

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

จิราภัทร โอทอง, วรลักษณ์ ป้อมน้อย*, ลัดดาวัลย์ กลิ่นมาลัย, สุธิดา กิจจาวรเสถียร และวรธร ป้อมเย็น

The Development of Concentrated Pummelo Juice (*Citrus maxima* (Burm.f.) Merr.)

Jirapat Othong, Woralak Pomnoi*, Laddawan Klinmalai, Suthida Kitjavorasatien and Vorathon Pomyen

อาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Lecturer of Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

* Corresponding author. E-mail address: woralak.po@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

ส้มโอเป็นผลไม้ที่มีน้ำและเปลือกมีชาติรสขมตามธรรมชาติจึงถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารน้อย และเปลือกส้มโอเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจำนวนมาก ซึ่งเปลือกส้มโอเป็นแหล่งของใยอาหารที่สำคัญ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหาร โดยศึกษาปริมาณเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 1.5, 3 และ 4.5 ของส่วนผสมทั้งหมด ที่มีต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของน้ำส้มโอเข้มข้น จากนั้นนำน้ำส้มโอเข้มข้นที่พัฒนามาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์เปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรควบคุม พบว่าการเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แต่การเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ น้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 1.5 มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกด้านไม่แตกต่างจากน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีความชอบในเกณฑ์ชอบมาก องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 1.5 เปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรควบคุม พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.36, 0.25, 0.04 และ 0.02 ตามลำดับ และมีคุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่อง “น้ำสับประรดเข้มข้น” กำหนด

คำสำคัญ: น้ำเข้มข้น, ส้มโอ, ใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

ABSTRACT

Pomelo is a fruit that contains juice and the peels have a naturally bitter taste. And the pomelo peel has a lot of leftovers. The pomelo peel is an important source of dietary fiber. The objective of this research was to develop concentrated pomelo juice fortified with dietary fiber from pomelo peels at 0 (control) 1.5, 3, and 4.5% to affect the physical and sensory qualities of concentrated pomelo juice. Then, the developed concentrated pomelo juice was studied for its chemical composition and microorganisms compared with the concentrated pomelo juice fortified with dietary fiber from pomelo peels at 0 (control). Found that dietary fiber supplementation from pomelo peels affected physical and sensory quality. The concentrated pomelo juice had increased brightness (L*), yellowness (b*), and viscosity values. The greenness value (-a*) decreased with statistical significance at the 0.05 level. Dietary fiber supplementation from pomelo peel did not affect the total soluble solids. Concentrated pomelo juice, fortified with dietary fiber from 1.5% pomelo peel, had sensory quality in appearance color odor flavor viscosity and overall liking are not different from concentrated pomelo juice from the basic formula, with statistical significance at the 0.05 level, with liking at the very like level. The chemical composition of concentrated pomelo juice supplemented with dietary fiber from pomelo peels at 1.5% as compared to the basic concentrated pomelo juice formula. It was found that the amount of moisture, protein, carbohydrates, fiber, and ash increased with statistical significance at the 0.05 level and the microbial quality did not exceed those specified by community product standards.

Keyword: Concentrated juice, Pomelo, Dietary fiber from pomelo peel

บทนำ

ส้มโอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Citrus maxima* (Burm.f.) Merr.) มีชื่อสามัญว่า Pummelo เป็นพืชที่อยู่ตระกูลเดียวกับส้มและอยู่ในกลุ่มส้มโอและเกรปฟรุต คือ มีลักษณะผลใหญ่ (สุตาวรรณ, 2551) สายพันธุ์ของส้มโอที่ปลูกในประเทศไทยเพื่อทางการค้าคือ ขาวทองดี ขาวน้ำผึ้ง และขาวพวง โดยส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งเป็นหนึ่งในสายพันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อจำหน่าย เนื่องจากกั๊ง (เนื้อ) มีขนาดใหญ่เบียดกันแน่น น้ำมากแต่ไม่แฉะ มีรสชาติหวานนำอมเปรี้ยวเล็กน้อย ไม่ขม มีเมล็ดไม่มาก เนื้อมีสีขาวอมเหลือง และสามารถแกะเนื้อออกมาได้ง่าย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) ในปี 2565 ส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีผลผลิตเฉลี่ย 6,093.65 กิโลกรัมต่อปี และมีราคาเฉลี่ย 35.17 บาทต่อกิโลกรัม (สารสนเทศส่งเสริมการเกษตร, 2565) ซึ่งเป็นราคาที่ค่อนข้างถูก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตที่ได้ต่อปีและต้นทุนการผลิต และผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปจากส้มโอนั้นยังมีน้อยและไม่หลากหลาย เนื่องจากข้อจำกัดด้านรสชาติที่ขมจากสารให้รสขม 2 ชนิด คือ นาริงจิน (naringin) ในน้ำส้มโอมีอยู่ในช่วง 242.63 – 386.45 ppm และลิโมนิน (limonin) ในน้ำส้มโอมีอยู่ในช่วง 10.07 – 29.62 ppm (Pichaiyongvongdee S. and Haruenkit R., 2009) เมื่อน้ำส้มโอผ่านความร้อนความขมจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากก่อนแปรรูปสารลิโมนินจะอยู่ในรูปลิโมนิโนเอท เอ-ริง แลคโตน (limonoate A-ring

