Received: March 2, 2026 Revised: April 21, 2026 Accepted: May 27, 2026

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์เสริมโปรตีนถั่วเหลืองพลังงานต่ำ
Development of Low-Calorie Oat Bars Fortified with Soy Protein

นิตยา ภูงาม[1] ชนกันต์ บานชื่น[1] ดุจดาว แสนกล้า[1] ณัฏวลิณคล เศรษฐปราโมทย์[2]
อาทิตยา ดวงสุพรรณ์[1] และวรณิสร์ เมืองมาหล้า[1*]
Nittaya Phungam[1] Chanakan Banchuen[1] Dutdao Sankla[1] Natwalinkhol Settapramote[2]
Atitaya Duangsuphan[1] and Woranit Muangmala[1*]

[1] สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000
[1] Department of Agro-Industrial, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Surin Province, 32000
[2] สาขาวิชาธุรกิจอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จังหวัดตาก 63000
[2] Department of Food Business and Nutrition, Faculty of Agricultural Science and Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Tak Province, 63000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์เสริมโปรตีนถั่วเหลืองแคลอรี่ต่ำ โดยการใช้ไซรัปหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล อัตราส่วน ร้อยละ 0 30 50 และ 70 ในผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองพบว่า คะแนนการยอมรับด้าน สี กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์สูตรทดแทนไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 (ร้อยละ 50) มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ค่า L* ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกัน ค่า a* และ ค่า b* ของผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 (ร้อยละ 50) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.92 และ 0.32 ตามลำดับ ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ ร้อยละ 0 (ควบคุม) 10 15 20 และ 30 พบว่า สูตรเสริมโปรตีนถั่วเหลือง สูตรที่ 2 (ร้อยละ 10) มีค่าการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีค่าคะแนนสูงที่สุด เท่ากับ 7.26 7.03 และ 7.31 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 32.91-45.96 และค่าความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลือง ของทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ปริมาณค่าความชื้นสูตรที่ 2 (ร้อยละ 10) มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.35 และมีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด เท่ากับ 0.27 เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองมากขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มของค่าความแข็งลดลง โดยสูตรที่ 2 (ร้อยละ 10) มีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และค่าทนต่อการเคี้ยวสูงที่สุด เท่ากับ 528.51 นิวตัน, 9.04 และ 325.90 นิวตัน ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร สูง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 21.81, 1.24, 2.51 และ 8.30 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม รวมทั้งให้พลังงานต่ำกว่าสูตรควบคุมด้วย ($p\leq0.05$)

คำสำคัญ: ข้าวโอ๊ตบาร์ พลังงานต่ำ โปรตีนถั่วเหลือง ไซรัปหญ้าหวาน

*Corresponding author: woranit.mu@rmuti.ac.th

Abstract

This research aimed to develop low-calorie oat bars fortified with soy protein by substituting sugar with stevia syrup. The sensory evaluation of oat bars with the substitution of stevia syrup at 0% (control), 30%, 50%, and 70% showed no significant differences ($p>0.05$) in color, aroma, and taste. However, the 50% formulation received the highest overall preference score (7.66). Color analysis showed no significant differences ($p>0.05$) in L* values among the formulations. The 50% formulation exhibited higher redness (a* = 1.15) and yellowness (b* = 8.70). The study of soy protein supplementation in stevia syrup-substituted-oat bars at 0% (control), 10%, 15%, 20%, and 30% found that 10% soy protein formulation received the highest sensory evaluation scores in color, texture, and overall preference, with scores of 7.26, 7.03, and 7.31, respectively. Increasing the soy protein content resulted in an increasing trend in the lightness (L*) value of the product. Similarly, the redness (a*) and yellowness (b*) values also increased, ranging from 1.09 to 1.47 and 7.50 to 9.76, respectively. The 10% supplementation formulation had the lowest moisture content (2.35%) and the lowest water activity (0.27). As soy protein content increased, the hardness of the product tended to decrease. The 10% formulation exhibited the highest hardness (528.51 Newtons), adhesiveness (9.04), and chewiness (325.90 Newtons). The proximate analysis showed that oat bar supplemented with 10% soy protein had significantly higher protein (21.81%), fat (1.24%), ash (2.51%), and dietary fiber (8.30%) contents compared to the control. Additionally, this formulation provided lower energy content than the control formulation.

