หมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอส่วนขาว

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ[1*] มนตรา ล่วงลือ[2] ปวีนา สมบูรณ์ผล[2] และสละ บุตรโชติ[2]

บทคัดย่อ

หมูแท่งเป็นอาหารว่างที่มีโปรตีนสูง การเพิ่มปริมาณใยอาหารจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการของหมูแท่งดีขึ้น โดยการใช้ใยอาหารจากเปลือกส้มโอส่วนขาว ศึกษาผลของเปลือกส้มโอส่วนขาวต่อคุณภาพของหมูแท่งโดยเติมลงในหมูแท่งปริมาณร้อยละ 0, 2.5, 5, 7.5 และ 10 ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และทดสอบทางประสาทสัมผัส เปลือกส้มโอส่วนขาวมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและเส้นใย ในปริมาณร้อยละ 92.02, 1.14, 0.70, 3.72 และ1.33 ตามลำดับ หมูแท่งมีปริมาณเส้นใย ความชื้น เถ้าและไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณโปรตีนลดลง ตามปริมาณของเปลือกส้มโอที่เติมลงไป โดยปริมาณเส้นใยสูงกว่าตัวอย่างควบคุมร้อยละ 90-328 การเติมเปลือกส้มโอไม่มีผลต่อการพองตัวของหมูแท่งที่นำไปทอด แต่มีผลต่อเนื้อสัมผัส ทำให้หมูแท่งมีความแข็ง (hardness) เพิ่มขึ้น ความกรอบ (crispness) ลดลง ระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ หมูแท่งมีค่า thiobarbituric acid (TBA) และ water activity มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บ ส่วนเนื้อสัมผัสพบว่ามีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ค่าความกรอบลดลง หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 7.5 ได้รับการยอมรับมากที่สุด และคงความกรอบไว้ได้นาน ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หมูแท่งที่มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 300 มีไขมันเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 4.6

คำสำคัญ: หมูแท่ง เปลือกส้มโอ ใยอาหาร

[1] อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม e-mail: wpetchson@yahoo.com

[2] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม

**ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: wpetchson@yahoo.com*

Pork Stick Supplemented with Pomelo Albedo Fiber

Wanpen Saengthongpinit [1*] Montra Luanglue [2] Paweena Somboonphol[2] and Sara Butrachoti[2]

ABSTRACT

Pork stick is a high protein snack. The addition of fiber from pomelo albedo could increase nutrition value of product. To study the effect of pomelo albedo fiber on quality pork stick was conducted by adding five concentrations (0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10%) of fiber to pork stick. Chemical, physicochemical, sensory analyses were made. The composition of pomelo albedo fiber includes 92.02 % moisture, 1.14 % protein, 0.70 % fat, 3.72 % ash and 1.33 % crude fiber. The addition of albedo to pork stick resulted in the increase of crude fiber, moisture, ash, and fat content, and decrease of protein. Pork stick with albedo contained 90-328 % higher crude fiber content than control sample. Although albedo addition had no effect on expansion of fried pork stick but caused adverse effect on texture resulting in increasing hardness and decreasing crispiness. During the 4-weeks storage time, the result showed that there was an increase of thiobarbituric acid (TBA), water activity; increasing hardness but decreasing crispness of pork stick was found for long time storage. It was also discovered that pork stick with 7.5 % albedo had the most consumers acceptance and could keep crispness as storage time increased. In summary, this formulation provided up to 300 % fiber with just only 4.6 % increase in fat compared to conventional formula.

Keywords: pork stick, pomelo albedo, fiber

---

[1]Lecture, Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Tecnology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Email address: wpetchson@yahoo.com

[2]Student, Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Tecnology, Nakhon Pathom Rajabhat University

