.37 ± 0.01 ^a	0.27 ± 0.03 ^b
	PPP 0.5%	0.41 ± 0.05 ^a	0.40 ± 0.05 ^a	0.41 ± 0.07 ^a	0.39 ± 0.05 ^a
	PPP 1.0%	0.42 ± 0.02 ^a	0.41 ± 0.03 ^a	0.41 ± 0.02 ^a	0.40 ± 0.02 ^a
	PPP 2.0%	0.42 ± 0.01 ^a	0.41 ± 0.01 ^a	0.41 ± 0.02 ^a	0.40 ± 0.02 ^a
Springiness	Control	12.45 ± 1.17 ^a	12.05 ± 1.00 ^a	11.05 ± 0.60 ^a	10.05 ± 0.17 ^b
	PPP 0.5%	12.49 ± 1.92 ^a	12.98 ± 0.93 ^a	11.10 ± 0.90 ^a	11.08 ± 0.95 ^a
	PPP 1.0%	12.95 ± 0.93 ^a	12.88 ± 0.80 ^a	11.90 ± 0.95 ^a	11.40 ± 0.89 ^a
	PPP 2.0%	13.22 ± 2.00 ^a	12.98 ± 0.93 ^a	12.50 ± 1.00 ^a	11.50 ± 0.90 ^a
Chewiness (N)	Control	13.78 ± 1.80 ^a	12.80 ± 1.20 ^a	11.90 ± 0.80 ^a	8.00 ± 1.17 ^b
	PPP 0.5%	13.68 ± 3.81 ^a	12.88 ± 0.90 ^a	11.80 ± 0.95 ^a	8.69 ± 1.00 ^b
	PPP 1.0%	13.88 ± 1.00 ^a	12.88 ± 0.90 ^a	11.98 ± 1.20 ^a	8.80 ± 1.02 ^b
	PPP 2.0%	13.93 ± 0.55 ^a	12.90 ± 1.10 ^a	12.55 ± 1.00 ^a	8.89 ± 1.00 ^b

Value are mean ±SD (n=3). Different superscripts in the same row indicate the significant differences (P<0.05).

NS means non-significant differences (P>0.05)

Table 4 Effect of PPP at various levels (0-2%) on likeness score of pork emulsion sausage (Moo Yor) during 21 days of refrigerated storage