lactone) ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีรสขม แต่เมื่อผ่านการคั้นและผ่านความร้อนสารชนิดนี้เปลี่ยนไปเป็นลิโมนินความขมจึงเพิ่มขึ้น (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, มปป.) ด้วยเหตุนี้คนส่วนใหญ่จึงนิยมบริโภคส้มโอในรูปแบบของเนื้อสดมากกว่าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้เปลือกส้มโอเป็นส่วนที่เหลือทิ้งจำนวนมาก เปลือกส่วนสีขาวของส้มโอเป็นแหล่งของใยอาหาร โดยเปลือกส้มโอดิบมีใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 64.05 ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 30.69 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 33.36 และสัดส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำต่อใยอาหารที่ละลายน้ำ 1:1.08 (วันเพ็ญ, 2551) ใยอาหารจัดเป็นส่วนผสมเชิงหน้าที่ (functional ingredient) ชนิดหนึ่งที่มีผลดีต่อสุขภาพ เพราะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ เนื่องจากร่างกายมนุษย์ไม่มีน้ำย่อยในการย่อยใยอาหาร ทำให้ไม่ถูกดูดซึมและไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย จึงเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมพลังงานจากอาหาร นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ กระตุ้นการขับถ่าย ป้องกันท้องผูก ลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ และช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดให้ปกติอีกด้วย ด้วยเหตุนี้การใส่เปลือกส้มโอส่วนสีขาวลงในผลิตภัณฑ์อาหารจึงช่วยพัฒนาให้อาหารชนิดนั้นเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) อีกด้วย

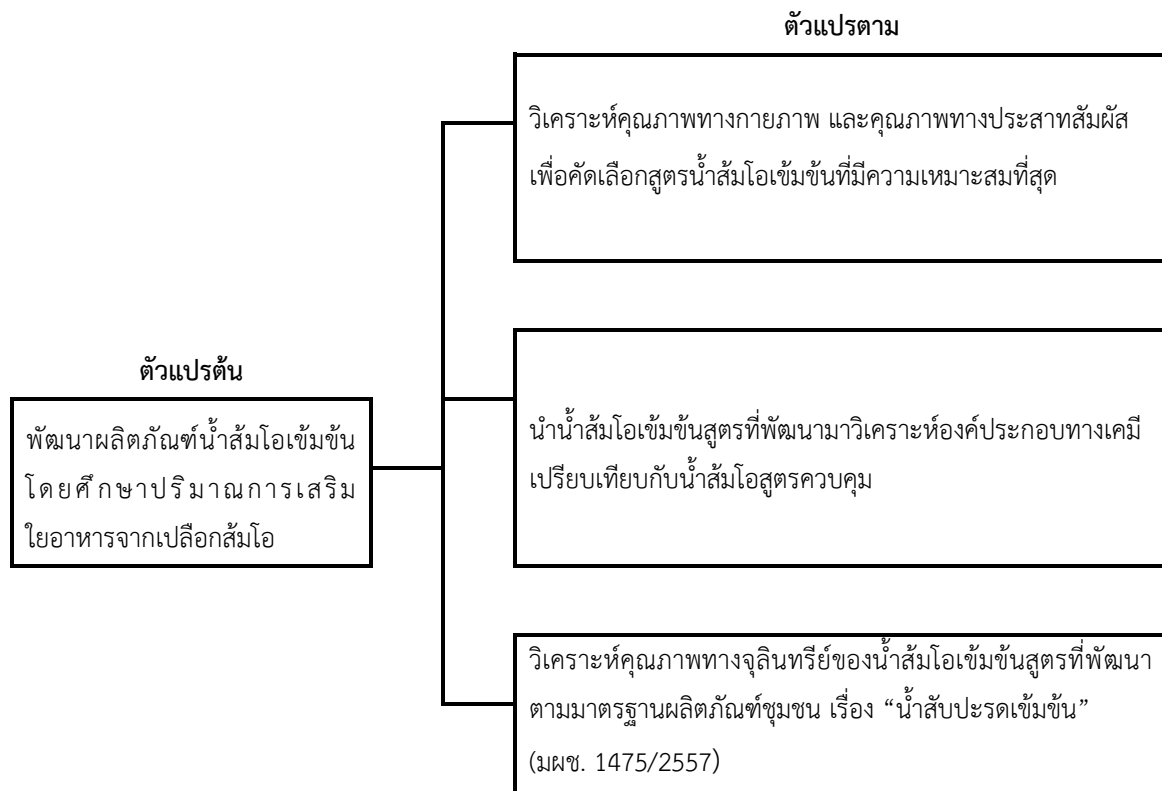
ในปี 2565 เครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์มีตลาดเชิงมูลค่าเติบโตที่ร้อยละ 6.2 ซึ่งปริมาณเติบโตที่ร้อยละ 5.8 ซึ่งเห็นได้ว่าตลาดเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์มีแนวโน้มเติบโตขึ้น การเติบโตนี้ส่วนหนึ่งมาจากสินค้าหลายหมวดขึ้นราคา ตลาดเริ่มปรับตัวดีขึ้นหลังสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-2019) คลี่คลาย และนักท่องเที่ยวเข้ามาเที่ยวมากขึ้นจึงช่วยกระตุ้นการบริโภคหมวดเครื่องดื่มที่เติบโต ได้แก่ น้ำผลไม้ (เชิงมูลค่าเติบโตร้อยละ 7 ซึ่งปริมาณเติบโตร้อยละ 5.1) และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (functional drink) (เชิงคุณภาพเติบโตร้อยละ 2.5 ซึ่งปริมาณเติบโตร้อยละ 5.4) (สาวิตรี, 2566) ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2566) คาดการณ์มูลค่าการบริโภคเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ในปี 2566 ว่ามีแนวโน้มจะเติบโตมากขึ้นที่ร้อยละ 4.0 – 6.0 จากการสำรวจพบว่ากลุ่มผู้บริโภคร้อยละ 84 เลือกซื้อเครื่องดื่มฟังก์ชันมากที่สุด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพแบบเจาะจง เช่น เครื่องดื่มลดปัญหาอนไมหลับ และเครื่องดื่มเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เป็นต้น น้ำผลไม้เข้มข้นเป็นเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ประเภทหนึ่งที่ผลิตโดยนำน้ำผลไม้แท้ไปประเหยเอาน้ำออกบางส่วน และใส่น้ำตาลลงไปเพื่อเพิ่มความเข้มข้น เมื่อบริโภคจะต้องนำน้ำมาผสมเพื่อให้เจือจางก่อน การใส่น้ำตาลลงในน้ำผลไม้ นอกจากจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นแล้ว ยังเป็นการลดค่า a_w ในอาหารป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์จึงช่วยให้อาหารมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