[*]Corresponding author, e-mail: wpetchson@yahoo.com

บทนำ

ผลิตภัณฑ์หมูแท่งเป็นผลิตภัณฑ์ลดขนาด (comminuted products) ได้จากการนำเนื้อหมูมาบดจนเกิดเป็นอิมัลชัน ขึ้นรูปให้เป็นแท่ง อบแห้งและนำไปทอด เป็นอาหารว่างที่มีประโยชน์เพราะมีเนื้อหมูเป็นส่วนประกอบหลัก มีการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อช่วยในการพองตัวเนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) เมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา มีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีรสเฝื่อน มีการนำมาใช้ทดแทนสารประกอบฟอสเฟตในอุตสาหกรรมกุ้งแช่แข็ง (Lopkulkiaert และคณะ, 2009) การใช้โซเดียมคาร์บอเนตทำให้พีเอชของเนื้อสูงขึ้นและมีความนุ่ม ช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของเจล ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน ความคงตัวของอิมัลชัน และเพิ่มน้ำหนักหลังการทำให้สุก (Sumarmono และ Wasito, 2010) การบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง และใยอาหารต่ำมีความสัมพันธ์กับภาวะของโรคเรื้อรัง องค์การอนามัยโลก (WHO) คาดว่าในปี 2558 จะมีคนไทยอายุ 30 ปีขึ้นไป เป็นโรคอ้วนเพิ่มเป็นร้อยละ 46 หรือไม่น้อยกว่า 21 ล้านคน คนไทยเสียชีวิตจากโรคมะเร็งถึงปีละกว่า 50,000 ราย โดยมะเร็งลำไส้ขึ้นมาเป็นอันดับ 3 ทั้งนี้เกิดจากการรับประทานอาหารที่ไม่สมดุล รับประทานอาหารที่มีแป้ง ไขมัน น้ำตาล และเนื้อสัตว์มากเกินไป และบริโภคผักผลไม้น้อยลง (กองโภชนาการ, 2550)

เปลือกพืชตระกูลส้มแบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ 1) เปลือกผลชั้นนอกเรียกฟลาเวโด (flavedo) ซึ่งมีต่อมน้ำมันจำนวนมาก 2) เปลือกผลชั้นกลาง เรียก อัลบิโด (albedo) เป็นเซลล์พวก สปองจิพาเรนไคมา มีสีขาวอ่อนนุ่ม และ 3) เปลือกผลชั้นใน กลุ่มส้มเปลือกบาง พวกแทนเจอรีน เช่น ส้มเขียวหวาน เปลือกผลที่แกะออกมาจะเป็นชั้นของฟลาเวโดและอัลบิโด ส่วนในกลุ่มส้มเปลือกหนาเช่น ส้มโอและซิตรัสมีชั้นของเปลือกผลชั้นกลางหนามาก เปลือกจากพืชตระกูลส้มมีเพคตินเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก เป็นแหล่งของใยอาหารชนิดละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ นำไปได้ทั้งในรูปแบบเปียกหรือแบบแห้ง ใยอาหารจากพืชตระกูลส้มมีประโยชน์ต่อสุขภาพโดย สามารถลดคอเลสเตอรอล นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชัน เพราะมีคุณสมบัติในการจับกับน้ำและไขมันได้ดี ในเปลือกส้มมีสารให้รสขมได้แก่ นารินจิน (naringin) เป็นสารพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งรสขมจะรับรู้ได้เมื่อความเข้มข้นมากกว่า 600 ppm สารรสขมสามารถกำจัดได้โดยการใช้น้ำร้อนหรือด่าง (Bates และคณะ, 2001) ใยอาหารจากพืชตระกูลส้มมีคุณภาพดีเหมาะสำหรับนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากมีสัดส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำใกล้เคียงกับ 1:2 มีสารประกอบไบโอแอคทีพ (bioactive compounds) เช่น ฟลาโวนอยด์และวิตามินซี ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการหุงต้ม (cooking loss) ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ลดต้นทุนช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส เนื่องจากใยอาหารสามารถอุ้มน้ำและจับไขมัน (Garau และคณะ,2007; Marín และคณะ, 2007) ส้มโอเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคกันมากทั้งในและนอกประเทศ โดยในปี 2554 มีการส่งออกส้มโอรวมถึงเกรฟฟรุ๊ต ในประมาณ 15,057 ตัน เป็นมูลค่า 185,515,000 บาท (ศูนย์สารสนเทศเกษตร, 2555) วันเพ็ญ (2551) พบว่าเปลือกส้มโอส่วนขาวมีปริมาณใยอาหารสูงร้อยละ 16.05-21.87 และมีค่าประสิทธิภาพสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เท่ากับ 1.27-1.46 โดยการต้มทำให้ประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและความขมของเปลือกส้มโอลดลง ใยอาหารจากเปลือกส้มโอส่วนสีขาวที่ผ่านการต้มมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันสูงขึ้น วันเพ็ญ (2553), วันเพ็ญและคณะ (2555) นำใยอาหารจากเปลือกส้มโอมาใช้ในผลิตภัณฑ์หมูยอและไส้กรอกอิมัลชั่น พบว่าเปลือกส้มโอดิบสามารถใช้ได้ที่ร้อยละ 2.5 และเปลือกส้มโอต้มสามารถใช้ได้ถึงร้อยละ 7.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.20 ถึง 1.88 ตามปริมาณเปลือกส้มโอที่เติมลงไป เกิดการหืนได้ช้ากว่า การเติมเปลือกส้มโอช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต (cooked yield) ช่วยลดปริมาณไนไตรท์ในไส้กรอกอิมัลชั่น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหมูแท่ง ด้วยการเพิ่มปริมาณใยอาหารโดยการใช้ใยอาหารจากเปลือกส้มโอ และจากคุณสมบัติที่ใยอาหารจากเปลือกส้มโอมีสารต้านออกซิเดชันอาจช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าของเปลือกส้มโอที่เป็นของเหลือทิ้ง ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของใยอาหารจากเปลือกส้มโอต่อคุณภาพของหมูแท่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเปลือกส้มโอ

ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่เฉพาะเปลือกส่วนสีขาว (albedo) หั่นเป็นชิ้นประมาณ 1×1 ซม. ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที บีบน้ำออก แล้วนำไปปั่นบดให้ละเอียด วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย (crude fiber) ตามวิธี AOAC (2002)

2. ศึกษาปริมาณเปลือกส้มโอส่วนขาวที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์หมูแท่ง

หมูแท่งสูตรควบคุมประกอบด้วย เนื้อหมู 1 กิโลกรัม น้ำตาลทราย 120 กรัม น้ำปลา 100 กรัม และโซเดียมไบคาร์บอเนต 12 กรัม ผสมให้เข้ากันบดจนเป็นมวลเหนียว (batter) นำมวลเหนียวมาบีบโดยใช้หัวบีบเบอร์ 12 บีบให้เป็นแท่งยาว 15 เซนติเมตร นำไปอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เติมเปลือกส้มโอในหมูแท่งร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 ของปริมาณเนื้อหมู หมูแท่งที่อบแห้งทั้ง 5 สูตรจะนำมาทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหมูแท่งระหว่างการเก็บรักษา

หมูแท่งทั้ง 5 สูตร ที่ทอดแล้วบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีนปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นำมาวิเคราะห์ดูการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพทุก ๆ 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

4. วิเคราะห์คุณภาพของหมูแท่ง

ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพหมูแท่งที่ผ่านการทอด ได้แก่วิเคราะห์เนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA XT plus วัดด้วยการกด (compression) โดยใช้ตัวอย่างหมูแท่งยาว 1 เซนติเมตร ใช้หัววัดทรงกระบอก P/50 เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร อัตราเร็วของหัววัด (test speed) เท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที กดเป็นระยะทาง 75% strain โดยค่าที่ได้จากการวัดคือค่าความแข็ง (hardness) โดยดูจากแรงสูงสุด และค่าความกรอบ (crispiness) โดยดูจากจำนวนพีค (peak) แต่ละตัวอย่างวัดทั้งหมด 5 ซ้ำ (Parada และคณะ, 2011) วิเคราะห์ค่าสี (CIE La*b*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab รุ่น Color Quest XE โดยวัดค่าความสว่าง (lightness: L) ค่าสีแดง (redness: a*) ค่าสีเหลือง (yellowness: b*) วัดสีหมูแท่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยทำการวัดทุก 1 สัปดาห์ วัดเป็นค่าเฉลี่ย 3 ตำแหน่ง ต่อ 1 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างวัด 3 ซ้ำ การวัดการพองตัวของหมูแท่งโดยการแทนที่เมล็ดงา วัดทั้งหมดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของหมูแท่งได้แก่ ความชื้นโดยวิเคราะห์ตัวอย่างหมูแท่งก่อนทอดและหลังทอด หมูแท่งที่ทอดแล้ว วิเคราะห์ปริมาณเถ้า โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method ไขมัน โดยใช้เครื่อง Shoxlet เส้นใย ตามวิธี AOAC (2002) ค่า water activity (a_w) โดยใช้เครื่องวัด water activity ยี่ห้อ AquaLab รุ่น CX 3 TE วัดการหืนของหมูแท่ง โดยวัดค่า thiobarbituric acid; TBA ตามวิธีของ Pearson (1976) การวิเคราะห์ทางสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างระดับของปัจจัยหลักได้แก่ ปริมาณของเปลือกส้มโอที่เติมลงไปโดย Duncan's Muliple Range Test (DMRT) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการทดสอบความชอบ (preference test) 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบเป็นผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 20 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) เปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกส้มโอส่วนขาว

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกส้มโอส่วนขาวต้มสุกพบว่ามีความชื้นร้อยละ 92.02 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.70 โปรตีนร้อยละ 1.14 เถ้าร้อยละ 3.72 เส้นใยร้อยละ 1.33 หากคำนวณเป็นปริมาณฐานแห้ง (dry basis) จะมีปริมาณไขมันร้อยละ 8.77 โปรตีนร้อยละ 14.29 เถ้าร้อยละ 46.62 เส้นใยร้อยละ 16.67 นิธิมาและปราณี (2548) วิเคราะห์ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 8.41 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 27.84 และไขมันร้อยละ 4.26 เถ้าร้อยละ 6.60 ใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 52.89

