



การพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทแพช

The Development of Palmyra Sugar Caramel Sauce Product in Retortable Pouch

ทวีพัฒน์ วิจิตรปัญญารักษ์

Tawipat Vijitpunyaruk

สาขาวิชาเทคโนโลยีและศิลปะการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Division of Technology and Culinary Arts, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University

Received : 8 February 2021

Revised : 16 April 2021

Accepted : 26 April 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรรมวิธีผลิตคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทแพช พบว่าผู้บริโภคต้องการผลิตภัณฑ์คาราเมลแบบเปียก มีน้ำตาลโตนด น้ำตาลทรายแดง นมข้นหวาน นมข้นจืด เนย และซ็อกโกแลตเป็นวัตถุดิบประกอบ พบว่าปริมาณกลูโคสไซรัปร้อยละ 2 มีบทบาทสำคัญต่อความหนืด และสามารถยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดได้ ($P \leq 0.05$) เป็นสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด ($P \leq 0.05$) สำหรับการหาสภาวะการให้ความร้อนเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 2 bar โดยมีเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ 20 นาที เวลาที่ต้องการฆ่าเชื้อ 25 นาที และเวลาการระบายความร้อน 25 นาที เพื่อให้ได้ F_0 ประมาณ 6 นาที เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ไม่พบ *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 18 เดือน ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทแพชมากกว่าตัวอย่างทางการค้า 4.23 คะแนน อยู่ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าลักษณะปรากฏหรือสีของผลิตภัณฑ์ มีแนวโน้มเพิ่มตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรส และรสชาติ พบว่า มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสผิดปกติ และกลิ่นหืน พบว่า สัมพันธ์กับปริมาณกรดไลโอบาร์บิทรिकที่ซึ่งตรวจพบในปริมาณต่ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และค่าเฉลี่ยความหนืดของเนื้อสัมผัส พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีต้นทุนการผลิตคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทแพช ทั้งสิ้น 31.65 บาท ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (100 กรัม) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 59 บาท คิดเป็นกำไรร้อยละ 86.4

คำสำคัญ : น้ำตาลโตนด ; คาราเมลน้ำตาลโตนด ; ผลิตภัณฑ์คาราเมล ; การสเตอริไลซ์ ; รีทอร์ทแพช



Abstract

This study aims to develop palmyra sugar caramel in retortable pouch. It was indicated that consumers require wet caramel products palmyra sugar, brown sugar, sweetened condensed milk product, milk product, butter and chocolate. The results showed that 2% glucose syrup had a significant role on viscosity and could completely inhibit sucrose crystallization in the caramel product ($P \leq 0.05$) and highest score of appearance, color, flavor, texture, taste and overall acceptable score ($P \leq 0.05$). In study of sterile condition, it was heating product at 121 °C pressure 2 bar, come up time of 20 mins, process time of 25 mins and cooling time of 25 mins with F_0 value of 6 mins. For microbial examination, *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp. and *Staphylococcus aureus* were not found and then stored at room temperatures for 18 months. The palmyra sugar caramel sauce product in retortable pouch show the overall acceptable average score more than commercial products with 4.23 points in the level of like slightly to like very much ($P \leq 0.05$). When the product was stored at room temperature. It was found that the appearance or color of the product tended to increase with storage time. The intensity of flavor and taste tended to decrease with the storage time. The intensity of off-flavor and rancid odor were related to the detected thiobarbituric acid content, which is found in low quantities and it tended to increase with the storage time. The intensity of viscosity/texture tended to increase with the storage time. The cost of producing food for the product is 31.65 baht per package (100 g). The final product should cost 59 baht with a profit of 86.4%.

Keywords : palmyra sugar ; palmyra sugar caramel ; caramel product ; sterilization ; retortable pouch

บทนำ

จังหวัดเพชรบุรีมีต้นตาลมากอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย ปี 2558 จังหวัดเพชรบุรีมีต้นตาลประมาณ 3.36 แสนต้น โดยอำเภอบ้านลาดมีต้นตาลมากที่สุดกว่า 1.7 แสนต้น รองลงมา คือ อำเภอเมือง 9.1 หมื่นต้น และอำเภอท่ายาง 3.3 หมื่นต้น (Angkavanich & Nirundorn, 2015; Phetchaburi provincial agricultural extension office, 2015) ผลตอบแทนของน้ำตาลโดนดสดต่อรอบการผลิต (เก็บเกี่ยว 90 วัน เก็บเกี่ยววันละ 30 ต้น) สร้างรายได้ประมาณ 202,500 บาท โดยมีต้นทุนประมาณ 29,000 บาท ผลตอบแทนหรือกำไรเฉลี่ย 173,500 บาท และมีรายได้จากการเก็บลูกตาลอ่อนเฉลี่ย 37,500 บาท ต่อรอบการผลิต (ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตขึ้นอยู่กับอายุและความสมบูรณ์ของต้นตาล) (Wongsheree *et al.*, 2018) ตาลโดนดจึงนับเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบุรีที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตและภูมิปัญญาของชุมชนมาแต่ดั้งเดิม อีกทั้งเป็น ต้นไม้เอกลักษณ์ของท้องถิ่น ดังตราประจำจังหวัดเพชรบุรี คนในท้องถิ่นเกิดความผูกพันกับตาล และสามารถใช้ประโยชน์จากตาลเพื่อเป็นอาหารและเป็นอาชีพเสริมเลี้ยงครอบครัว เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น ธุรกิจขนมหวาน สินค้าของที่ระลึก และการท่องเที่ยว เป็นต้น ผลผลิตสดโดยเฉพาะน้ำตาลโดนดนั้นนำไปใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในการทำขนมหวานเมืองเพชรที่มีชื่อเสียงมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (Department of intellectual property, 2011) อีกทั้งน้ำตาลโดนดยังมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic- index) ต่ำ คือ 35 (ค่าดัชนีน้ำตาลไม่เกิน 55 หมายถึงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ) จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงขึ้นเร็วและร่างกายไม่ต้องหลั่งอินซูลินออกมามากเพื่อกำจัดน้ำตาลออกจากกระแสเลือด ช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวาน สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดียิ่งขึ้น (Biodiversity-based economy development office, 2013) แต่ปัญหาที่สำคัญคือน้ำตาลสด เสื่อมเสียได้ง่ายจากพวกแบคทีเรีย ยีสต์และรา (Faparsui & Bassir, 1971) โดยเฉพาะจุลินทรีย์ พวกแลกติกแบคทีเรีย ซึ่งจะใช้ น้ำตาลเป็นอาหาร และผลิตกรดแลกติกเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดต่ำลง มีความเป็นกรดสูงขึ้น ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย (Jamfa, 2002; Tiapiboon, 2004) การแปรรูปน้ำตาลสดไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา จึงเป็นทางหนึ่งที่สามารถรักษาคุณภาพของน้ำตาลสดไว้ รวมทั้งทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่เป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค ตลอดจนเป็นการเพิ่มมูลค่าของน้ำตาลสด ในต่างประเทศพบว่าผลิตภัณฑ์ไซรัปหรือคาราเมลเป็นที่นิยมบริโภค โดยมีการจำหน่ายอย่างกว้างขวางและเป็นสินค้าที่มีชื่อเสียงเนื่องจากมีรสชาติที่เฉพาะตัว ประกอบกับในปัจจุบันอาหารสำเร็จรูป สเตอริไลซ์กำลังได้รับความนิยมในหมู่ผู้บริโภคแทบทุกประเภท โดยเฉพาะประเทศที่พัฒนาแล้ว เนื่องจากความสะดวกในการเตรียมเพื่อบริโภค และง่ายต่อการขนส่งและการเก็บรักษา ด้วยการใช้เทคโนโลยีการสเตอริไลซ์ในรีทอร์ทเพาซ์ (Retort pouch) สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ให้เกิดช้าลงหรือยับยั้งไม่ให้เกิดขึ้นได้ เนื่องจากในกระบวนการนี้ฆ่าเชื้ออาหาร จะต้องให้ความร้อนเท่าที่จำเป็นสำหรับการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยมีการทำลายรสชาติอาหารน้อยที่สุด การทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ในอาหารกระป๋อง กำหนดให้ใช้เวลาให้ความร้อนที่ 250 °F (121.1 °C) ที่เรียกว่าค่า F₀ มากกว่า 3 นาที (Sharma *et al.*, 2000) แต่อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ฆ่าเชื้อนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของอาหาร ทำให้ผลิตภัณฑ์เก็บรักษาได้นาน ดังนั้นในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำน้ำตาลสดมาผลิตเป็นคาราเมล หาสภาวะหนึ่งฆ่าเชื้อที่เหมาะสมในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยคำนึงถึงรสชาติ เนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปจากการให้ความร้อน นอกจากนี้ยังสนใจศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอาหารภายหลังการเก็บรักษาในรีทอร์ทเพาซ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภครวมทั้งรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ตลอดจนสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับน้ำตาลโดนด รวมทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากน้ำตาลโดนดให้มีรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทำให้เพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำตาลโดนด ขยายตลาดในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากตาลโดนด และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรม ทศนคติ และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม กับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้บริโภคทั่วไปจังหวัดเพชรบุรี จำนวน 420 คน เพื่อหาแนวความคิด (Product idea) ด้านความชอบ พฤติกรรมในการบริโภค ด้านข้อมูลพื้นฐานของผู้บริโภค รวมทั้งข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. พัฒนาสูตรคาราเมลน้ำตาลโดนดที่เหมาะสม สำหรับผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์

ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณการเติมกลูโคสไซรัปที่เหมาะสม เพื่อใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ โดยใช้สูตรพื้นฐานดัดแปลงจาก (Kruawan & Boonprasert, 2018) โดยนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

คุณภาพทางกายภาพ วัดค่าสีโดยใช้ Hunter lab ระบบ CIE วัดค่าในรูป $L^* a^* b^*$ (Palou *et al.*, 1999) และวัดความหนืด ด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer (A.O.A.C., 1995)

คุณภาพทางเคมี ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยใช้ Refractometer (A.O.A.C., 2000) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (A.O.A.C., 2000) และความเป็นกรดต่าง โดยใช้เครื่อง pH meter

คุณภาพทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 125 คน ประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ Hedonic scale 5 ระดับ ให้คะแนน 5 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด คะแนน 1 เป็นระดับที่ไม่ชอบมากที่สุด โดยเลือกสูตรที่ดีที่สุดไปทำการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ต่อไป

3. ศึกษาภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ ทดสอบทางด้านเคมี

กายภาพ จุลินทรีย์ และทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

ศึกษาการให้ความร้อนของคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ขนาด 100 x 140 x 30 มม. จากสูตรที่ได้รับ การยอมรับมากที่สุดจากข้อที่ 2 ที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 2 bar โดยค่า F_0 มากกว่า 3 นาที (Sharma *et al.*, 2000) ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ ทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ตามข้อ 2 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* (Thai industrial standards institute, 1988) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (A.O.A.C., 1995) และนำผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ยื่นจดทะเบียนอาหาร นำผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์มาทำการเปรียบเทียบกับคาราเมลที่มีการผลิตขายทางการค้า ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเขตจังหวัดเพชรบุรี จำนวน 125 คน ประเมินคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ Hedonic scale 5 ระดับ พร้อมทั้งสอบถามความชอบและราคาที่สามารถจะซื้อต่อผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์ในระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์มาเก็บรักษาคุณภาพเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำการสุ่มตัวอย่างระหว่างเก็บรักษา ทุก 2 สัปดาห์ โดยนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ตามข้อ 2 คุณภาพทางเคมี ตามข้อ 2 และเพิ่มการวิเคราะห์ปริมาณกรดไธโอบาร์บิอูริก (Thiobarbituric acid, TBA) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Kirk & Sawyer (1991) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการทดสอบพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative descriptive analysis; QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยให้ตัวอย่างอ้างอิง (Reference) ของแต่ละลักษณะ และให้คะแนนความเข้มโดยใช้เส้นสเกลยาว 150 มิลลิเมตร จากนั้นไปยังมาก (ดัดแปลงจากวิธีของ Lewless & Heymann, 1999)

5. พัฒนาออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ และต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์

5.1 ศึกษาการพัฒนาออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ สํารวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อฉลากบรรจุภัณฑ์ โดยใช้ผู้ทดสอบในเขตจังหวัดเพชรบุรี จำนวน 150 คน สอบถามข้อมูลทั่วไป ความชอบและทัศนคติที่มีต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์

5.2 คำนวณต้นทุนและผลตอบแทน โดยพิจารณาจากราคาวัตถุดิบ ค่าภาชนะบรรจุภัณฑ์ ราคาส่วนประกอบอาหาร รวมถึงค่าใช้จ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ประเมินผลทางสถิติ วางแผนการทดลองสุ่มในบล็อกผสมบรูณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (Steel & Torrie, 1980)

ผลการวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรม ทัศนคติ และความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาท์

1.1 การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภค

ผลการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภคดีงตารางที่ 1 พบว่า ผู้บริโภคทั่วไปในเขตจังหวัดเพชรบุรี จำนวน 420 คน แบ่งตาม เพศ และอายุ เป็นเพศชาย 170 คน และหญิง 250 คน อายุ 20-25 ปี 26-30 ปี 31-35 ปี 36-40 ปี 41-45 ปี และมากกว่า 45 ปี ช่วงอายุละ 70 คน ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรีร้อยละ 35.3 การศึกษาระดับปริญญาตรีร้อยละ 45.1 ปริญญาโทร้อยละ 12.6 และสูงกว่าปริญญาโทร้อยละ 7.0 ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอาชีพค้าขายและธุรกิจส่วนตัวคิดเป็นร้อยละ 33.2 เป็นนักศึกษาร้อยละ 23.6 เป็นข้าราชการและรัฐวิสาหกิจร้อยละ 17.4 เป็นพนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 15.0 และมีอาชีพรับจ้างร้อยละ 10.8 มีรายได้ต่อเดือน 15,001-20,000 บาท ร้อยละ 43.2 รายได้ 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 22.2 มีรายได้ต่อเดือนสูงกว่า 20,000 บาท ร้อยละ 18.1 และรายได้ 5,000-10,000 บาท ร้อยละ 16.5

ตารางที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้บริโภครายละ 10 คน

ข้อมูลการสำรวจ	เพศ		อายุ						การศึกษา				อาชีพ				รายได้				
	ชาย	หญิง	20-25 ปี	26-30 ปี	31-35 ปี	36-40 ปี	41-45 ปี	46 ปีขึ้นไป	ต่ำกว่าปริญญาตรี	ปริญญาตรี	ปริญญาโท	สูงกว่าปริญญาโท	ข้าราชการและรัฐวิสาหกิจ	พนักงานบริษัทเอกชน	ค้าขายและธุรกิจส่วนตัว	รับจ้าง	นักศึกษา	5,000-10,000 บาท	10,001-15,000 บาท	15,001-20,000 บาท	สูงกว่า 20,000 บาท
ร้อยละ	40.59	59.5	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	35.3	45.1	12.6	7.0	17.4	15.0	33.2	10.8	23.6	16.5	22.2	43.2	18.1

1.2 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์แสดงดัง ตารางที่ 2 พบว่า ชนิดของคาราเมลที่ผู้บริโภคต้องการ คือ คาราเมลแบบเปียก คิดเป็นร้อยละ 62.4 ในส่วนของส่วนผสมต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคต้องการให้ใส่ในผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้ใส่น้ำตาลโดนด น้ำตาลทรายแดง นมข้นหวาน นมข้นจืด เนย และซ็อกโกแลต มากกว่าส่วนผสมชนิดอื่น ๆ คือ ร้อยละ 18.1 17.4 15.7 13.5 12.4 และ 7.9 ตามลำดับ ในส่วนของราคาผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์ ผู้บริโภคเห็นว่าคาราเมลสเตอริไลซ์สำเร็จรูปควรมีราคา 46-50 บาท ต่อ

1 บรรจุกัณท์ คิดเป็นร้อยละที่มากที่สุด คือ ร้อยละ 33.4 รองลงมาควรมีราคา 41-45 บาท 36-40 บาท 30-35 บาท และ 51 บาทขึ้นไป โดยคิดเป็นร้อยละ 27.1, 18.0, 17.9 และ 3.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์