ด้วยเหตุนี้จากข้อจำกัดในด้านรสชาติที่ขมของส้มโอ การเป็นของเหลือทิ้งของเปลือกส้มโอ และการเติบโตของตลาดเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ คณะผู้วิจัยจึงสนใจนำน้ำส้มโอมาพัฒนาเป็นน้ำส้มโอเข้มข้นและเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ เพื่อพัฒนาให้เป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่เปลือกส้มโอซึ่งเป็นของเหลือทิ้ง เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีส้มโอเป็นส่วนประกอบ และสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรที่ปลูกส้มโออีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอ
2. เพื่อศึกษาปริมาณการเสริมใยอาหารที่เหมาะสมจากเปลือกส้มโอในน้ำส้มโอเข้มข้น
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำส้มโอเข้มข้นที่พัฒนาแล้ว

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วิธีการศึกษา/วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 ขั้นตอนการทำโยอาหารจากเปลือกส้มโอ

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย คือ ส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (*Citrus maxima* (Burm.f.) Merr.) ปอกเปลือกส้มโอส่วนสีเขียวออกใช้แต่ส่วนสีขาว หั่นเปลือกส้มโอเป็นชิ้น ขนาด 15 x 5 เซนติเมตร ขยำในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 1 (w/w) นาน 5 นาที จากนั้นบีบน้ำออกทำซ้ำ 3 ครั้ง นำเปลือกส้มโอไปต้มโดยใช้เปลือกส้มโอต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 2 (โดยน้ำหนัก) ต้มในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ยกลงเทน้ำทิ้ง เติมน้ำอุณหภูมิห้องใส่ให้ท่วมเปลือกส้มโอ แล้วขยำนาน 2 นาที เปลี่ยนน้ำ 3 ครั้ง เพื่อกำจัดรสขม จากนั้นหั่นเปลือกส้มโอเป็นชิ้นให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร และเกลี่ยใส่ถาดให้สม่ำเสมอ อบแห้งแบบลมร้อน (Tray dryer; Reliance tech service, Thailand) ไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต (ดัดแปลงจาก นราธิป, 2559)

1.2 ขั้นตอนการสกัดน้ำส้มโอ

ปอกเปลือกและแกะเนื้อส้มโอ แช่เนื้อส้มโอในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 (w/w) นาน 30 นาที จากนั้นล้างเนื้อส้มโอผ่านน้ำจนหมดความเค็ม นำเนื้อส้มโอมาใส่ในผ้าขาวบาง คั้นด้วยมือโดยคั้นเอาเฉพาะน้ำส้มโอ จากนั้นกรองด้วยกระชอน ฆ่าเชื้อน้ำส้มโอที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำน้ำส้มโอใส่ขวดพลาสติกและปิดฝาให้สนิท (ดัดแปลงจากอุมาภรณ์ และคณะ, 2546)

2. การวิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบ

2.1 คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* , และ b^*) วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Hunter Associates Labory, Inc, USA) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ วัดด้วยเครื่อง Hand Refractometer (Atogo, Japan)

2.2 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ พลังงาน ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เกล็ด และเยื่อใย สำหรับคาร์โบไฮเดรตใช้การคำนวณ คาร์โบไฮเดรต (%) = 100 – (ความชื้น (%) + โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เยื่อใย (%) + เกล็ด (%) (AOAC, 2000)

3. การศึกษาปริมาณการเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในน้ำส้มโอเข้มข้น

นำใยอาหารจากเปลือกส้มโอเสริมในน้ำส้มโอเข้มข้น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 1.5, 3 และ 4.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด โดยส่วนผสมและวิธีทำน้ำส้มโอเข้มข้นดัดแปลงสูตรจากน้ำสับปะรดเข้มข้นของจิราภัทร (2562) ส่วนผสมมีดังนี้ น้ำส้มโอร้อยละ 41.29 น้ำเปล่าร้อยละ 28.90 น้ำตาลทรายร้อยละ 28.90 กรดซิตริกร้อยละ 0.41 เกลือป่นร้อยละ 0.17 และเพคตินร้อยละ 0.33 ขั้นตอนการทำน้ำส้มโอเข้มข้นคือ ละลายกรดซิตริกในน้ำต้มสุก 50 กรัม ผสมเพคตินกับน้ำตาลทรายคนกระจายให้เข้ากัน นำน้ำเปล่าและน้ำตาลที่ผสมกับเพคตินขึ้นตั้งไฟปานกลางเคี่ยวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จนน้ำเชื่อมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในปริมาณ 75 °brix ปิดไฟพักให้อุณหภูมิของน้ำเชื่อมลดเหลือ 70 องศาเซลเซียส แบ่งน้ำส้มโอมาครึ่งส่วนมาแช่ใยอาหารจากเปลือกส้มโอนาน 10 นาที โดยใช้ใยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ร้อยละ 1.5, 3 และ 4.5 จากนั้นผสมกับน้ำเชื่อมที่เตรียมไว้และปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Blender; Otto BE-128, Thailand) นาน 30 วินาที และปิดพักเครื่อง 30 วินาที โดยทำทั้งหมด 5 รอบที่ความแรงระดับ 4 นำน้ำส้มโอส่วนที่เหลือใส่ลงไปคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นใส่สารละลายกรดซิตริกคนให้เข้ากันและนำไปใส่ขวดพลาสติก

4. การศึกษาคุณภาพของน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

นำน้ำส้มโอ ใยอาหารจากเปลือกส้มโอ และน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 1.5, 3 และ 4.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ โดยใช้ น้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐานที่ดัดแปลงสูตรจากน้ำสับปะรดเข้มข้นของจิราภัทร (2562) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำสับปะรดเข้มข้น” (2557) เป็นตัวแปรควบคุม