2. ผลของปริมาณเปลือกส้มโอส่วนขาวต่อคุณภาพของหมูแท่ง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอโดยการเติมเปลือกส้มโอที่ระดับร้อยละ 2.5 5 7.5 และ 10 ของปริมาณเนื้อสัตว์ทั้งหมด

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ตัวอย่าง	หมูแท่งก่อนทอด	หมูแท่งหลังทอด				
	ความชื้น (%)	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	โปรตีน (%)	เถ้า (%)	เส้นใย (%)
C	6.36±0.72^{d}	2.69±0.04^{d}	3.90±0.39^{b}	24.21±1.01^{b}	5.72±0.12^{c}	0.32±0.14^{b}
P 2.5	7.37±0.35^{c}	4.99±1.46^{ab}	2.40±0.08^{c}	28.89±1.52^{a}	6.77±0.10^{a}	0.59±0.03^{b}
P 5	8.98±0.32^{b}	3.47±0.02^{cd}	2.64±1.00^{c}	10.79±0.51^{d}	6.14±0.08^{bc}	1.17±0.00^{a}
P 7.5	10.36±0.52^{a}	4.19±0.14^{bc}	4.08±0.81^{ab}	11.34±3.18^{d}	6.39±0.37^{ab}	1.28±0.09^{a}
P 10	10.76±0.58^{a}	6.05±0.06^{a}	5.29±0.13^{a}	19.55±2.02^{c}	6.81±0.45^{a}	1.37±0.12^{a}

$^{a-d}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ *P<0.05*
C คือ ตัวอย่างควบคุม P 2.5, P 5, P 7.5 และ P 10 คือ หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ ดังตารางที่ 1 พบว่าความชื้นของหมูแท่งก่อนทอดมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 6.36-10.76 ซึ่งความชื้นสูงขึ้นตามปริมาณการเติมเปลือกส้มโอ เนื่องจากเปลือกส้มโอมีความชื้นสูงถึงร้อยละ 92.02 เมื่อนำหมูแท่งไปผ่านกระบวนการทอด ทำให้ความชื้นของหมูแท่งหลังทอดลดลงอยู่ระหว่างร้อยละ 2.69-6.05 เนื่องจากในกระบวนการทอดจะทำให้น้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมาจึงมีผลทำให้ความชื้นลดลง และทำให้หมูแท่งพองตัว ปริมาณไขมันอยู่ระหว่างร้อยละ 2.40 ถึง 5.29 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเปลือกส้มโอที่เติมโดยเฉพาะหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 7.5 และ 10

ซึ่งมีความชื้นก่อนทอดประมาณร้อยละ 10 ในระหว่างการทอดน้ำมันจะเข้าไปแทนที่น้ำที่ระเหยออกไป จึงทำให้หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอที่มีความชื้นจึงมีปริมาณไขมันสูงขึ้นด้วย อีกทั้งเปลือกส้มโอเมื่อนำไปต้มจะมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงขึ้น เนื่องจากมีการสูญเสียใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกส้มโอจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น (วันเพ็ญ, 2551) หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 7.5 และ 10 มีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจากสูตรควบคุมร้อยละ 4.6 และ 35.6 แต่หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 2.5 และ 5 มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรควบคุม ปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่างร้อยละ 11.34 ถึง 28.89 มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเติมเปลือกส้มโอมากขึ้น เนื่องจากลดปริมาณเนื้อหมูลงและมีการแทนที่ด้วยเปลือกส้มโอจึงทำให้ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีนลดลง ปริมาณเถ้าและเส้นใยของหมูแท่งเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมเปลือกส้มโอ มีปริมาณเถ้าอยู่ระหว่างร้อยละ 5.27 ถึง 6.81 และปริมาณเส้นใยอยู่ระหว่างร้อยละ 0.29 ถึง 1.37 ซึ่งการเติมเปลือกส้มโอที่ร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 ทำให้หมูแท่งมีเส้นใยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 184, 265, 300 และ 328 ตามลำดับ อัตราการพองตัวของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 พบว่ามีค่าการพองตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ถึงแม้ว่าความชื้นของหมูแท่งก่อนทอดของหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอจะสูงขึ้นก็ตาม