ร้อยละ	ชนิดของคาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์					ชนิดของส่วนผสมต่าง ๆ ที่ควรมีในคาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์												ราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูปสเตอริไลซ์						
	คาราเมลแบบแข็ง	คาราเมลแบบเปียก	คาราเมลแบบน้ำเชื่อม	ท็อปปิ้งชนิดอ่อนตัว	ท็อปปิ้งชนิดแข็ง	เนย	นมสด	นมข้นจืด	นมข้นหวาน	น้ำตาล	น้ำตาลทรายขาว	น้ำตาลทรายแดง	น้ำตาลโตนด	ช็อกโกแลต	โกโก้	กาแฟ	ชาเขียว	ชาไทย	ไข่	30-35 บาท	36-40 บาท	41-45 บาท	46-50 บาท	51 บาทขึ้นไป
12.5																								
62.4																								
8.3																								
5.5																								
11.3																								
12.4																								
3.7																								
13.5																								
15.7																								
2.9																								
3.1																								
17.4																								
18.1																								
7.9																								
2.2																								
0.5																								
0.2																								
0.1																								
2.3																								
17.9																								
18.0																								
27.1																								
33.4																								
3.6																								

2. พัฒนาสูตรคาราเมลน้ำตาลโตนดที่เหมาะสม สำหรับผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

ตารางที่ 3 ศึกษาสูตรคาราเมลน้ำตาลโตนดที่มีการเติมกลูโคสไซรัปที่เหมาะสม

ส่วนผสม*	ปริมาณ (กรัม)				
	ปริมาณกลูโคสไซรัป (ร้อยละ)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
เนยสดรสเค็ม	40	40	40	40	40
นมข้นจืด	200	200	200	200	200
น้ำตาลทรายแดง	120	120	120	120	120
น้ำตาลโตนด	120	120	120	120	120
นมข้นหวาน	60	60	60	60	60
เกลือ	6	6	6	6	6
กลูโคสไซรัป	3.75	7.50	11.25	15.00	18.75
ไวท์ช็อกโกแลต	100	100	100	100	100
น้ำเปล่า	100.25	96.50	92.75	89.00	85.25

ที่มา : *ดัดแปลงจาก Kruawan & Boonprasert (2018)

ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการเติมกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมสำหรับผลิตคาราเมลน้ำตาลโตนด จากสูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปในปริมาณที่แตกต่างกัน ตารางที่ 3 โดยใช้สูตรพื้นฐานดัดแปลงจาก (Kruawan & Boonprasert, 2018)

เมื่อนำคาราเมลมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 5 ระดับ ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับสูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวมสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจในสี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ จึงทำการวัดค่าสี ความหนืด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และความเป็นกรดต่าง ของคาราเมลน้ำตาลโตนด

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของปริมาณการเติมกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมสำหรับผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนด

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ปริมาณกลูโคสไซรัป (ร้อยละ)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
ลักษณะที่ปรากฏ	3.38 ± 0.84 ^c	3.42 ± 0.89 ^c	3.78 ± 0.90 ^b	4.14 ± 0.82 ^a	3.48 ± 0.67 ^c
สี	3.94 ± 0.94 ^c	4.37 ± 0.90 ^b	4.28 ± 0.98 ^b	4.52 ± 0.87 ^a	4.29 ± 0.88 ^b
กลิ่นรส	3.12 ± 0.91 ^c	3.37 ± 0.93 ^{bc}	3.51 ± 0.89 ^b	3.81 ± 0.94 ^a	3.48 ± 0.77 ^b
เนื้อสัมผัส	2.96 ± 0.97 ^c	3.17 ± 0.99 ^c	3.56 ± 0.95 ^b	4.03 ± 0.89 ^a	3.09 ± 0.81 ^c
รสชาติ	3.04 ± 0.89 ^c	3.57 ± 0.94 ^b	3.72 ± 0.88 ^b	4.28 ± 0.92 ^a	3.65 ± 0.62 ^b
ความชอบโดยรวม	3.18 ± 0.84 ^c	3.32 ± 0.89 ^c	3.68 ± 0.90 ^b	4.24 ± 0.82 ^a	3.52 ± 0.56 ^b

^{abc}ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ได้แสดงผลดังตารางที่ 5 จากการศึกษพบว่า ค่าสี ค่า L* (ซึ่งแสดงความสว่างของสีมีค่าตั้งแต่ 0-สีดำ ถึง 100-สีขาว) ค่า a* (แปรค่าจาก -100 (สีเขียว) ไปจนถึง +100 (สีแดง)) และ ค่า b* (-100 (สีน้ำเงิน) ไปจนถึง +100 (สีเหลือง)) ทุกสูตรไม่มีผลต่อค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ และความเป็นกรดต่าง ทุกสูตรมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นค่าความหนืด ของสูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปที่ร้อยละ 2.5 จะมีปริมาณความหนืดสูงที่สุดเนื่องมาจากการเติมปริมาณกลูโคสไซรัป ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยค่าทดสอบทางเคมีและกายภาพของการเติมกลูโคสไซรัปที่เหมาะสมสำหรับผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนด

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ปริมาณกลูโคสไซรัป (ร้อยละ)				
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
ค่าความสว่าง (L*) ^{ns}	37.49 ± 3.27	39.12 ± 2.79	35.17 ± 1.59	37.43 ± 2.12	38.13 ± 1.74
ค่าสีแดง (a*) ^{ns}	5.52 ± 1.88	6.18 ± 1.11	6.54 ± 0.51	5.81 ± 1.19	6.74 ± 1.13
ค่าสีเหลือง (b*) ^{ns}	15.47 ± 4.17	16.37 ± 4.17	16.94 ± 2.96	15.44 ± 2.96	15.32 ± 1.88
ความหนืด (cps)	7,206.67 ± 48.05 ^e	7,553.33 ± 62.12 ^d	7,773.33 ± 44.81 ^c	8,040.00 ± 87.61 ^b	8,270 ± 39.69 ^a
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix) ^{ns}	76.00 ± 1.00	76.00 ± 1.00	75.00 ± 1.00	75.67 ± 0.58	75.17 ± 1.04
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ (Aw) ^{ns}	0.75 ± 0.01	0.77 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.75 ± 0.01	0.75 ± 0.01
ความเป็นกรดต่าง (pH) ^{ns}	4.90 ± 0.01	4.92 ± 0.01	4.78 ± 0.08	4.90 ± 0.06	4.83 ± 0.11

^{ns}ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

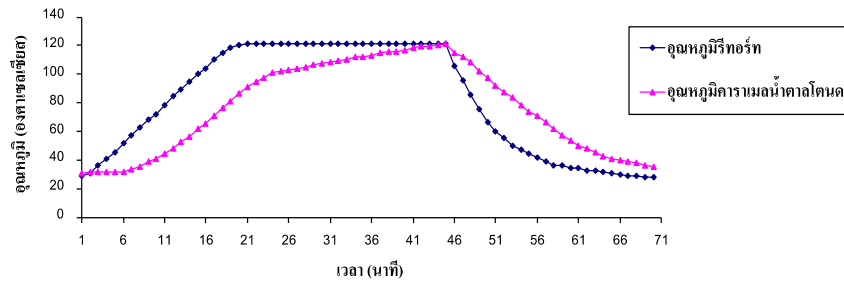
^{abc}ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

3. ศึกษาภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ ทดสอบทางด้านเคมีกายภาพ จุลินทรีย์ และทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

3.1 ศึกษากระบวนการให้ความร้อนในผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

จากการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนด ตามวิธีการผลิตที่ได้จากข้อ 2 ซึ่งสภาวะที่คัดเลือกมาผลิตคือ สูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปร้อยละ 2 แล้วนำผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อ โดยกำหนดเวลาการให้ความร้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ (Come up time) เป็นเวลา 20 นาที และกำหนดเวลาที่ต้องการฆ่าเชื้อ (Process time) ที่ 121 °ซ ความดัน 2 bar เป็นเวลา 25 นาที เพื่อให้ได้ F₀ ประมาณ 6 นาที เวลาการระบายความร้อน (Cooling Time) คือ 25 นาที แสดงดังภาพที่ 1

ผลการคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและคำนวณค่า F_0 (Presica 2002) โดยวิธี General method พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °ซ เป็นเวลา 25 นาที ซึ่งมีอุณหภูมิกกลางรีโอร์ทเพาซ์เริ่มต้นเป็น 30.5 องศาเซลเซียส มีค่า F_0 เท่ากับ 6.0 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษโดยเฉพาะ *C. botulinum* (George, 1990) และกำหนดระดับ F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Sharma *et al.*, 2000)