Likeness score	Samples	Storage time (days)			
		0	7	14	21
Color	Control	7.30 ± 0.20 ^{aA}	6.90 ± 0.21 ^{aA}	6.23 ± 0.20 ^{aA}	5.27 ± 0.40 ^{bB}
	PPP 0.5%	7.10 ± 0.86 ^{aA}	6.95 ± 0.27 ^{aA}	6.60 ± 1.00 ^{aA}	6.60 ± 0.78 ^{aA}
	PPP 1.0%	7.20 ± 0.77 ^{aA}	6.90 ± 0.30 ^{aA}	6.70 ± 0.20 ^{aA}	6.60 ± 0.18 ^{aA}
	PPP 2.0%	7.15 ± 0.60 ^{aA}	6.95 ± 0.97 ^{aA}	6.70 ± 0.40 ^{aA}	6.60 ± 0.22 ^{aA}
Odor	Control	6.73 ± 0.70 ^{aA}	6.50 ± 0.38 ^{aA}	6.10 ± 0.48 ^{aA}	4.73 ± 0.28 ^{bB}
	PPP 0.5%	6.80 ± 0.85 ^{aA}	6.50 ± 1.01 ^{aA}	6.13 ± 0.78 ^{aA}	5.97 ± 0.93 ^{aA}
	PPP 1.0%	6.80 ± 0.50 ^{aA}	6.45 ± 0.60 ^{aA}	6.17 ± 0.50 ^{aA}	5.90 ± 0.77 ^{aA}
	PPP 2.0%	6.87 ± 0.45 ^{aA}	6.57 ± 0.50 ^{aA}	6.20 ± 0.70 ^{aB}	5.92 ± 0.35 ^{aA}
Taste	Control	7.95 ± 1.00 ^{aA}	7.73 ± 1.01 ^{aA}	6.70 ± 1.02 ^{aA}	4.57 ± 0.55 ^{bB}
	PPP 0.5%	7.97 ± 0.77 ^{aA}	7.63 ± 0.83 ^{aA}	7.10 ± 1.00 ^{aA}	6.70 ± 0.75 ^{aA}
	PPP 1.0%	7.86 ± 0.60 ^{aA}	7.70 ± 1.00 ^{aA}	6.97 ± 1.03 ^{aA}	6.73 ± 0.70 ^{aA}
	PPP 2.0%	7.90 ± 0.80 ^{aA}	7.50 ± 0.90 ^{aA}	7.00 ± 1.00 ^{aA}	6.67 ± 0.90 ^{aA}
Texture	Control	6.27 ± 0.94 ^{aA}	6.13 ± 1.02 ^{aA}	5.70 ± 0.70 ^{aA}	4.17 ± 0.45 ^{bB}
	PPP 0.5%	6.83 ± 0.79 ^{aA}	6.60 ± 0.93 ^{aA}	6.57 ± 0.94 ^{aA}	5.80 ± 0.76 ^{aA}
	PPP 1.0%	6.70 ± 0.90 ^{aA}	6.60 ± 1.02 ^{aA}	6.45 ± 0.88 ^{aA}	5.90 ± 0.66 ^{aA}
	PPP 2.0%	6.79 ± 0.95 ^{aA}	6.55 ± 0.80 ^{aA}	6.47 ± 0.40 ^{aA}	5.86 ± 0.70 ^{aA}
Overall	Control	6.53 ± 0.86 ^{aA}	6.17 ± 0.87 ^{aA}	6.13 ± 0.94 ^{aA}	4.67 ± 0.76 ^{bB}
	PPP 0.5%	7.03 ± 0.59 ^{aA}	6.90 ± 0.84 ^{aA}	6.70 ± 0.80 ^{aA}	6.63 ± 0.83 ^{aA}
	PPP 1.0%	7.20 ± 0.80 ^{aA}	6.90 ± 1.00 ^{aA}	6.68 ± 0.60 ^{aA}	6.60 ± 0.63 ^{aA}
	PPP 2.0%	7.15 ± 0.89 ^{aA}	6.95 ± 0.88 ^{aA}	6.70 ± 1.02 ^{aA}	6.65 ± 0.75 ^{aA}

Value are mean±SD (n = 30) Different lower case letters within the same column and same likeness score indicate the significant differences (P<0.05)

Different upper case letters within the same row indicate the significant differences (P<0.05)

Score: 1 = not like very much, 5 = neither like nor dislike and 9 = like extremely

Table 5 Psychrophilic bacteria content (cfu/g) of pork emulsion sausage (Moo Yor) added with various levels (0-2%) of PPP during refrigerated storage for 21 days

Samples	Storage time (days)			
	0	7	14	21
Control	ND	4.6×10 ³	5.7×10 ⁴	5.6×10 ⁵
PPP 0.5%	ND	2.4×10 ²	1.4×10 ³	4.6×10 ⁴
PPP 1.0%	ND	ND	1.6×10 ²	4.3×10 ³
PPP 2.0%	ND	ND	1.3×10 ²	3.2×10 ³