Keywords: Oat bar, Low-calorie food, Soy protein, Stevia syrup

บทนำ

ธัญพืชอัดแท่ง หรือ กราโนลาบาร์ (Granola bar) หรือบางครั้งเรียกว่า "ซีเรียลบาร์" หรือ ข้าวโอ๊ตบาร์ โดยส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยธัญพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวกล้อง เมล็ดถั่ว คอนเฟลก งา เมล็ดทานตะวันและเมล็ดฟักทอง อาจมีการเพิ่มเนื้อผลไม้หรือเคลือบน้ำตาล น้ำผึ้ง เป็นสารยึดเกาะ และทำให้น่ารับประทานมากยิ่งขึ้น จากกระแสนิยมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน จึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (รุ่งฤดี ยุทธศาสตร์ และ คณะ, 2565) ธัญพืชอัดแท่งพลังงานต่ำเป็นอาหารเสริมรูปแบบหนึ่งที่ทำมาจาก ธัญพืช ถั่วชนิดต่าง ๆ เพิ่มความหวานด้วยน้ำผึ้ง ธัญพืชอัดแท่งเป็นอาหารเสริมที่ให้คุณค่าทางอาหารสูง สามารถกินเป็นของว่าง หรือกินเล่นเป็นมื้อระหว่างวันได้ สำหรับบางมื้อที่ไม่มีเวลารับประทานอาหารมื้อใหญ่ เพียงนมหนึ่งกล่องกับธัญพืชอัดแท่งก็สามารถทำให้อิ่มท้องได้แล้ว หรือใครที่กำลังลดน้ำหนักก็สามารถรับประทานแทนขนมขบเคี้ยวอื่น ๆ ได้เช่นกัน ธัญพืช เป็นเมล็ดพืชขนาดเล็ก ที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหารมากมาย หลาย ๆ คนคงเคยเห็นว่าธัญพืชมักเป็นส่วนประกอบของอาหารสุขภาพหลาย ๆ ชนิด เพราะธัญพืชเป็นอาหารที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังบางชนิด และยังเป็นแหล่งสำคัญของสารอาหารหลายชนิดรวมถึงไฟเบอร์ วิตามินและแร่ธาตุ การบริโภคอาหารที่อุดมด้วยไฟเบอร์ เช่น ธัญพืช เป็นส่วนหนึ่งของการกินอาหารเพื่อสุขภาพ โดยรวมจะช่วยลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือด

หัวใจและอาจลดอาการท้องผูก (ชลธิชา จันทร์วิบูล, 2565) การใช้หญ้าหวาน” หรือ “สตีเวีย (Stevia)” ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Stevia rebaudiana* Bertoni วงศ์ Asteraceae คือ พืชสมุนไพรทางเลือกใหม่สำหรับใช้ทดแทนความหวานของน้ำตาล เชื่อว่าเมื่อรับประทานแล้วไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกาย ทั้งยังให้รสชาติหวานเหมือน น้ำตาล และกำลังเป็นที่นิยมในหมู่คนรักสุขภาพ (Silva et al., 2024) โดยหญ้าหวานสามารถลดระดับน้ำตาลหลังมื้ออาหาร และแคลอรีจากการบริโภคอาหารทั้งวันเมื่อเทียบกับซูโครสและสามารถลดระดับอินซูลินหลังมื้ออาหารเมื่อเทียบกับทั้งซูโครสและแอสปาเทมแต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่อความอยากอาหารในสารให้ความหวานทั้งสามชนิด คุณประโยชน์หญ้าหวานนอกจากเป็นสารให้ความหวานแล้ว หญ้าหวานยังมีคุณประโยชน์หลายอย่างโดยมีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของหญ้าหวานได้แก่ ฤทธิ์ลดความดันโลหิต ฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ฤทธิ์ขับปัสสาวะ ฤทธิ์ต่อต้านการเกิดเนื้องอก (Anti-tumor) ฤทธิ์ต้านมะเร็ง เป็นต้น (วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, 2563) ทั้งนี้งานวิจัยมีการประยุกต์ใช้สารสกัดหญ้าหวานหรือ สารสเตวิโอไซด์ (Stevioside) โดยใช้ในรูปแบบไซรัปหญ้าหวานสำเร็จรูปที่มีส่วนประกอบของ มัลติตอล ไซรัป (INS965ii) ร้อยละ 99, สารสกัดใบหญ้าหวานสตีวิออลไกลโคไซด์ (INS960) ร้อยละ 1 จะถูกร่างกายเผาผลาญเป็นพลังงานน้อยมาก เพราะเป็นสารให้พลังงานต่ำมาก จึงไม่ทำให้อ้วน เหมาะสำหรับคนไข้ ผู้ป่วยโรคเบาหวานคนที่เป็นโรคไขมันสูงในเลือด และผู้ที่ต้องการลดความอ้วน นอกจากนี้พวกจุลินทรีย์ต่าง ๆ ก็ไม่ใช้สารนี้เป็นอาหารจึงไม่เป็นสาเหตุทำให้อาหารบูดเน่าได้อีกทั้งมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในปากหลายชนิด จึงไม่ทำให้อาหารหรือเครื่องดื่มที่เก็บไว้นานเกิดการบูดเน่าไม่ทำให้ฟันผุ หรือเหงือกบวมอักเสบได้ง่ายจึงมีการใช้ผสมในอาหาร และเครื่องดื่ม นอกจากนั้น ยังพบใช้สารสกัดจากใบหญ้าหวานมากในระดับครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก สำหรับใส่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ขนมหวานและเครื่องดื่ม ซึ่งมักสกัดเองด้วยการต้มด้วยน้ำ (วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, 2563)

โปรตีนจากถั่วเหลือง นับเป็นโปรตีนจากพืชชนิดหนึ่งซึ่งโปรตีนจากพืชและจากสัตว์มีความแตกต่างกันที่จำนวนกรดอะมิโน สำหรับอาหารบางชนิด เช่น ถั่วเหลือง จะมีปริมาณกรดอะมิโนเท่ากันกับเนื้อสัตว์แต่ไม่มีไขมันและคอเลสเตอรอลในขณะที่เนื้อสัตว์จะมีไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง การรับประทานโปรตีนจากสัตว์จึงอาจจะไม่เหมาะกับบางท่านที่มีไขมันในเลือดสูง หรือกำลังระวังเรื่องน้ำหนักอยู่ นอกจากนี้โปรตีนที่ได้มากจากถั่วเหลืองถึงจะมีแคลเซียมน้อยกว่าเนื้อสัตว์ แต่มีโปรตีนสูงกว่าถึงร้อยละ 35 หลาย ๆ ท่านที่กำลังลดน้ำหนักจึงมักจะเลือกการกินโปรตีนจากถั่วเหลืองแทนเนื้อสัตว์ นอกจากนี้บางงานวิจัย ยังกล่าวถึงการบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลือง 25 กรัม ช่วยลดความเสี่ยงในการเป็นโรคมะเร็งและโรคหัวใจอีกด้วย (Liu et al., 2024) โปรตีนถั่วเหลืองมีอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันในอาหารถั่วเหลืองแบบดั้งเดิม อาหารที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลือง และอาหารเสริมที่มีส่วนผสมของโปรตีน ถั่วเหลือง โดยเมื่อวัดตามมาตรฐานน้ำหนัก (ต่อผลิตภัณฑ์ 100 กรัม) ผงโปรตีนถั่วเหลืองให้โปรตีนมากที่สุด (ร้อยละ 83) รองลงมา คือ ถั่วเหลือง (ร้อยละ ~40) และแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มส่วน (ร้อยละ 35) ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ที่ไม่ใช่แบบดั้งเดิมหลายชนิด เช่น โปรตีนบาร์และแพตตี้สำหรับ มื้อเช้า ก็ให้โปรตีนในปริมาณมากเช่นกัน แม้ว่าโปรตีนในผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะไม่ได้มาจากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวก็ตาม (Iheanyichukwu et al., 2025) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งมีคุณสมบัติแคลอรี่ต่ำจากการใช้สารให้ความหวานจากหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล ถือเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารในผลิตภัณฑ์ให้มีโปรตีนสูงและพลังงานต่ำ เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการลดการบริโภคน้ำตาล และต้องการบริโภคของว่างที่ให้โปรตีนสูงส่งผลดีต่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไซรัปหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์