ภาพที่ 1 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ และอุณหภูมิภายในรีโอร์ทเพาซ์ ของคาราเมลน้ำตาลไดโนดบรรจุรีโอร์ทเพาซ์

ตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลไดโนดบรรจุรีโอร์ทเพาซ์

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ลักษณะที่ปรากฏ	4.05 ± 0.93
สี	4.22 ± 0.89
กลิ่นรส	4.07 ± 0.82
เนื้อสัมผัส	4.09 ± 0.88
รสชาติ	4.21 ± 0.84
ความชอบโดยรวม	4.12 ± 0.82

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยค่าทดสอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลไดโนดบรรจุรีโอร์ทเพาซ์

ลักษณะทดสอบ	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ค่าความสว่าง (L*)	27.43 ± 2.12
ค่าสีแดง (a*)	10.81 ± 1.19
ค่าสีเหลือง (b*)	21.44 ± 2.96
ความหนืด (cps)	8,433.33 ± 76.38
ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (°Brix)	77.00 ± 2.16
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aw)	0.76 ± 0.01
ความเป็นกรดต่าง (pH)	4.84 ± 0.06

3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและกายภาพของคาราเมลน้ำตาลไดโนดบรรจุรีโอร์ทเพาซ์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 5 ระดับ โดยใช้ผู้ทดสอบ 125 คน ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 6 พบว่า เมื่อคาราเมลน้ำตาลไดโนดผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มีผลทำให้ระดับความชอบในทุกด้านลดลงจากเดิม (ก่อนการฆ่าเชื้อ) แต่ทุกด้านยังอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีจะสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสี $L^*a^*b^*$ ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงในตารางที่ 7 โดยพบว่า เมื่อมีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ผลิตภัณฑ์จะมีค่า L^* ลดลง ส่วนค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือเมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น เช่นเดียวกับการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีผลทำให้ค่าความหนืดของ

คาราเมลน้ำตาลโตนดเพิ่มขึ้น (Rattanapanone, 2002) อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่งผลให้ผู้บริโภคมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ลดลง

3.3 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

3.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ไม่พบ *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* แสดงว่าสภาวะความร้อนดังกล่าวเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายจึงปลอดภัยต่อการบริโภค ตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำบรรจุภัณฑ์กระป๋อง (Kautter *et al.*, 1992) โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 18 เดือน

3.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพองค์ประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารอาหารต่อ 100 กรัม ได้แก่ พลังงานทั้งหมด 429.02 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 148.86 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 16.54 กรัม ไขมันอิ่มตัว 11.91 กรัม โคลเลสเตอรอล 0.00 มิลลิกรัม โปรตีน 3.01 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 67.03 กรัม โยอาหาร 0.44 กรัม น้ำตาล 46.83 กรัม โซเดียม 489.83 มิลลิกรัม วิตามินเอ 0.00 ไมโครกรัม อาร์ อี วิตามินบี 1 0.16 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.17 มิลลิกรัม แคลเซียม 134.29 มิลลิกรัม เหล็ก 0.93 มิลลิกรัม เถ้า 2.13 กรัม และ ความชื้น 11.29 กรัม และทางผู้วิจัยได้นำผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ยื่นจดทะเบียนอาหาร โดยส่งไปยังสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา โดยมีเลขสารบบอาหาร 10-1-01554-5-0102 และมีอายุการเก็บรักษานาน 18 เดือน

3.4 ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า

ทำการทดสอบผู้บริโภคในเขตจังหวัดเพชรบุรีจำนวน 125 คน โดยให้ผู้บริโภคชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์แล้วตอบคำถามในแบบสอบถามด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้ Hedonic Scale 5 ระดับ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่า ผู้บริโภคชอบตัวอย่างในทุกด้านของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์มากกว่าตัวอย่างทางการค้าของทุกผลิตภัณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์เปรียบเทียบกับตัวอย่างทางการค้า

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	ตัวอย่าง A	ตัวอย่าง B	ตัวอย่าง C	ตัวอย่าง D	ตัวอย่าง E
ลักษณะที่ปรากฏ	3.03 \pm 0.94 ^c	3.35 \pm 0.98 ^b	4.19 \pm 0.93 ^a	4.35 \pm 0.83 ^a	4.35 \pm 0.92 ^a
สี	3.81 \pm 0.81 ^b	3.82 \pm 0.85 ^b	4.12 \pm 0.89 ^a	4.18 \pm 0.86 ^a	4.17 \pm 0.91 ^a
กลิ่นรส ^{ns}	3.75 \pm 0.95	3.79 \pm 0.88	3.97 \pm 0.82	3.82 \pm 0.77	3.83 \pm 0.83
ลักษณะเนื้อสัมผัส	3.78 \pm 0.80 ^c	3.88 \pm 0.93 ^{bc}	4.29 \pm 0.88 ^a	4.25 \pm 0.78 ^a	4.37 \pm 0.80 ^a
รสชาติ	3.93 \pm 0.89 ^b	3.93 \pm 0.83 ^b	4.35 \pm 0.84 ^a	4.08 \pm 0.82 ^b	3.85 \pm 0.77 ^b
ความชอบโดยรวม	3.52 \pm 0.86 ^c	3.53 \pm 0.84 ^c	4.23 \pm 0.83 ^a	3.79 \pm 0.84 ^b	3.89 \pm 0.76 ^b

^{ns} ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

^{abc} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันแนวอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตัวอย่าง A = Teapot นมชั้นหวานกลิ่นคาราเมล ; B = Juniper sundae topping butter scotch topping ; C = คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ; D = Hershey's caramel syrup และ E = Lyon designer dessert sauce caramel

พร้อมทั้งสอบถามความชอบและราคาที่สามารถจะซื้อต่อผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์มีแนวโน้มที่จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คิดเป็นร้อยละ 95.0 และผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 59 บาท ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (100 กรัม) คิดเป็นร้อยละ 56.7 รองลงมาคือราคา 69 และ 79 บาท

คิดเป็นร้อยละ 30 และ 13.3 ตามลำดับ และจากการศึกษาเปรียบเทียบกับคาราเมลที่มีการจำหน่ายทางการค้า คิดเป็นราคาต่อ 100 กรัม ได้แก่ ตรา 1883 Caramel sauce ราคา 78 บาท ตรา Teapot นมชั้นหวานกลิ่นคาราเมล ราคา 50 บาท ตรา Juniper caramel syrup ราคา 47 บาท ตรา Hershey's caramel syrup ราคา 69 บาท และ ตรา LYON designer dessert sauce caramel ราคา 90 บาท ซึ่งทั้งหมดเหล่านี้มีราคาที่สูงกว่าหรือใกล้เคียงกับคาราเมลน้ำตาลโดนดบรจู้ทอาร์ทเพาท์ คือ 59 บาท ต่อ 1 บรจู้ทอาร์ท (100 กรัม) ซึ่งผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะผลิตได้จริง และสามารถจัดจำหน่ายได้

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรจู้ทอาร์ทเพาท์ ในระหว่างการเก็บรักษา

4.1 ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาทำการวัดค่าสี L^* a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์ซึ่งแสดงผลดังนี้

เมื่อพิจารณาค่าสี L^* ของคาราเมลน้ำตาลโดนดบรจู้ทอาร์ทเพาท์ แสดงในภาพที่ 2 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าสี L^* ของคาราเมลน้ำตาลโดนดบที่เก็บรักษามีแนวโน้มลดลงจากเริ่มต้น อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าค่าความสว่างของคาราเมลน้ำตาลโดนดบลดลง หรือมีสีคล้ำขึ้น ผลการวัดค่าสี a^* ของคาราเมลน้ำตาลโดนดบ พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่าสี a^* และ b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้น แสดงว่าคาราเมลน้ำตาลโดนดบมีสีแดงและเหลืองเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แสดงว่าเมื่อเก็บคาราเมลน้ำตาลโดนดบไว้นานขึ้น คาราเมลน้ำตาลโดนดบจะสีเหลืองและสีแดงเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ระยะเวลาการเก็บมีผลต่อความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเวลาการเก็บคาราเมลนานขึ้นพบว่าค่าความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

4.2 ผลของการศึกษาปริมาณความหนืด ซึ่งแสดงผลดังนี้

จากผลการวิเคราะห์ความหนืดของตัวอย่างคาราเมลน้ำตาลโดนดบ ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าคาราเมลน้ำตาลโดนดบมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ประมาณ 77 องศาบริกซ์ มีความหนืด 8,433.33 เซนติพอยส์ จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิห้อง มีผลต่อความหนืดอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น พบว่ามีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เมื่อเก็บเป็นเวลา 6 สัปดาห์