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของหมูแท่งระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 2 ค่า Water Activity (a_w) ของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	7	14	21	28
C	$0.51\pm0.04^{a, C}$	$0.52\pm0.04^{a, C}$	$0.53\pm0.04^{a, BC}$	$0.57\pm0.02^{a, AB}$	$0.59\pm0.01^{a, A}$
P 2.5	$0.49\pm0.02^{a, C}$	$0.49\pm0.02^{b, C}$	$0.50\pm0.02^{b, C}$	$0.53\pm0.03^{b, B}$	$0.57\pm0.02^{a, A}$
P 5	$0.39\pm0.01^{b, C}$	$0.40\pm0.03^{c, C}$	$0.41\pm0.03^{c, C}$	$0.45\pm0.03^{c, B}$	$0.49\pm0.04^{b, A}$
P 7.5	$0.37\pm0.02^{b, D}$	$0.39\pm0.01^{c, CD}$	$0.40\pm0.01^{c, C}$	$0.42\pm0.02^{d, B}$	$0.46\pm0.01^{b, A}$
P 10	$0.38\pm0.02^{b, D}$	$0.40\pm0.01^{c, CD}$	$0.42\pm0.02^{c, C}$	$0.44\pm0.02^{cd, B}$	$0.47\pm0.01^{b, A}$

$^{a-d}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$
$^{A-D}$ ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$
C คือ ตัวอย่างควบคุม P 2.5, P 5, P 7.5 และ P 10 คือ หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอต้มร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 ตามลำดับ

การเติมเปลือกส้มโอในปริมาณที่มากขึ้นทำให้หมูแท่งมีค่า a_w ลดลงต่ำกว่าสูตรควบคุมถึงแม้เปลือกส้มโอจะมีความชื้นอยู่มากดังตารางที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณน้ำที่อยู่มีหมูแท่งไม่ได้อยู่ในรูปน้ำอิสระเพราะในเปลือกส้มโอมีใยอาหารที่ละลายน้ำประเภทเพคตินอยู่บ้าง และในหมูแท่งมีส่วนประกอบของน้ำตาล เกลือ ในระหว่างการเก็บรักษาค่า a_w ของหมูแท่งเพิ่มขึ้นในทุก ๆ สัปดาห์ โดยมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.38-0.59 ที่ระดับค่า a_w นี้ สามารถป้องกันการเกิดจุลินทรีย์ประเภทราและแบคทีเรียได้เพราะราและแบคทีเรียจะไม่เจริญที่ a_w ต่ำกว่า 0.7 และยังสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์หมูแผ่นซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับหมูแท่ง (มผช.100/2554) ที่กำหนดไว้ว่าค่า a_w ต้องต่ำกว่า 0.6

ตารางที่ 3 ค่า thiobarbituric acid (TBA) ของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์)

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	7	14	21	28
C	$0.05\pm0.01^{b, B}$	$0.06\pm0.02^{a, B}$	$0.09\pm0.01^{b, A}$	$0.05\pm0.01^{c, B}$	$0.07\pm0.00^{c, AB}$
P 2.5	$0.06\pm0.02^{b, B}$	$0.08\pm0.02^{a, B}$	$0.10\pm0.00^{ab, A}$	$0.05\pm0.01^{c, B}$	$0.06\pm0.01^{c, B}$
P 5	$0.07\pm0.02^{ab, B}$	$0.08\pm0.02^{a, B}$	$0.10\pm0.01^{ab, A}$	$0.07\pm0.01^{bc, B}$	$0.09\pm0.01^{b, AB}$
P 7.5	$0.07\pm0.02^{ab, C}$	$0.07\pm0.03^{a, BC}$	$0.11\pm0.01^{a, A}$	$0.08\pm0.01^{ab, ABC}$	$0.10\pm0.01^{ab, AB}$
P 10	$0.08\pm0.02^{a, AB}$	$0.07\pm0.04^{a, B}$	$0.11\pm0.01^{a, A}$	$0.09\pm0.01^{a, AB}$	$0.11\pm0.01^{a, AB}$

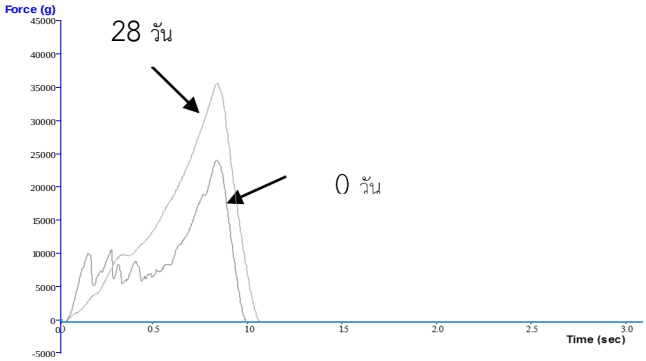
$^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$