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

4.1.1 การวัดค่าสี วัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab (Hunter Associates Labory, Inc, USA) และวัดออกมาในค่า L^* , a^* , และ b^*

4.1.2 การวัดค่าความหนืด นำตัวอย่างปริมาณ 500 มิลลิลิตร มาวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (Laboratories. Inc., USA) ที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส โดยใช้หัววัดหมายเลข 4

4.1.3 การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ วัดด้วยเครื่อง Hand Refractometer (Atogo, Japan) โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำสับปะรดเข้มข้น” (2557) ได้กำหนดให้น้ำผลไม้เข้มข้นมีปริมาณของแข็งทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่า 60 °brix

4.2 องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ พลังงาน ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย สำหรับคาร์โบไฮเดรตใช้การคำนวณ คาร์โบไฮเดรต (%) = 100- (ความชื้น (%) +โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เยื่อใย (%) +เถ้า (%) (AOAC, 2000)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

นำน้ำส้มโอเข้มข้นที่พัฒนาและน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) มาศึกษาคุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำสับปะรดเข้มข้น” (มผช. 1475/2557) โดยวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) แซลโมเนลลา (*Salmonellae spp.*) สแตฟิโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) บาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (*Clostridium perfringens*) โคลิฟอร์ม (Coliform) เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichi coli*) และยีสต์และรา (Yeasts and mold) (BAM, 2002)

4.4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำน้ำส้มโอเข้มข้นที่เสริมเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 1.5, 3 และ 4.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) (โดย คะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครจำนวน 80 คน เสรีตัวอย่าง โดยการเทตัวอย่างลงในถ้วยพลาสติกปริมาณ 30 กรัม มีการใช้รหัสเลข 3 ตัวแทนชื่อตัวอย่าง โดยเลขที่ใช้ได้จากตารางเลขสุ่มและมีการล้างปากในระหว่างการเปลี่ยนตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ในการประเมินคุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่าง โดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test เมื่อจำนวนตัวอย่างมากกว่า 2 ตัวอย่างและ t-test เมื่อจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 2 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษา

1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอ

วัตถุดิบจากส้มโอสำหรับใช้ในน้ำส้มโอเข้มข้นมีทั้งหมด 2 ส่วน คือ น้ำส้มโอ และเปลือกส้มโอ นำวัตถุดิบจากส้มโอทั้ง 2 ส่วน มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าสี (L*, a*,b*) และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คือ พลังงาน ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอ

วัตถุดิบ	ค่าสี			ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (°brix)
	L*	a*	b*	

น้ำส้มโอ	47.47±1.05	-3.96±0.06	6.58±1.66	11.0±0.00
เปลือกส้มโอ	76.82±0.13	-2.36±0.27	16.71±0.53	-

หมายเหตุ : ค่า L* คือ ความสว่าง มีค่า 0 – 100, ค่า a* คือ ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a* เป็น + คือ ออกสีแดง และ a* เป็น - คือ ออกสีเขียว) และค่า b* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b* เป็น + คือ ออกสีเหลือง และ b* เป็น - คือ ออกสีน้ำเงิน)

เมื่อนำน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอที่ผ่านการอบแห้งซึ่งเป็นวัตถุดิบในการพัฒนาน้ำส้มโอเข้มข้นมาศึกษาคุณภาพทางกายภาพพบว่าน้ำส้มโอมีค่า L* = 47.47, ค่า a* = -3.96 ค่า b* = 6.58 และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 11.0 °brix ส่วนเปลือกส้มโอเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปจนเป็นโยอาหารจากเปลือกส้มโอ พบว่า มีค่า L* = 76.82, ค่า a* = -2.36 และค่า b* = 16.71 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอจากตัวอย่าง 100 กรัม

วัตถุดิบ	ปริมาณในหน่วยบริโภค 100 กรัม						
	พลังงาน (kcal)	ความชื้น	ไขมัน	โปรตีน	คาร์โบไฮเดรต	เยื่อใย	เถ้า
น้ำส้มโอ	38.73±0.39	89.28±0.45	0.00±0.00	0.53±0.07	7.59±0.82	1.79±0.09	0.81±0.19
เปลือกส้มโอ	165.01±0.41	57.71±0.42	0.00±0.00	0.86±0.06	18.67±0.35	21.31±0.49	1.45±0.57

จากตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอ พบว่าน้ำส้มโอให้พลังงาน 38.73 กิโลแคลอรี มีความชื้นร้อยละ 89.28 ไขมันร้อยละ 0.00 โปรตีนร้อยละ 0.53 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 7.59 เยื่อใยร้อยละ 1.79 และเถ้าร้อยละ 0.81 ตามลำดับ ส่วนเปลือกส้มโอให้พลังงาน 165.01 กิโลแคลอรี มีความชื้นร้อยละ 57.71 ไขมันร้อยละ 0.00 โปรตีนร้อยละ 0.86 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 18.67 เยื่อใยร้อยละ 21.31 และเถ้าร้อยละ 1.45

2. การศึกษาปริมาณการเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอในน้ำส้มโอเข้มข้น

นำโยอาหารจากเปลือกส้มโอเสริมในน้ำส้มโอเข้มข้นที่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 1.5, 3 และ 4.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L*, a*, b*) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และค่าความหนืด โดยใช้น้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำสับปะรดเข้มข้น” เป็นตัวแปรควบคุม และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ชิม 80 คน

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพของน้ำส้มโอเข้มข้นที่เสริมเปลือกส้มโอทั้ง 3 ระดับ

ปริมาณโยอาหาร (ร้อยละ)	ค่าสี			ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (°brix) ^{ns}	ความหนืด (cps)
	L*	a*	b*		