4.3 ผลของการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ซึ่งแสดงผลดังนี้

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จึงพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเก็บรักษาคาราเมลน้ำตาลโดนดบเป็นเวลานานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บ 24 สัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 4

4.4 ผลของการศึกษาปริมาณความเป็นกรดต่าง ซึ่งแสดงผลดังนี้

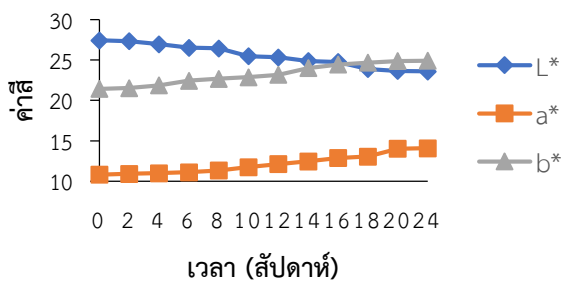
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อค่าความเป็นกรดต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยคาราเมลน้ำตาลโดนดบที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเวลาการเก็บนานขึ้น พบว่าค่าความเป็นกรดต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อทำการเก็บเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ดังภาพที่ 5

4.5 ผลของการศึกษาปริมาณวอเตอร์แอกทิวิตี ซึ่งแสดงผลดังนี้

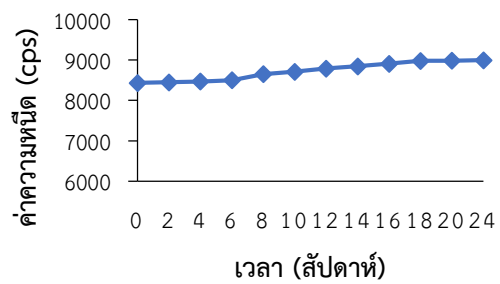
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีผลต่อค่าวอเตอร์แอกทิวิตีอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาคาราเมลน้ำตาลโดนดบ เป็นเวลานานขึ้น (24 สัปดาห์) พบว่าค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ดังภาพที่ 6

4.6 ผลของการศึกษาปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งแสดงผลดังนี้

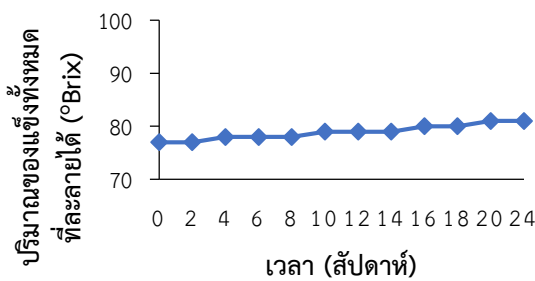
จากการทดสอบหาปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความชื้นที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ เนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ (Willich *et al.*, 1954) โดยผลการวัดค่าปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ของคาราเมลน้ำตาลโดนด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงในภาพที่ 7 ซึ่งคาราเมลน้ำตาลโดนดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.06-0.31 พบว่ายังมีปริมาณที่ต่ำกว่า TBA ที่พบในน้ำตาลโดนดคือช่วง 13.55-28.18 (Amin *et al.*, 2010) และยังคงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม Malonaldehyde ต่อกิโลกรัม สำหรับอาหารทั่วไป (Shamberger *et al.*, 1971)



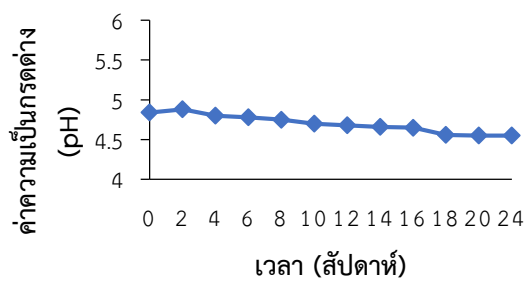
ภาพที่ 2 ค่าสี



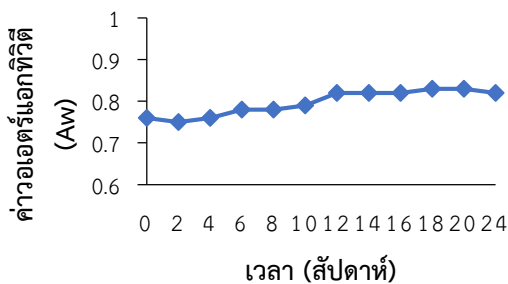
ภาพที่ 3 ปริมาณความชื้น



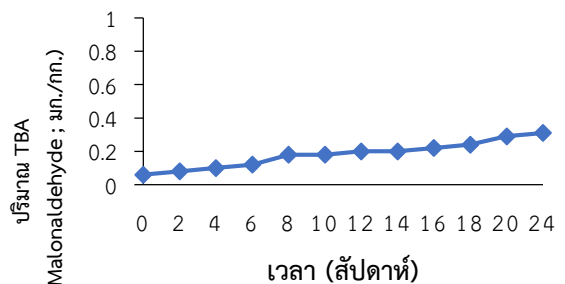
ภาพที่ 4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้



ภาพที่ 5 ปริมาณความเป็นกรดต่าง



ภาพที่ 6 ปริมาณแอกทีวิตี้

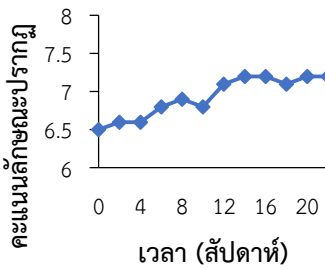


ภาพที่ 7 ปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์

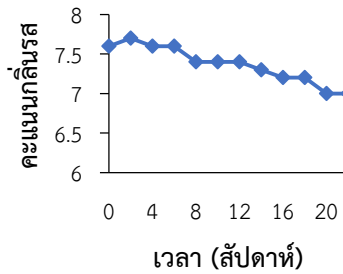
4.7 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคาราเมลน้ำตาลโดนด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งแสดงผลดังนี้

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนด ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้วิธี Quantitative descriptive analysis (QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ให้ระดับความเข้มข้น (Intensity) ในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส กลิ่นรสผิดปกติ กลิ่นหืน รสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยใช้สเกลยาว 150 มิลลิเมตร ผลการทดสอบ

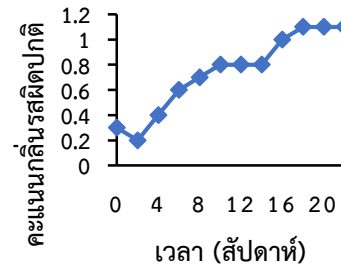
แสดงดังภาพที่ 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของลักษณะปรากฏมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกับการวัดสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าสี a^* (สีแดง) และค่าสี b^* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



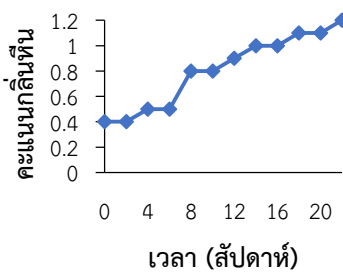
ภาพที่ 8 คะแนนลักษณะปรากฏ



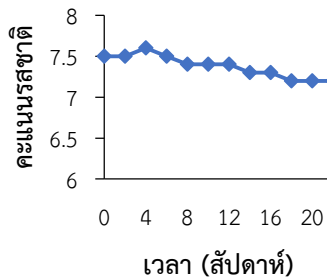
ภาพที่ 9 คะแนนกลืนรส



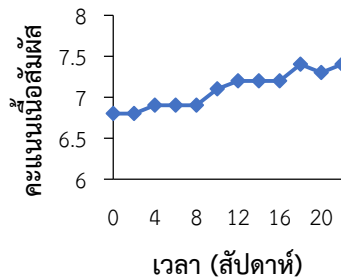
ภาพที่ 10 คะแนนกลืนรสติดปกติ



ภาพที่ 11 คะแนนกลืนหิน



ภาพที่ 12 คะแนนรสชาติ



ภาพที่ 13 คะแนนเนื้อสัมผัส

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรส พบว่า คาราเมลน้ำตาลโดนด มีค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 24 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสผิดปกติและกลิ่นหินของคาราเมลน้ำตาลโดนด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แต่มีปริมาณกลิ่นรสที่ผิดปกติและกลิ่นหินน้อยมาก ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณกรดไฮโอราบรินที่ตรวจพบปริมาณต่ำ ค่าเฉลี่ยความเข้มของรสชาติของคาราเมลน้ำตาลโดนด มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และค่าเฉลี่ยความเข้มของเนื้อสัมผัสของคาราเมลน้ำตาลโดนด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ซึ่งสัมพันธ์กับความหนืดที่เพิ่มขึ้น