$^{A-C}$ ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ $P<0.05$

C คือ ตัวอย่างควบคุม P 2.5, P 5, P 7.5 และ P 10 คือ หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอต้มร้อยละ 2.5 5 7.5 และ 10 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ค่าความหืน (Rancidity) ด้วยการวัดค่า thiobarbituric acid (TBA) ของหมูแท่งแสดงผลดังตารางที่ 3 พบว่าเมื่อเติมเปลือกส้มโอในปริมาณที่เพิ่มขึ้นและเก็บเป็นเวลานานขึ้น ทำให้หมูแท่งมีค่า TBA เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ และอาจทำให้มีกลิ่นผิดปกติ ถึงแม้ว่าในเปลือกส้มโอจะมีสารต้านออกซิเดชันก็ตาม ซึ่งวันเพ็ญ (2551) พบว่าสารประกอบไบโอแอคทีฟในเปลือกส้มโอจะถูกทำลายจากการต้ม ทำให้ประสิทธิภาพการต่อต้านความหืนลดน้อยลง การหืนของหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอนี้ให้ผลยังขัดแย้งกับงานวิจัยของ Fernández-Ginés และคณะ (2004), Aleson-Carbonell และคณะ (2005), วันเพ็ญ (2553) และวันเพ็ญและคณะ (2555) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์โบโลญา เบอเกอร์ หมูยอ และไส้กรอก ที่เติมเปลือกเลมอนและส้มโอจะชะลอการหืนของผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์หมูแท่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นและ a_w ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะสัมพันธ์กับค่า a_w โดยอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเกิดสูงขึ้นเมื่อ a_w มีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.4 (นิธิยา, 2553) หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอมีค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.38-0.49 (ตารางที่ 2) จึงมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูง อย่างไรก็ตามค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการเก็บ 4 สัปดาห์ อยู่ระหว่าง 0.05-0.11 ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างต่ำ ซึ่งไม่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมูแท่งมากนัก ทั้งนี้ถ้าปริมาณกรดไธโอบาร์บิทูริคสูงกว่า 1 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์ ผลิตภัณฑ์จะไม่เป็นที่ยอมรับ (Ockerman, 1984) การเติมเปลือกส้มโอมีผลต่อสีของหมูแท่ง (ไม่ได้แสดงข้อมูล) เมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกส้มโอลงไปทำให้ค่า L* ของแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกส้มโอมีสีขาว และเมื่อระยะการเก็บหมูแท่งนานขึ้นจะทำให้ค่า L* เพิ่มขึ้น และค่า a* ลดลง ซึ่งสัมพันธ์กับค่า TBA ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันจะเกิดสารเปอร์ออกไซด์ ที่สามารถเกิดการฟอกสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Fernández-Ginés

และคณะ (2004), Aleson-Carbonell และคณะ (2005), วันเพ็ญ (2553) และวันเพ็ญและคณะ (2555) ที่ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะมีสีซีดลง เมื่อมีค่า TBA สูงขึ้น



ภาพที่ 1 ลักษณะเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์หมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ ร้อยละ 7.5 ก่อนเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์หมูแท่ง

ตารางที่ 4 เนื้อสัมผัสของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ตัวอย่าง	ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)				
	0	7	14	21	28
hardness (N)					
C	23747.0±4406.39$^{b, A}$	26594.6±3031.9$^{ac, A}$	28798.8±4943.8$^{c, A}$	24561.5±11216.2$^{a, A}$	27489.3±2013.8$^{b, A}$
P 2.5	27254.2±9574.2$^{b, BC}$	26844.9±4254.8$^{ac, C}$	34840.4±7032.3$^{a, AB}$	28038.0±12394.8$^{a, BC}$	41342.1±3023.8$^{a, A}$
P 5.0	33493.8±10070.6$^{a, A}$	24903.6±5156.8$^{ab, B}$	30566.7±8619.7$^{ab, AB}$	30615.7±6897.9$^{a, AB}$	28125.5±2284.7$^{b, AB}$
P 7.5	26395.4±5938.4$^{b, A}$	32556.8±7480.6$^{a, A}$	28288.7±8768.0$^{ab, A}$	32264.1±6599.8$^{a, A}$	25980.6±3533.$^{b, A}$
P 10	36787.7±6038.4$^{a, AB}$	29921.2±4953.4$^{c, C}$	33058.4±5118.9$^{c, BC}$	28965.0±6740.3$^{a, C}$	38788.0±4265.9$^{a, A}$
cripness (no. of peak)					
C	13.17±3.60$^{a, A}$	12.67±4.80$^{a, A}$	6.00±0.63$^{d, B}$	2.33±0.58$^{c, BC}$	1.33±0.58$^{c, C}$
P 2.5	11.33±5.16$^{a, A}$	9.67±2.34$^{a, A}$	2.50±1.64$^{c, B}$	3.33±0.58$^{c, B}$	3.67±0.58$^{b, B}$
P 5.0	12.83±0.98$^{a, A}$	11.56±3.78$^{a, A}$	13.50±1.22$^{b, A}$	10.25±5.56$^{a, A}$	1.00±0.00$^{c, B}$
P 7.5	12.78±1.93$^{a, AB}$	9.56±4.28$^{a, B}$	15.00±2.37$^{a, B}$	8.67±0.58$^{b, B}$	9.00±1.00$^{a, B}$
P 10	9.83±1.33$^{a, A}$	9.80±1.79$^{a, A}$	8.17±0.75$^{a, A}$	10.00±1.00$^{b, A}$	1.00±0.00$^{c, B}$