0	22.79 ^d ± 0.25	-1.93 ^d ± 0.06	6.51 ^d ± 1.98	68.0±0.00	134.00 ^d ± 9.64
1.5	46.69 ^c ± 0.29	-1.61 ^c ± 0.06	17.99 ^c ± 0.05	68.0±0.00	331.33 ^c ± 22.81
3	49.83 ^b ± 0.12	-1.36 ^b ± 0.30	18.23 ^b ± 0.14	68.0±0.00	821.67 ^b ± 67.17
4.5	52.92 ^a ± 0.13	-0.87 ^a ± 0.13	20.04 ^a ± 0.13	68.0±0.00	2,773.67 ^a ± 68.00

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันหมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ค่า L* คือ ความสว่าง มีค่า 0 – 100, ค่า a* คือ ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a* เป็น + คือ ออกสีแดง และ a* เป็น - คือ ออกสีเขียว) และค่า b* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b* เป็น + คือ ออกสีเหลือง และ b* เป็น - คือ ออกสีน้ำเงิน)

เมื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพของน้ำส้มโอเข้มข้นที่มีปริมาณเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 1.5, 3 และ 4.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่าค่า L*, a*, b* และค่าความหนืดของน้ำส้มโอเข้มข้นทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยเมื่อปริมาณใยอาหารจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L*, a*, b* และค่าความหนืดของน้ำส้มโอเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วย เห็นได้ว่าน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐานมีค่า L*, a*, b* และค่าความหนืดน้อยที่สุด คือ 22.79, -1.93, 6.51 และ 134 cps ตามลำดับ ส่วนน้ำส้มโอเข้มข้นที่เสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ระดับร้อยละ 4.5 มีค่า L*, a*, b* และค่าความหนืดสูงสุด คือ 52.92, -0.87 20.04 และ 2,773 cps ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 3) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของน้ำส้มโอเข้มข้นทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่า 68 °brix (ดังแสดงในตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าใยอาหารจากเปลือกส้มโอไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำส้มโอเข้มข้น

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้ทดสอบที่มีต่อน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอ

n = 80

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัส			
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 1.5	ร้อยละ 3	ร้อยละ 4.5
ลักษณะปรากฏ	8.10±0.55 ^a	8.15±0.67 ^a	7.90±0.79 ^a	7.35 ± 1.03 ^b
สี	8.20±0.62 ^a	8.30±0.73 ^a	8.05±0.76 ^a	7.35 ± 1.12 ^b
กลิ่น	8.00±0.65 ^a	8.20±0.52 ^a	8.05±0.60 ^a	7.25 ± 1.10 ^b
รสชาติ	8.50±0.51 ^a	8.35±0.59 ^a	8.35±0.59 ^a	7.25 ± 1.06 ^b
ความหนืด	8.60±0.50 ^a	8.05±0.76 ^b	8.00±0.73 ^b	6.75 ± 0.90 ^c
ความชอบโดยรวม	8.40±0.50 ^a	8.05±0.76 ^a	8.05±0.60 ^a	7.30 ± 1.07 ^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแนวนอนที่ต่างกันหมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มโอเข้มข้นที่เสริมเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 1.5, 3 และ 4.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด พบว่าค่าเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความหนืด และความชอบโดยรวมของน้ำส้มโอเข้มข้นทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 น้ำส้มโอเข้มข้นเสริม

โยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ระดับร้อยละ 1.5 มีคะแนนเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 8.2, 8.3, 8.2, 8.4, 8.1 และ 8.1 ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ส่วนด้านเนื้อสัมผัสของน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 1.5 เปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อยู่ในเกณฑ์ชอบมาก

จากการศึกษาปริมาณการเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอในน้ำส้มโอเข้มข้นต่อคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของโยอาหารจากเปลือกส้มโอสำหรับการใส่ลงในน้ำส้มโอเข้มข้น คือ ร้อยละ 1.5 เนื่องจากการเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ระดับร้อยละ 1.5 ส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีคุณภาพทางกายภาพคือค่าสี ค่าความหนืด และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐานมากที่สุด และมีคุณภาพทางกายภาพตรงตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำส้มแปรรูปเข้มข้น” (2557) กำหนดอีกด้วย คือ เป็นของเหลวข้น อาจมีเนื้อแขวงลอยและตกตะกอนเมื่อวางทิ้งไว้ มีสีและกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติ และมีสารที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 60 °brix นอกจากนี้ น้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ระดับร้อยละ 1.5 มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสในทุกด้านที่ไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน โดยคะแนนในช่วงความชอบมาก

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์ของน้ำส้มโอเข้มข้นที่พัฒนา

นำน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอระดับร้อยละ 1.5 มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า มาเปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐานและเสริมเปลือกส้มโอจากตัวอย่าง 100 กรัม

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณในหน่วยบริโภค 100 กรัม	
	ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม)	ร้อยละ 1.5
ความชื้น*	35.08±0.13	40.44±0.39
โปรตีน*	0.25±0.10	0.50±0.30
ไขมัน ^{ns}	0.45±0.07	0.44±0.09
คาร์โบไฮเดรต*	63.99±0.07	58.33±0.34
เยื่อใย*	0.02±0.03	0.06±0.03
เถ้า*	0.21±0.06	0.23±0.08

หมายเหตุ: * หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอระดับร้อยละ 1.5 เปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) พบว่าปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าของน้ำส้มโอทั้ง 2 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนไขมันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยการเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ระดับร้อยละ 1.5 ส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีปริมาณความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 40.44, 0.50, 58.33, 0.06 และ 0.23 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 คุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐานและน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอระดับ ร้อยละ 1.5

รายการวิเคราะห์	ค่าจุลินทรีย์		
	ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม)	ร้อยละ 1.5	หน่วย
Total Plate Count	< 10	< 10	CFU/ml
<i>Salmonellae</i> spp.	Not detected	Not detected	Per 25 ml
<i>Staphylococcus aureus</i>	Not detected	Not detected	Per 0.1 ml
<i>Bacillus cereus</i>	< 10	< 10	CFU/ml
<i>Clostridium perfringens</i>	< 10	< 10	CFU/ml
Coliform	< 3	< 3	MPN/ml
<i>Escherichi coli</i>	< 3	< 3	MPN/ml
Yeasts and mold	< 10	< 10	CFU/ml