5. เพื่อพัฒนาออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ และต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

5.1 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีทอร์ทแพคเกจ

ทำการทดสอบผู้บริโภคในเขตจังหวัดเพชรบุรีจำนวน 150 คน เพศชาย 77 คน และเพศหญิง 73 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 51.3 และ 48.7 ตามลำดับ จากการสำรวจ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีอายุในช่วงอายุ 26-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 38 รองลงมาคืออายุในช่วง 20-25 ปี และ 31-35 ปี คิดเป็น ร้อยละ 28 และ 22 ตามลำดับ มีการศึกษาในต่ำกว่าปริญญาตรี และระดับปริญญาตรี ร้อยละ 21.3 และ 78 ตามลำดับ มีอาชีพเป็นนักศึกษา ร้อยละ 64 และมีรายได้ต่อเดือน 5,000-10,000 บาท

และ 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 50 และ 32.7 ตามลำดับ จากการสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 96 ยอมรับในผลิตภัณฑ์นี้ จากการทดสอบทัศนคติต่อรูปแบบบรรจุภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ต่อปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ แสดงผลดังภาพที่ 14 ผู้บริโภคมีความชอบในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ B คิดเป็นร้อยละ 88.7



รูปแบบบรรจุภัณฑ์ A

รูปแบบบรรจุภัณฑ์ B

ภาพที่ 14 รูปแบบต่าง ๆ ของบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

ตารางที่ 9 ศึกษาต้นทุนการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณการใช้ต่อ 1 ถุง (กรัม)	ปริมาณการใช้ (ร้อยละ)	ราคาต่อ 1 ถุง (บาท)
เนยสดรสเค็ม	175.00	5.33	5.33	0.93
นมข้นจืด	51.85	26.67	26.67	1.38
น้ำตาลทรายแดง	42.00	16.00	16.00	0.67
น้ำตาลโดนด	60.00	16.00	16.00	0.96
นมข้นหวาน	45.88	8.00	8.00	0.37
เกลือ	12.00	0.80	0.80	0.01
กลูโคสไซรัป	40.00	2.00	2.00	0.08
ไวท์ช็อคโกแลต	165.00	13.33	13.33	2.20
น้ำเปล่า	4.50	11.87	11.87	0.05
รวม	-	100.00	100.00	6.65
บรรจุภัณฑ์ (ฉลาก)	-	-	-	10.00
การฆ่าเชื้อ	-	-	-	12.00
ค่ารีทอร์ทเพาซ์	-	-	-	3.00
รวม	-	-	-	25.00
รวมราคาทั้งหมด	ปริมาณที่ได้	1 ถุง	100 กรัม	31.65

5.2 เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์

ผลการคำนวณต้นทุนในการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ แสดงดังตารางที่ 9 ประกอบไปด้วย ราคาวัตถุดิบ 6.65 บาท ราคาบรรจุภัณฑ์ (ฉลาก) 10 บาท ค่ารีทอร์ทเพาซ์ 3 บาท และราคาการฆ่าเชื้อ 12 บาท ปริมาณที่ได้ 1 ถุง 100 กรัม ดังนั้นคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ น้ำหนักบรรจุ 100 กรัม มีราคาวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ และค่าผลิตเท่ากับ 31.65 บาท ราคาขาย ต่อ 1 ถุง จากการสอบถามเท่ากับ 59 บาท คิดเป็นกำไรร้อยละ 86.4



ก่อนการฆ่าเชื้อ



หลังการฆ่าเชื้อ

ภาพที่ 15 คาราเมลน้ำตาลโดนดที่มีการเติมกลูโคสไซรัป ร้อยละ 2 ก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อในรีโพรท

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดสอบความต้องการของผู้บริโภคจากกลุ่มผู้บริโภคในวัยทำงาน ซึ่งมีกำลังซื้อ และต้องการความสะดวกในการบริโภค ซึ่งได้เค้าโครงของผลิตภัณฑ์คาราเมลสำเร็จรูป คือ เป็นคาราเมลแบบเปียก (ที่มีการรวมน้ำกับน้ำตาลก่อนการให้ความร้อนจนเกิดคาราเมล) ต้องการให้น้ำตาลโดนด น้ำตาลทรายแดง นมข้นหวาน นมข้นจืด เนย และซีอิ๊วโกแลต เป็นส่วนผสมในการทำคาราเมล นอกจากนี้ผู้บริโภคยังให้ความสำคัญด้านรสชาติและความสะดวกในการบริโภคด้วย และผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 46-50 บาท โดยนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับตามความต้องการของผู้บริโภค

การเปรียบเทียบปริมาณกลูโคสไซรัป พบว่า สูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัป ร้อยละ 2 ได้รับการยอมรับมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และพบว่ามีความพึงพอใจประกอบทางเคมีและกายภาพของสูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปที่ระดับต่าง ๆ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นค่าความหนืดที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลูโคสไซรัปที่เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) และการเติมกลูโคสไซรัปซึ่งได้จากการย่อยทำให้สตาร์ชมีโมเลกุลเล็กลง โดยมีส่วนประกอบเป็นน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส ล้อมรอบอยู่รอบ ๆ น้ำตาลซูโครสป้องกันไม่ให้โมเลกุลของน้ำตาลซูโครสเกิดการซ้อนทับกันและเกิดการตกผลึกในระหว่างการเก็บรักษา (Alexander, 1998) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปร้อยละ 2 มากที่สุด ซึ่งจะมีค่าความหนืดที่ 8,040.00 cps ($P \leq 0.05$) และมีค่าสี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และความเป็นกรดต่าง ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แสดงว่าผู้ทดสอบชอบคาราเมลที่มีความหนืดที่เหมาะสมไม่สูงหรือต่ำเกินไป ดังนั้น จึงใช้สูตรที่มีการเติมกลูโคสไซรัปร้อยละ 2 ซึ่งประกอบไปด้วย เนยสดรสเค็ม นมข้นจืด น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลโดนด นมข้นหวาน เกลือ กลูโคสไซรัป ไวท์ซีอิ๊วโกแลต และน้ำเปล่า ร้อยละ 5.33 26.67 16.00 16.00 8.00 0.80 2.00 13.33 และ 11.87 ตามลำดับ ไปทดลองหาสภาวะการให้ความร้อนที่เหมาะสมในการผลิตคาราเมลน้ำตาลโดนดบรรจุในรีโพรทเพาซีในขั้นต่อไป

สภาวะความร้อนในการฆ่าเชื้อ โดยกำหนดเวลาการให้ความร้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ (Come up time) เป็นเวลา 20 นาที และกำหนดเวลาที่ต้องการฆ่าเชื้อ (Process time) ที่ 121°C ความดัน 2 bar เป็นเวลา 25 นาที และเวลาการระบายความร้อน (Cooling time) คือ 25 นาที เพื่อให้ได้ F_0 ประมาณ 6 นาที ซึ่งเพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษโดยเฉพาะ *C. botulinum* (George, 1990) และกำหนดระดับ F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที สำหรับอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (Sharma *et al.*, 2000) เมื่อคาราเมลน้ำตาลโดนดผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มีผลทำให้ระดับความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ลดลงจากเดิม (ก่อนการฆ่าเชื้อ) แต่ทุกด้านยังอยู่ในระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เนื่องจากสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเวลานานจะเร่งให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน (Pearson & Dutson, 1997) และในสภาวะการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิสูงเวลาด้าน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่นำมาแปรรูปมีคุณภาพดี เนื่องจากช่วยลดระดับความร้อนในผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนสี

กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส (George, 1990) ซึ่งการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสีจะสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าสี $L^*a^*b^*$ ในผลิตภัณฑ์ โดยพบว่า เมื่อมีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน ผลิตภัณฑ์จะมีค่า L^* ลดลง ส่วนค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) คือ เมื่อระยะเวลาในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากการแตกสลายตัวของน้ำตาลซูโครสที่ได้รับความร้อน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบเชิงซ้อน สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในสภาวะที่มีกรดหรือต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีสภาวะที่เหมาะสมแก่การเกิดปฏิกิริยาการเมลไลเซชัน คือ มีอุณหภูมิสูงกว่า 120°C มีความเป็นกรดต่างระหว่าง 3 ถึง 9 เกิดจากขนาดของวงแหวนในโครงสร้างน้ำตาลจะเปลี่ยนแปลง และพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) จะแตกออกจากกัน มีการเกิดพันธะคู่ (Double bond) ในวงแหวน ทำให้เกิดพันธะไม่อิ่มตัว (Unsaturated ring) เช่น ฟูแรน (Furan) ที่สามารถดูดกลิ่นแสงและทำให้เกิดสี และเกิดการรวมตัวกัน (Condensation) ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่ให้สีและกลิ่น (Shoberi, 2010) เช่นเดียวกับการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนมีผลทำให้ปริมาณน้ำในอาหารลดลงจึงส่งผลต่อค่าความหนืดของคาราเมลน้ำตาลโตนดที่เพิ่มขึ้น (Barra, 2004; Rattanapanone, 2002) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่งผลให้ผู้บริโภคมีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ลดลง การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ ไม่พบ *Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* แสดงว่าสภาวะความรอนดังกล่าวเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายปลอดภัยต่อการบริโภค ตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำบรรจุภัณฑ์กระป๋อง (Kautter et al., 1992) โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 18 เดือน การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ของคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณสารอาหารต่อ 100 กรัม ได้แก่ พลังงานทั้งหมด 429.02 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 148.86 กิโลแคลอรี ไขมันทั้งหมด 16.54 กรัม ไขมันอิ่มตัว 11.91 กรัม โคลเลสเตอรอล 0.00 มิลลิกรัม โปรตีน 3.01 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 67.03 กรัม โยอาหาร 0.44 กรัม น้ำตาล 46.83 กรัม โซเดียม 489.83 มิลลิกรัม วิตามินเอ 0.00 ไมโครกรัม อาร์ อี วิตามินบี 1 0.16 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.17 มิลลิกรัม แคลเซียม 134.29 มิลลิกรัม เหล็ก 0.93 มิลลิกรัม เถ้า 2.13 กรัม และ ความชื้น 11.29 กรัม จากปริมาณสารอาหารดังกล่าวอยู่ในช่วงที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยตั้งแต่อายุ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic-index) ที่อยู่ในระดับต่ำ คือ 35 (ค่าดัชนีน้ำตาลไม่เกิน 55 หมายถึงค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ) จึงทำให้ผู้บริโภคที่รับประทานเข้าไปมีระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงขึ้นเร็วและร่างกายไม่ต้องหลั่งอินซูลินออกมามากเพื่อกำจัดน้ำตาลออกจากกระแสเลือด ช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวาน สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดียิ่งขึ้น (Biodiversity-based economy development office, 2013) โดยมีเลขสารบบอาหาร 10-1-01554-5-0102 และผู้บริโภคชอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์มากกว่าตัวอย่างทางการค้าของทุกผลิตภัณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุในรีทอร์ทเพาซ์มีกลิ่นและรสชาติของน้ำตาลโตนดที่มีความเฉพาะตัว มีความหนืดที่เหมาะสมไม่ข้นหรือเหลวจนเกินไป ประกอบกับสีที่มีความเป็นสีน้ำตาลชั้นดูสวยงามและมีความมันวาวของผลิตภัณฑ์ จึงส่งผลให้ผู้บริโภคให้การยอมรับโดยรวมสูงสุด ผู้บริโภคร้อยละ 95 ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 59 บาท ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (100 กรัม) คิดเป็นร้อยละ 56.7

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ลักษณะปรากฏหรือสีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสัมพันธ์กับระดับการเกิดสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น อันเนื่องมาจากคาราเมลที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเกิดปฏิกิริยาการเมลไลเซชันอย่างต่อเนื่องอย่างช้า ๆ ทำให้ความเข้มสีเพิ่มขึ้น (Kamuf et al., 2003) ร่วมกับสภาวะการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงเวลานานจะเร่งให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำขึ้น อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน (Pearson & Dutson, 1997) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จะมีสีคล้ำขึ้น (Rattanapanone, 2002) เมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น พบว่ามีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากคาราเมลเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันและความหนืดนั้นมีการเปลี่ยนแปลง (Dyes and pigments, 2007) และคาราเมลที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเกิดปฏิกิริยาการเมลไลเซชัน

อย่างต่อเนื่องอย่างช้า ๆ เป็นผลให้ความเข้มข้นและความหนืดเพิ่มขึ้น (Kamuf *et al.*, 2003) แต่เนื่องจากคาราเมลน้ำตาลโตนดมีส่วนประกอบของกลูโคสไซรัป การแยกชั้นของคาราเมลนั้นเกิดจากการเกิดผลึกของน้ำตาลซูโครสของส่วนผสมในคาราเมลเมื่อทำการผสมกลูโคสไซรัป มีผลทำให้เกิดผลึกน้ำตาลเป็นไปได้อย่างขึ้น เนื่องจากกลูโคสไซรัปมีน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งน้ำตาลทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นน้ำตาล โมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) มีความสามารถในการดูดซับกับผิวผลึกน้ำตาลซูโครส ทำให้ผลึกน้ำตาลซูโครสไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ จึงไม่เกิดการตกผลึกน้ำตาล อีกทั้งกลูโคสไซรัปมีคุณสมบัติเพิ่มความข้นหนืดซึ่งจะทำให้การเกิดผลึกน้ำตาลเป็นไปได้อย่างขึ้น ผลึกน้ำตาลเคลื่อนที่ระหว่างการเก็บรักษาได้ช้าลง ไม่สามารถสร้างผลึกให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ (Hull, 2010) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บ 24 สัปดาห์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันและพอลิเมอไรเซชันของคาราเมลเกิดเป็นสารฮิวมิน (Humins) ซึ่งเป็นสารสีดำไม่ละลายน้ำและไม่แพร่กระจาย เรียกว่า คาราเมลลิน (Caramelin) (Rattanapanone, 2006) มีผลทำให้ปริมาณของแข็งเพิ่มขึ้น ซึ่งคาราเมลเมื่อเก็บนานขึ้น พบว่า คาราเมลมีลักษณะเป็นของแข็งเพิ่มขึ้น รวมถึงการเก็บรักษานานเป็นเวลา 24 สัปดาห์ มีความเป็นกรดต่างที่ต่ำลง เข้าใกล้กับจุดไอโซอิเล็กทริกของคาราเมล ดังนั้นจึงทำให้มีบางส่วนเริ่มตกตะกอนเกิดขึ้น (Kamuf *et al.*, 2003) เมื่อเวลาการเก็บนานขึ้น พบว่าค่าความเป็นกรดต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อทำการเก็บเป็นเวลา 24 สัปดาห์ เนื่องจากคาราเมลเกิดปฏิกิริยาแตกตัวของสาร 5-HMF เปลี่ยนเป็นกรดฟอรั่มิกและกรดเลวูลินิกเกิดขึ้น (Monica *et al.*, 2004) และถ้าค่าความเป็นกรดต่างมีค่าต่ำลงอาจจะมีผลต่อจุดไอโซอิเล็กทริก โดยค่าความเป็นกรดต่างมีค่าใกล้จุดไอโซอิเล็กทริกจะเกิดการตกตะกอนของคาราเมลได้ (Kamuf *et al.*, 2003) และทำให้การละลายยากมากขึ้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเก็บเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดคาราเมลที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันอย่างต่อเนื่อง ทำให้สาร 5-HMF เปลี่ยนเป็นกรด (Monica *et al.*, 2004) ซึ่งมีความสามารถในการละลายสูงขึ้น จึงทำให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (Oxidative rancidity) (Mitchell & Henrick, 1996) อย่างไรก็ตามปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.06-0.31 ยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม Malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม สำหรับอาหารทั่วไป (Shamberger *et al.*, 1971) ค่าเฉลี่ยความเข้มของลักษณะปรากฏมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาพร้อมกับการวัดสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 24 สัปดาห์ ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง และ ค่าของสี a^* (สีแดง) และค่าของสี b^* (สีเหลือง) เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรส และรสชาติ พบว่า มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นรสผิดปกติ และกลิ่นหืน พบว่า สัมพันธ์กับปริมาณกรดไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่ตรวจพบปริมาณต่ำ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นหืนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (Oxidative rancidity) (Mitchell & Henrick, 1996) และค่าเฉลี่ยความหนืดของเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าเฉลี่ยความหนืดของเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความหนืดที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากคาราเมลเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเกิดโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและความหนืดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น (Dyes and pigments, 2007) และคาราเมลที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันอย่างต่อเนื่องอย่างช้า ๆ เนื่องจากความร้อนจากการเก็บรักษา เกิดการสูญเสียน้ำ เป็นผลให้ความเข้มข้นและความหนืดเพิ่มขึ้น (Kamuf *et al.*, 2003) เมื่อพิจารณาพร้อมกับค่าเฉลี่ยความเข้มของเนื้อสัมผัสของคาราเมลน้ำตาลโตนด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ และพบว่าลักษณะคุณภาพทั้งหมดเหล่านี้ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดสอบบรรจุภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคมีความชอบในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ B คิดเป็นร้อยละ 88.7 จากผลการสำรวจจากผู้บริโภคจากกลุ่มผู้บริโภคในวัยทำงาน ซึ่งมีกำลังซื้อ และต้องการความสะดวกในการบริโภค จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้มีแนวโน้มที่จะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่จะผลิตได้จริง และสามารถจัดจำหน่ายได้