$^{a-d}$ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่*P<0.05*
$^{A-C}$ที่แตกต่างในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่*P<0.05*
C คือ ตัวอย่างควบคุม P 2.5, P 5, P 7.5 และ P 10 คือ หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอต้มร้อยละ 2.5 5 7.5 และ 10 ตามลำดับ

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของหมูแท่งดังภาพที่ 1 ค่าความแข็ง (hardness) ของหมูแท่งดูจากค่าแรงสูงสุด ส่วนค่าความกรอบ (crispness) ดูจากจำนวนพีค ที่เกิดจากการแตกของผลิตภัณฑ์ จากภาพที่1 และตารางที่ 4 พบว่าหมูแท่งที่เก็บไว้นาน 4 สัปดาห์ ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ความกรอบลดลง สังเกตได้จากจำนวนพีคลดลง แสดงว่ามีเนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น โดยเฉพาะหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 10 ทั้งนี้อาจเนื่องจากหมูแท่งมีความชื้นสูง (ตารางที่ 1) กว่าตัวอย่างอื่น พบว่าหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอจะคงความกรอบไว้ได้นานกว่าสูตรควบคุมโดยเฉพาะหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอร้อยละ 7.5

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมูแท่งสูตรมาตรฐานและหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในสัปดาห์ที่ 0 และ 4 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) พบว่าคุณภาพด้านสี กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นหืน และรสขมในหมูแท่งสูตรมาตรฐานและหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ปริมาณร้อยละ 2.5, 5, 7.5 และ 10 ก่อนเก็บรักษา 4 สัปดาห์ และหลังเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงว่าการเติมเปลือกส้มโอในปริมาณที่มากขึ้นไม่มีผลต่อคุณภาพของกลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นหืน และรสขม

ความกรอบและความชอบโดยรวมของหมูแท่งในสัปดาห์ที่ 0 ผู้บริโภคให้คะแนนความกรอบ และความชอบโดยรวมของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในปริมาณร้อยละ 7.5 มากที่สุด และเมื่อเก็บไว้ 4 สัปดาห์ พบว่าคะแนนความกรอบ และความชอบโดยรวมของหมูแท่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในปริมาณร้อยละ 10 มีค่าคะแนนต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าเนื้อสัมผัส ผู้บริโภคยังคงให้คะแนนความชอบหมูแท่งเสริมเส้นใยจากเปลือกส้มโอในปริมาณร้อยละ 7.5 มากที่สุด

สรุป

การเติมเปลือกส้มโอในหมูแท่งทำให้มีโปรตีนลดลงเนื่องจากการทดแทนเนื้อหมูด้วยเปลือกส้มโอ ส่วนปริมาณความชื้น เส้นใย เถ้าและปริมาณไขมัน เพิ่มขึ้นตามปริมาณการแทนที่ของเปลือกส้มโอ ถึงแม้หมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการพองตัวของหมูแท่งเมื่อนำไปทอด การเติมเปลือกส้มโอไม่ได้ช่วยชะลอการหืนของผลิตภัณฑ์ทั้งนี้อาจเนื่องจากหมูแท่งมีค่า a_w ต่ำ แต่อย่างไรก็ตามหมูแท่งมีค่า thiobarbituric acid (TBA) หรือค่าการหืนไม่เกินมาตรฐานถึงแม้เก็บไว้นาน 4 สัปดาห์ การเติมเปลือกส้มโอและระยะเวลาการเก็บนานขึ้นทำให้หมูแท่งมีความแข็งและเหนียวเพิ่มขึ้น ความกรอบลดลง แต่ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าหมูแท่งที่เติมเปลือกส้มโอจะคงความกรอบไว้ได้นานกว่าสูตรควบคุม ปริมาณเปลือกส้มโอที่เหมาะสมในการผลิตหมูแท่งที่ร้อยละ 7.5 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ได้ผลิตภัณฑ์หมูแท่งที่มีเส้นใยอาหาร 1.28 กรัม/100 กรัม ซึ่งมีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 300 และไขมัน 4.08 กรัม/100 กรัม ซึ่งไขมันเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 4.6