การศึกษาปริมาณการทดแทนไซรัปหญ้าหวานที่เหมาะสมในการผลิตธัญพืชอัดแท่งจากการศึกษาการคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตธัญพืชอัดแท่ง โดยนำสูตรข้าวโอ๊ตบาร์พื้นฐานมาศึกษาอัตราส่วนการทดแทนไซรัปหญ้าหวานปริมาณ ร้อยละ 0 30 50 และ 70 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไปวัดค่าสี L* a* และ b* วัดปริมาณน้ำอิสระ วัดค่าความชื้น และวิเคราะห์คุณค่าทางกายภาพ และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

ในการศึกษาการใช้ไซรัปหญ้าหวานทดแทนกลูโคสไซรัปในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ มีขั้นตอนการเตรียมดังต่อไปนี้

นำไซรัปหญ้าหวาน (มีส่วนประกอบของ มัลติตอลไซรัป (INS965ii) ร้อยละ 99 สารสกัดใบหญ้าหวานสตีวิออลไกลโคไซด์ (INS960) ร้อยละ 1) (ยี่ห้อ กรีนสวีท โลตัส จังหวัดสุรินทร์) ผสมกับน้ำเชื่อม (ยี่ห้อ มิตรผล โลตัส จังหวัดสุรินทร์) ใส่กระทะทองเหลือง ตั้งไฟอ่อน (อุณหภูมิ 80°C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง) เคี่ยวจนเหนียว นำขึ้นมาพักไว้ ชั่งของแห้งตามอัตราส่วนแสดงใน Table 1 จากนั้นเติมส่วนผสมที่เป็นของแห้งลงไปอ่างผสมจากนั้นค่อย ๆ เติมไซรัปจากข้อ 1 ลงไปคลุกเคล้าให้เข้ากันจนทั่วส่วนผสมของแห้ง ชั่งส่วนผสม 20 g อัดลงพิมพ์ขนาด 1x2 เซนติเมตร และแกะออกจากแม่พิมพ์ใส่ลงในถาดสแตนเลท เพื่อนำไปอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (ยี่ห้อ GE-Black รุ่น GE-BLACK44-G2-H, ไทย) อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบแล้วพักให้เย็น เป็นเวลา 15 นาที ก่อนบรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ก่อนนำไปศึกษาคุณภาพในลำดับถัดไป (ดัดแปลงจาก รุ่งฤดี ยุทธศาสตร์ และ คณะ, 2565)

Table 1 Substitution ration of stevia syrup in oat bars

Ingredients	Control	Formulation 1	Formulation 2	Formulation 3
Stevia syrup (%)	0	30	50	70
Caramel syrup (%)	100	70	50	30
Rolled oat (%)	20	20	20	20
Black sesame (%)	10	10	10	10
Pumpkin seeds (%)	10	10	10	10
Sunflower seeds (%)	10	10	10	10