เมื่อนำน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) และ 1.5 มาวิเคราะห์ค่าจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำสับปรดเข้มข้น” (2557) พบว่าน้ำส้มโอเข้มข้นทั้ง 2 สูตรมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำสับปรดเข้มข้น” (2557) กำหนด

การอภิปรายผล

1. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอและเปลือกส้มโอ

เมื่อนำน้ำส้มโอที่ผ่านกระบวนการแปรรูปมาวัดค่าสีและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ พบว่ามีค่า $L^* = 47.47$, ค่า $a^* = -3.96$, ค่า $b^* = 6.58$ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 11.0 °brix ซึ่งสอดคล้องกับ Pichaiyongvongdee S. and Haruenkit R. (2009) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีค่า 9.5 °brix และอุมาภรณ์ และคณะ (2546) น้ำส้มโอที่ได้จากเนื้อส้มโอแช่น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 3 (w/w) นาน 30 นาที มีค่า $L^* = 27.02$, ค่า $a^* = -1.65$, ค่า $b^* = 2.45$ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่า 10.7 °brix ส่วนน้ำส้มโอมีองค์ประกอบทางเคมี คือ พลังงาน 38.73 kcal ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าร้อยละ 89.28, 0.00, 0.53, 7.59, 1.79 และ 0.81 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ สำนักโภชนาการ (2561) พบว่าส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งมีพลังงาน 38 kcal ความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้า ร้อยละ 89.6, 0.17, 0.78, 7.88, 1.20 และ 0.46 ตามลำดับ ซึ่งน้ำส้มโอมีความชื้นมากที่สุด รองลงมาคือคาร์โบไฮเดรต

วันเพ็ญ (2551) กล่าวว่า สีของใยอาหารเป็นข้อจำกัดของการใช้ใยอาหารเพราะส่งผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยเหตุนี้ใยอาหารที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารควรมีสีอ่อนเพื่อไม่ให้กลบสีของผลิตภัณฑ์อาหารจนผู้บริโภคไม่ให้การยอมรับ ปฏิบัติการที่ส่งผลให้ใยอาหารจากเปลือกส้มโอมีสีคล้ำขึ้น คือ ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาสำคัญที่เกิดในผักและผลไม้ จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อของผักและผลไม้เกิดการฉีกขาดจากกระบวนการตัดแต่ง ทำให้สารประกอบฟีนอลไหลออกจากเซลล์

สัมพันธ์กับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase, PPO) เร่งปฏิกิริยา ส่งผลให้น้ำเยื่อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล โดยสามารถป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ได้ด้วยการลวกและทำแห้งเพื่อยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส จากงานวิจัยของวันเพ็ญ (2551) ที่ศึกษาการผลิตและคุณสมบัติของโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าเปลือกส้มโอบอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง จะมีสีที่คล้ำกว่าเปลือกส้มโอบอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้โยโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ผ่านกระบวนการต้มเมื่ออบแห้งแล้วสีจะไม่คล้ำขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกส้มโอบอบแห้ง เนื่องจากการต้มได้ทำลายเอนไซม์ต่างๆและสูญเสียน้ำตาลไปบางส่วนไปกับน้ำที่ใช้ต้มเปลือก ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อให้เกิดเป็นสีอ่อน คือ เปลือกส้มโอต้องผ่านกระบวนการต้ม จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ต้มเปลือกส้มโอในน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที และอบแห้งแบบลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่าโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอมีค่า $L^* = 76.82$, ค่า $a^* = -2.36$ และค่า $b^* = 16.71$ ซึ่งโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับเปลือกส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่ต้มนาน 5 นาที โดยมีค่า $L^* = 67.34$, ค่า $a^* = -2.38$ และค่า $b^* = 27.07$ (วันเพ็ญ, 2553) และมีสีที่ใกล้เคียงกับเปลือกส้มโอดิบ $L^* = 80.34$, ค่า $a^* = 0.36$ และค่า $b^* = 18.59$ นอกจากนี้โยโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ได้มีค่า L^* และ b^* ใกล้เคียงกับเปลือกส้มโอดำต้มนาน 10 นาที และอบแห้งอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง มีค่า $L^* = 76.82$ และ $b^* = 21.58$ (วันเพ็ญ, 2551)

โยโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่ได้ให้พลังงาน 165.01 กิโลแคลอรี มีความชื้นร้อยละ 57.71 ไขมันร้อยละ 0 โปรตีนร้อยละ 0.86 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 18.67 เยื่อใยร้อยละ 21.31 และเถ้าร้อยละ 1.45 วันเพ็ญ (2553) ศึกษาการเสริมโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอในผลิตภัณฑ์หมวยใช้ส่วนผสมของเปลือกส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งต้มนาน 5 นาที พบว่า เปลือกส้มโอดำมีความชื้นร้อยละ 80.11 เถ้าร้อยละ 1.39 และเยื่อใยร้อยละ 20.51 วันเพ็ญและคณะ (2557) ศึกษาหมวยแห้งเสริมโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอสายพันธุ์ขาวน้ำผึ้งต้มสุก พบว่า มีความชื้นร้อยละ 92.02 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.70 โปรตีนร้อยละ 1.14 เถ้าร้อยละ 3.72 และเยื่อใยร้อยละ 1.33 และนราธิป (2559) พัฒนาคูกกิ้นยสดเสริมโยโยอาหารจากอัลเบโดของส้มโอสายพันธุ์ทองดี โดยเตรียมเปลือกส้มโอด้วยการต้มนาน 5 นาที จากนั้นอบแห้งเป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่าอัลเบโดของส้มโอมีความชื้นร้อยละ 6.33 ไขมันร้อยละ 0.54 โปรตีนร้อยละ 4.68 เถ้าร้อยละ 3.72 เยื่อใยร้อยละ 16.45 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.28 เห็นได้ว่าปริมาณความชื้นของเปลือกส้มโอมีความแตกต่างกัน เนื่องจากมีกระบวนการทำที่แตกต่างกัน โดยเปลือกส้มโอที่ต้มเพียงอย่างเดียวจะมีความชื้นที่สูงกว่าเปลือกส้มโอที่ต้มและอบแห้ง นอกจากนี้เปลือกส้มโอสายพันธุ์เดียวกันมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน แต่เปลือกส้มโอด่างสายพันธุ์องค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันด้วย

2. การศึกษาปริมาณการเสริมโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอในน้ำส้มโอเข้มข้น

คุณภาพทางกายภาพของตัวอย่างน้ำส้มโอเข้มข้นทั้ง 4 ตัวอย่าง พบว่า เมื่อปริมาณโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่เสริมในน้ำส้มโอเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า L^* และ b^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐาน (ไม่เสริมโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอ) เนื่องจากโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอมีสีขาวและมีค่า $L^* = 76.82$ และ $b^* = 16.71$ เป็นค่าที่สูงส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สูงขึ้นเมื่อปริมาณโยโยอาหารจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวันเพ็ญ (2553) ค่าความสว่าง (L^*) ของหมวยเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณการเสริมเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้น และนราธิป (2559) คูกกิ้นมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เมื่อมีปริมาณเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* ลดลงเนื่องจากความ

เป็นสีขาวของโยอาหารจากเปลือกส้มโอ ซึ่งทำให้เมื่อเสริมลงในน้ำส้มโอเข้มข้นส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีความเป็นสีเขียว (-a*) ลดลง และมีความเป็นสีแดง (a*) มากขึ้น

ปริมาณโยอาหารที่เสริมลงในน้ำส้มโอเข้มข้นไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออาหารเหลวผ่านความร้อนในระยะเวลาสั้นหรือผ่านกระบวนการระเหยเอาไอน้ำออก (Arora S.K. and Patel A.A., 2017) ซึ่งกระบวนการทำน้ำส้มโอเข้มข้นนั้นมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาให้เหมือนกันหมด และปริมาณโยอาหารจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากโยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำ มีองค์ประกอบเป็นโพลีแซคคาไรด์ซึ่งเป็นโมเลกุลโมที่ชอบน้ำ (Hydrophilic) เพราะมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระเป็นจำนวนมาก จึงสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ (จรรยา, 2564) นอกจากนี้โยอาหารยังมีความสามารถในการกักเก็บน้ำ และความสามารถในการพองตัว ดังนั้นเมื่อเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอลงในน้ำส้มโอเข้มข้นซึ่งมีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก น้ำจึงถูกโยอาหารจากเปลือกส้มโอดูดซับไว้ โยอาหารจึงเกิดการพองตัวส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีความหนืดเพิ่มขึ้น โดยเปลือกส้มโอสดมีความสามารถในการอุ้มน้ำ 7.24 กรัมต่อกรัม ความสามารถในการกักเก็บน้ำ 5.87 กรัมต่อกรัม และความสามารถในการพองตัว 11.12 มิลลิตรต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (วันเพ็ญ, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (รณชัย และคณะ, 2563) ปริมาณเพคตินจากเปลือกส้มโอมากขึ้นส่งผลให้ส่วนผสมของคูกี้มีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการแผ่กระจายของคูกี้ลดลง

ปริมาณโยอาหารจากเปลือกส้มโอที่เสริมลงในน้ำส้มโอเข้มข้นส่งผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำส้มโอเข้มข้นทั้ง 4 ตัวอย่าง เมื่อปริมาณโยอาหารจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำส้มโอเข้มข้นมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ น้ำส้มโอเข้มข้นมีความเข้มข้นของสีลดลงและมีกลิ่นของส้มโอที่ชัดขึ้น เนื่องจากโยอาหารจากเปลือกส้มโอมีสีอ่อนและสว่าง น้ำส้มโอเข้มข้นมีรสชาติที่ขมมากขึ้นเนื่องจากในส้มโอมีสารให้รสขม 2 ชนิด คือ นาริงจิน (naringin) และลิโมนิน (limonin) ซึ่งพบได้ทั้งในน้ำส้มโอและเปลือกส่วนสีขาว Pichaiyongvongdee S. and Haruenkit R. (2009) รายงานว่าส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในส่วนของน้ำส้มโอมีนาริงจิน 323.00 ppm และลิโมนิน 22.69 ppm และเปลือกส่วนสีขาวมีนาริงจิน 19,331.55 ppm และลิโมนิน 252.81 ppm เห็นได้ว่าน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐาน (ไม่เสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอ) มีความขมจากสารทั้ง 2 ชนิดจากน้ำส้มโออยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นเมื่อเสริมเปลือกส่วนสีขาวลงไปจึงเป็นการเพิ่มสารทั้ง 2 ชนิดนี้ลงไป น้ำส้มโอเข้มข้นจึงมีความขมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ น้ำส้มโอเข้มข้นยังมีความหนืดเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 4.5 น้ำส้มโอเข้มข้นมีความเหนียวและหนืดมากจนไม่สามารถเทออกจากภาชนะได้ เนื่องจากโยอาหารจากเปลือกส้มโอมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ การกักเก็บน้ำ และการพองตัวจึงส่งผลต่อความหนืดของน้ำส้มโอเข้มข้น

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอเข้มข้นที่พัฒนา

น้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 1.5 มีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐาน (ไม่เสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอ) เนื่องจากโยอาหารจากเปลือกส้มโอมีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย และเถ้าสูง จึงทำให้น้ำส้มโอเข้มข้นที่เสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอมีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย และเถ้าที่สูงกว่า น้ำส้มโอเข้มข้นสูตรพื้นฐาน (ไม่เสริมโยอาหารจากเปลือกส้มโอ) ปริมาณไขมันไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากโยอาหารจากเปลือกส้มโอไม่มีไขมัน ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณลดลงเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตได้จากการคำนวณจากสูตร คาร์โบไฮเดรต (%) = 100 - (ความชื้น (%) + โปรตีน (%) + ไขมัน (%) + เยื่อใย (%) + เถ้า (%)) ด้วยเหตุนี้เมื่อน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมเปลือกส้มโอร้อยละ 1.5 มีปริมาณความชื้น โปรตีน เยื่อใย และเถ้าเพิ่มขึ้น คาร์โบไฮเดรตจึงมีค่าลดลง