ข้อเสนอแนะ

ในการเลือกเนื้อหมูควรใช้เนื้อสะโพก และไม่ควรเลือกเนื้อหมูที่มีสีซีด (PSE) หรือมีไขมันมาก เนื่องจากมวลเหนียวที่ได้จะเหลวขึ้นรูปเป็นแท่งและอบแห้งได้ยาก หมูแท่งที่ผสมใยอาหารจากเปลือกส้มโอควรใช้เวลาอบแห้งให้นานขึ้นเพื่อลดปริมาณความชื้นให้เหลือน้อยลง จะได้ลดการอมน้ำมันเมื่อนำไปทอด หรืออาจใช้วิธีการอบหมูแท่งในเตาอบแทนการทอดเพื่อลดการอมน้ำมัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์หมูแท่งสามารถวางจำหน่ายได้นาน และคงความกรอบได้นานขึ้น ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ควรเก็บรักษาในถุงโพลีเอทธิลีนที่มีความหนา เพื่อป้องกันความชื้น หรือมีการใส่สารดูดซับความชื้นของผลิตภัณฑ์ หรือบรรจุในถุงลามิเนตหรืออลูมิเนียมฟอยล์แต่ทั้งนี้จะทำให้ต้นทุนสูงขึ้น จากผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมูแผ่นกรอบได้

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข. (2550). โรคอ้วนระบาดสังคมไทย, 14 กุมภาพันธ์ 2551. http://www.thaihealth.or.th/cms/detail.php?id=5280

นิธิมา อรรถวานิช และปราณี อ่านเปรื่อง. (2548). ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์. วารสารอาหาร. 33 (1): 45-55.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). เคมีอาหาร พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศูนย์สารสนเทศเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. (2555). สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2554, 8 สิงหาคม 2555. http://www.oae.go.th/download/journal/trade-eco54.pdf

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2551). การผลิตและคุณสมบัติของใยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. เอกสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมครั้งที่ 1 (หน้า 8-14), 23-24 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2553). การเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในผลิตภัณฑ์หมูยอ. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการครั้งที่ 48 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เล่มที่ 8 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร (หน้า 269-276), 3-6 กุมภาพันธ์ 2553 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ สิริวดี บุญเรือน สุชาดา สอสะอาด และเพียงขวัญ กรประเสริฐ. (2555). ไส้กรอกอิมัลชันเสริมใยอาหารจากเปลือกในส้มโอ. เรื่องเต็มการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (หน้า 146-153), 21-22 มิถุนายน 2555 อิมแพค เมืองทองธานี. นนทบุรี: ม.ป.ท.

Aleson-Carbonell, L. & Fernández-López, J. (2005). Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. Innovative Food & Emerging Technologies. 6 (2): 247-255.

AOAC. (2002). Official Method of Analysis of the Association Official Analysis Chemist (17th ed.) Verginia: The Association of Official Chemist, Inc.

Bates R.P, Morris J.R & Crandall, P.G. (2001). Principles and practices of small and medium-scale fruit juice processing. Retrieved June ,8 2012 from FAO Agricultural Services Bulletin 146. http://www.fao.org./docrep/005/y2515e/y2515e13.htm

Fernández-Ginés, J.M.,J. Fernández-López, E. Sayas-Barberá, E.Sendra & Pérez-Álvarez, J.A. (2004). Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. Meat Science. 67: 7-13.

Garau, M.C., S. Simal, C. Rosselló & Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fiber and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v.Canoneta) by-products. Food Chemistry. 104: 1014-1024.

Lopkulkiaert, W., Prapatsornwattana, K., & Rungsardthong. V. (2009). Effect of sodium bicarbonate containing traces of citric acid in combination with sodium chloride on

yield and some properties of white shrimp *(Penaeus vannamei)* frozen by shelf freezing, air-blast and cryogenic freezing. LWT-Food Science and Technology. 42: 768-776.

Marín, F.R., C. Soler-Rivas, O. Benavente-García, J. Castillo & Perez-Alvarez. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. Food Chemistry. 100 (2): 736-741.

Ockerman, H.W., (Ed). (1984). Quality control of post-mortem muscle tissue. Ohio State University.

Parada, J., Miguel Aguilera, J. & Brennan, C. (2011). Effect of guar gum content on some physical and nutritional properties of extruded produces. Journal of Food Engineering. 103: 324-332.

Sumarmono,J. & Watsito, S. (2010). Functional characteristics of spent duck meat for use in emulsion-type meat products. Journal Animal Production. 12(1): 55-59.