Value are mean±SD (n = 3), ND: non detectable

References

- AOAC. 2000. Official method of analytical chemists. 17th edition. AOAC: Gaithersberg, MD, USA.
- AOAC. 2011. Official methods of analysis. 18th edition. AOAC: Arlington, VA, USA.
- Buamard, N. and Benjakul, S. 2015. Improvement of gel properties of sardine (*Sardinella albella*) surimi using coconut husk extracts. Food Hydrocoll. 51: 146-155.
- Buege, J.A. and Aust, S.D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. Methods Enzymol. 52: 302-310.
- Cardoso, C., Mendes, R., Pedro, S. and Nunes, M.L. 2008. Quality changes during storage of fish sausages containing dietary fiber. J. of Aquat. Food Prod. Technol. 17: 73-95.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Faustman, C. 2006. Changes of lipids in sardine (*Sardinella gibbosa*) muscle during iced storage. Food Chem. 99: 83-91.
- Choi, M.S., Choi, Y.S., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Lee, S.Y. and Kim, C.J. 2014. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages. Korean J. Food Sci. Anim. Resour. 34: 158-165.
- Cousin, M.A., Jay, I.M. and Vasavada, P.C. 1992. Psychrotrophic microorganism. In Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Food. C. Vanderzand and D.F. Splittstoesser (Eds.), American Public Health Association: Washington, D.C. pp. 153-168.
- Das, R., Dutta, A. and Bhattacharjee, C. 2012. Preparation of sesame peptide and evaluation of antibacterial activity on typical pathogens. Food Chem. 131: 1504-1509.
- Dillard, C. and Tappel, A. 1973. Fluorescent products from reaction of peroxidizing polyunsaturated fatty acids with phosphatidyl ethanolamine and phenylalanine. Lipids. 8: 183-189.
- Dimitrios, B. 2006. Sources of natural phenolic antioxidants. Trends Food Sci. Technol. 17: 505-512.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Maazoun, B., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. 2014. Improving halva quality with dietary fibres of sesame seed coats and date pulp, enriched with emulsifier. Food Chem. 145: 765-771.
- Gennadios, A., Weller, C., Hanna, M. and Froning, G. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen films. J. Food Sci. 61: 585-589.
- Hayes, J.E., Stepanyan, V., Allen, P., O'Grady, M.N. and Kerry, J.P. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages. LWT - Food Sci. Technol. 44: 164-172.
- Intarasirisawat, R., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Wu, J. 2014. Effects of skipjack roe protein hydrolysate on properties and oxidative stability of fish emulsion sausage. LWT - Food Sci. Technol. 58: 280-286.
- Jiang, J. and Xiong, Y.L. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: a review. Meat Sci. 120: 107-117.
- Karre, L., Lopez, K. and Getty, K.J.K. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. Meat Sci. 94(2): 220-227.
- Khknen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.-P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M. 1999. Antioxidant

- activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954-3962.
- Kongkeaw, S., Riebroy, S. and Chaijan, M. 2015. Comparative studies on chemical composition, phenolic compounds and antioxidant activities of brown and white perilla (*Perilla frutescens*) seeds. Chiang Mai J. Sci. 42: 896-906.
- Longvah, T. and Deosthale, Y.G. 1991. Chemical and nutritional studies on hanshi (*Perilla frutescens*), a traditional oilseed from northeast india. J. Am. Oil Chem. Soc. 68: 781-784.
- Lopez-Vargas, J.H., Fernandez-Lopez, J., Prez-lvarez, J. and Viuda-Martos, M. 2014. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) co-products. Meat Sci. 97: 270-276.
- Masniyom, P., Benjakul, S. and Visessanguan, W. 2002. Shelf-life extension of refrigerated seabass slices under modified atmosphere packaging. J. Sci. Food Agric. 82: 873-880.
- Nandi, I. and Ghosh, M. 2015. Studies on functional and antioxidant property of dietary fibre extracted from defatted sesame husk, rice bran and flaxseed. Bioact. Carbohydr. Dietary Fibre. 5: 129-136.
- Nicomrat, K., Chanthachum, S. and Adulyatham, P. 2016. Effect of carrageenan on quality of frozen Moo yor. Int. Food Res. J. 23: 904-908.
- Nitta, M., Lee, J.K. and Ohnishi O. 2003. Asian Perilla crops and their weedy forms: their cultivation, utilization and genetic relationships. Econ. Bot. 57: 245-253.
- Richards, M.P. and Hultin, H.O. 2002. Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle. J. Agric. Food Chem. 50: 555-564.
- Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Tanaka, M. 2005. Physical properties and microstructure of commercial Som-fug, a fermented fish sausage. Eur. Food Res. Technol. 220: 520-525.
- Sargi, S.C., Silva, B.C., Santos, H.M.C., Montanher, P.F., Boeing, J.S., Santos-Junior, O.O., Souza, N.E. and Visentainer, J.V. 2013. Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax and perilla. Food Sci. Technol (Campinas). 33: 541-548.
- Sriket, P., Sriket, C. and Nalinanon, S. 2015. Effects of Ya-nang leaves (*Tiliacora triandra*) powder on properties and oxidative stability of tilapia emulsion sausage during storage. Int. Food Res. J. 22: 1474-1482.
- Yanishlieva, N.V., Marinova, E. and Pokorn, J. 2006. Natural antioxidants from herbs and spices. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 108: 776-793.
- Zekonis, G., Zekonis, J., Sadzeviciene, R., Simoniene, G. and Kevelaitis, E. 2008. Effect of *Perilla frutescens* aqueous extract on free radical production by human neutrophil leukocytes. Medicina (Kaunas). 44: 699-705.