ต้นทุนคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ น้ำหนักบรรจุ 100 กรัม มีราคาวัตถุดิบ บรรจุภัณฑ์ และค่าผลิตเท่ากับ 31.65 บาท ราคาขาย ต่อ 1 ถุง จากการสอบถามเท่ากับ 59 บาท คิดเป็นกำไรร้อยละ 86.4

สรุปผลการวิจัย

การใช้ปริมาณกลูโคสไซรัปร้อยละ 2 มีบทบาทสำคัญต่อความเหนียว และสามารถยับยั้งการตกผลึกของน้ำตาลในผลิตภัณฑ์คาราเมลน้ำตาลโตนดได้ และเป็นสูตรที่ได้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับสูงที่สุด สภาวะการให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิ 121 °ซ เพื่อให้ได้ F_0 ประมาณ 6 นาที สภาวะความร้อนดังกล่าวเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายจึงปลอดภัยต่อการบริโภค ตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำบรรจุภัณฑ์กระป๋อง โดยมีอายุการเก็บรักษานาน 18 เดือน ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 6 เดือน แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยมีต้นทุนการผลิตคาราเมลน้ำตาลโตนดบรรจุรีทอร์ทเพาซ์ ทั้งสิ้น 31.65 บาท ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์ (100 กรัม) ผลิตภัณฑ์สุดท้ายควรมีราคา 59 บาท คิดเป็นกำไรร้อยละ 86.4

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีและศิลปะการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และทุนสนับสนุนการวิจัย “ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563”

เอกสารอ้างอิง

Alexander, R.J. (1998). *Sweeteners: nutritive*. USA: American Assosiation of Cereal Chemists, Inc.

Amin N.A.M., W.A.W. Mustapha, M.Y. Maskat and H.C. Wai. Antioxidative activities of palm sugar-like flavouring. *The Open Food Science Journal*, 4, 23-29.

Angkavanich, S. and Nirundorn, N. (2015). *Sugar production from palmyra palm in Banlad district, Phetchaburi province: socio-cultural changes*. Retrieved April 18, 2021, from: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/huru/article/view/25602>. (in Thai)

A.O.A.C. (1995). *Official methods of analysis*. 16th ed. Arlington, Virginia: Association of Official Analytical Chemists.

A.O.A.C. (2000). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. 17th ed. Gaithersburg, Maryland, USA: The Association of Official Analytical Chemists.

Barra G. (2004). *The rheology of caramel*. Doctor of philosophy of food science thesis in food science. England: University of Nottingham.



- Biodiversity-based economy development office. (2013). *Database system of biological resources and local wisdom of the community "palmyra palm tree"*. Retrieved April 30, 2020, from: www.bedo.or.th. (in Thai)
- Department of intellectual property. (2011). *"Phetchaburi" palmyra palm town adds value through the concept of creative economy*. Retrieved April 30, 2020, from: <http://www.komchadluek.net/news/economic/100708> (in Thai)
- Dyes and pigments. (2007). *Caramel color*. Retrieved April 16, 2020, from www.dyespigments.com/products/caramel-color.html.
- Faparusi, S. I. and Bassir, O. (1971). Microflora of fermenting palm sap. *Journal of Food Science and Technology*, 8, 206.
- George, R.W. (1990). *Effects of processing on nutrients*. New York: John Wiley and Sons., Inc.
- Hull, P. (2010). *Glucose syrups technology and applications*. United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Jamfa, R. (2002). *Production of palm syrup*. Master of science thesis in agro-industry. Naresuan University. (in Thai)
- Kamuf, W., Nixon, A., Parker, O., and Barnum, JR. G.C. (2003). Overview of caramel colors. *Cereal Food World*, 48(2), 64-69.
- Kautter, D.A., W.L. Landry, A.H. Schwab and G. Lancette. (1992). A examination of canned foods. In *Food and Drug Administration : Bacteriological Analytical Manual*. 7th. Arlington, Virginia: A.O.A.C. International.
- Kirk, R.S. and R. Sawyer. (1991). *Pearson's composition and analysis of foods*. 9th ed. Singapore: Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.
- Kruawan, N. and Boonprasert, W. (2018). *The development of palmyra sugar caramel sauce product*. Special problem. Bachelor of science. Phetchaburi Rajabhat University. (in Thai)
- Lawless, H.T. and H. Heymann. (1999). *Sensory evaluation of food: principle and practices*. 2nd ed. New York: Chapman & Hall.
- Mitchell, J.H. and A.S. Henrick. (1996). Rancidity in foods products. In W.O. Lundberg, ed. *Autooxidation and Autoxidant*. pp. 560. New York, USA: Intersciences Publisher.



- Monica C., T.M. Garcia, G. Gonzalez, M. Pena and J.A. Garcia. (2004). Study of coloured components formed in sugar beet processing. *Food Chemistry*, 86, 421-433.
- Palou, E., Lopez-malo, A., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B. G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of branched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64, 42-45.
- Pearson, A.M. and T.R. Dutson. (1997). *Production and processing of healthy meat, poultry and fish products*. London: Chapman & Hall,
- Phetchaburi provincial agricultural extension office. (2015). *Report the situation of plant production area in Phetchaburi Province in 2015*. Retrieved April 18, 2021, from:
http://www.phetchaburi.doae.go.th/pb2013/data_for_web/total_58.pdf. (in Thai)
- Rattanapanone, N. (2002). *Food chemistry*. Bangkok: Oadian Store. (in Thai)
- Rattanapanone, N. (2006). *Food chemistry*. Bangkok: O.S. Printing House (in Thai)
- Shamberger, R.J., B.A. Shamberger and C.E. Wills. (1971). Malonaldehyde content of food. *Journal of Nutrition*, 107, 1404-1409.
- Sharma, S.K., S.J. Mulvaney and S.S.H. Rizvi. (2000). *Food process engineering: theory and laboratory experiments*. New York: John Wiley and Sons, Inc., Publication.
- Shoberi, N.S.B. (2010). *The role of pH, temperature and catalyst type in caramel manufacturing process*. Bachelor of chemical and natural resources engineering thesis in chemical engineering. Malaysia: Universiti Malaysia Pahang.
- Steel, R. D. D. and Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistic: A biometrical approach*. 2nd ed. p. 862. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Thai Industrial Standards Institute. (1988). *Standard methods for microbiological examination of canned foods*. TIS. 335-2531. (in Thai)
- Tiapiboon, S. (2004). *Effect of high pressure heat treatments on palm sap quality*. Master of science thesis in food technology. Prince of Songkla University. (in Thai)



Willich, R.K., N.J. Moris and A.F. Freeman. (1954). Peanut butter. V. The effect of processing and storage of peanut butter on the stabilities of their oils. *Journal of Food Technology*, 2, 101-104.

Wongsheree, T., C. Nueanghaknin, W. Manish and A. Rattanathanaophat. (2018). Value chain of palmyra palm case study pf Banlad district, Phetchaburi province in crop year 2017. *Agricultural Science Journal*, 49, 1(suppl.), 506-510.