สรุปผลการทดลอง

เมื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำส้มโอและโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอ ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับพัฒนา น้ำส้มโอเข้มข้น พบว่าน้ำส้มโอมีค่าสี L^* a^* และ b^* อยู่ที่ 47.47, -3.96 และ 6.58 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ 11 °brix น้ำส้มโอให้พลังงาน 38.73 kcal มีความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าร้อยละ 89.28, 0.53, 7.59 1.79 และ 0.81 ตามลำดับ ส่วนโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอมีค่าสี L^* a^* และ b^* อยู่ที่ 76.82, -2.36 และ 16.71 ตามลำดับ โยอาอาหารจากเปลือกส้มโอให้พลังงาน 165.01 kcal มีความชื้น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย และเถ้าร้อยละ 57.71, 0.86, 18.67, 21.31 และ 1.45 ตามลำดับ เมื่อนำโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอเสริมในน้ำส้มโอเข้มข้น พบว่าเมื่อปริมาณโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำ ส้มโอเข้มข้นมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นสีเขียว ($-a^*$) ลดลง แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งปริมาณการเสริมโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก ส่วนผสมทั้งหมด เนื่องจากเป็นปริมาณที่น้ำส้มโอเข้มข้นมีความหนืดเหมาะสม ไม่จับตัวเป็นก้อนและสามารถไหลออกจากขวดได้ง่ายเมื่อเท ผู้ชิมให้คะแนนความชอบในระดับชอบมาก และมีปริมาณโยอาอาหารเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มโอเข้มข้นเสริมโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) นอกจากนี้ยังมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์กำหนด ทั้งนี้ น้ำส้มโอเข้มข้นที่พัฒนานี้ยังมีรสชาติขมเล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยการสนับสนุนจากได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). การปลูกส้มโอ. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2566 จาก, <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2015/02/som-oh.pdf>.
- จิราภัทร โอทอง. (2562). ใช้รสส้มโอ. เอกสารประกอบการสอนวิชาเครื่องดื่มและไอศกรีม. สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร.
- จรรยา โทะนานบุตร. (2564). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมโสมนัสเสริมโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอ. *วารสารวิจัยและพัฒนาวิทยาลัยการฯ ในพระบรมราชูปถัมภ์.*, 16(1), 1-15.
- นราธิป ปัญญาเกษม. (2559). การพัฒนาคุกกี้เนยสดเสริมโยอาอาหารจากอัลเบโดของส้มโอ. *SDU Res. J.*, 9(1), 38 – 49.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง “น้ำส้มโอเข้มข้น”. (2557). มผช.1475/2557. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- รณชัย จันทรัตน์ ศรีณีย์ สิทธิชัย และ วิจิตรา แดงปรก. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมเพคตินสกัดจากเปลือกส้มโอ. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 1(2), 27-35.
- วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2551). *การผลิตและคุณสมบัติของโยอาอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร*. The 1st NPRU Academic Conference 2008. 1-12.

- วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. (2553). การเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอในผลิตภัณฑ์หมุยอ. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร.
- วันเพ็ญ แสงทองพินิจ, มนตรา ล่วงลือ ปวีณา สมบูรณ์ผล และสละ บุตรโชติ. (2557). หมูแ่งเสริมใยอาหารจากเปลือกส้มโอส่วนขาว. *วารสารวิจัยและพัฒนาโดยลงกรรม ในพระบรมราชูปถัมภ์.*, 9(2), 8-18.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (27 มีนาคม 2566). *ตลาดเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ ปี 66 เติบโตตามงบตลาดและการโฆษณา*. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2566 จาก, <https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Non-Alcohol-Drink-CIS3394-FB-04-04-2023.aspx>.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (มปป.). *พืชตระกูลส้ม*. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2566 จาก, <https://research.hrdi.or.th/public/upload/2f5wo3zsz3.pdf>.
- สาวตรี รินวงษ์. (19 มีนาคม 2566). *การันตีตลาดพื้นตัวแล้ว! สสำรวจหมวดเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ โตพีร็บ*. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2566 จาก, <https://www.bangkokbiznews.com/business/business/1058581>.
- สารสนเทศส่งเสริมการเกษตร. (2565). *รายงานสถิติทางการเกษตร พืชอายุยาว (รต.02)*. <http://www.agriinfo.doe.go.th/>.
- สุดาวรรณ มีเจริญ. (2551). เอกสารวิชาการ “ส้มโอ”. ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2.
- สำนักโภชนาการ. (2561). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข.
- อุมาภรณ์ สุจริตทวีสุข, เบญจมาศ รัตนชินกร และอนุวัตร แจ่มชัด. (2546). การลดความขมในน้ำส้มโอ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.*, 34 (4-6), 100-103.
- Arora S.K. and Patel A.A. (2017). Effect of fiber blends, total solids, heat treatment, whey protein concentrate and stage of sugar incorporation on dietary fiber-fortified Kheer. *J Food Sci Technol.*, 54(11), 3512-3520.
- AOAC. (2000). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A: AOAC
- BAM. (2002). Bacteriological analytical manual (8th ed). Gaithersburg. MD:Association of Official Analytical Chemists
- Pichaiyongvongdee S. and Haruenkit R. (2009). Comparative Studies of Limonin and Naringin Distribution in Different Parts of Pummelo [Citrus grandis (L.) Osbeck] Cultivars Grown in Thailand. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 43(1), 28-36.