ดัดแปลงจาก เพ็ญศิริ คงสิทธิ์ (2561); ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล และคณะ (2563); รุ่งฤดี ยุทธศาสตร์ และ คณะ (2565)

1.1 ประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนไซรัปหญ้าหวาน

นำผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนไซรัปหญ้าหวาน จำนวน 4 สูตร เตรียมตัวอย่างด้วยการนำข้าวโอ๊ตบาร์หั่นครึ่งให้มีน้ำหนัก 10 กรัม โดยประมาณ ใส่ลงในถ้วยพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างที่ติดรหัสจากตารางสุ่มสำหรับตัวอย่างแต่ละสูตร ซึ่งเสิร์ฟพร้อมน้ำดื่มสำหรับกลั้วปากก่อนชิมตัวอย่างถัดไป จากนั้นนำตัวอย่างมาเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน (ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคโดยใช้เกณฑ์การประเมินการยอมรับ ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบความแข็ง) และความชอบโดยรวม แบบวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด (ดัดแปลงจาก รุ่งฤดี ยุทธศาสตร์ และ คณะ, 2565)

1.2 วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab (รุ่น Ultra Scan VIS; ประเทศ Germany) วัดออกมาเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) จดบันทึกผลการทดลอง (ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ) (ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล และคณะ, 2563)

1.3 วัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ ขนาด 1x2 เซนติเมตร โดยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA.XT.PLUS; ประเทศ Germany) ใช้สภาวะในการวัดโดยกำหนดค่า Pre-Test speed 2 mm/s, Test speed 2.0 mm/s, Post-Test speed 10.0 mm/s, Distance 20.0 mm และ Trigger force 0.04903 N หัววัด P/36 จดบันทึกผลการทดลอง (ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ) (ดัดแปลงจากทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล และคณะ, 2563)

1.4 วัดปริมาณความชื้นโดย เครื่องวัดปริมาณความชื้น (ยี่ห้อ OHAUS รุ่น MB102) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์บดละเอียด จำนวน 3 กรัม แล้วนำไปเข้าเครื่องอ่านค่าปริมาณความชื้นที่ได้ จดบันทึกผลการทดลอง (AOAC, 2000)

2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของโปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์

การศึกษาปริมาณการทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโอ๊ตบาร์จากการศึกษาการ

คัดเลือกสูตรจากหัวข้อที่ 1 ในการผลิตข้าวโอ๊ตบาร์ โดยได้คัดเลือกทั้งหมด 4 สูตร เมื่อได้สูตรที่ดีที่สุด จาก Table 2 ไปหาปริมาณการทดแทนโปรตีนถั่วเหลือง ปริมาณ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 10 15 20 และ 30 (ดัดแปลงจาก ภัคชัญญา ศิริวรรณ, 2561)

ขั้นตอนการเตรียมข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

นำไซรัปหญ้าหวาน (ส่วนประกอบ มัลติตอล ไซรัป (INS965ii) ร้อยละ 99, สารสกัดใบหญ้าหวานสตีวิออลไกลโคไซด์ (INS960) ร้อยละ 1) (ยี่ห้อ กรีนสวีท โลตัส จังหวัดสุรินทร์) ผสมกับน้ำเชื่อม (ยี่ห้อ มิตรผล โลตัส จังหวัดสุรินทร์) และโปรตีนถั่วเหลือง (ยี่ห้อ Yuxin, ประเทศ China) ใส่กระทะทองเหลือง ตั้งไฟอ่อน (อุณหภูมิ 80°C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง) เคี่ยวจนเหนียว นำขึ้นมาพักไว้ ชั่งของแห้งตามอัตราส่วนแสดงใน Table 2 (สูตรที่ผ่านการคัดเลือก) จากนั้นเติมส่วนผสมที่เป็นของแห้งลงไปอ่างผสมจากนั้นค่อย ๆ เติมไซรัปจากข้อ 1 ลงไปคลุกเคล้าให้เข้ากันจนทั่วส่วนผสมของแห้ง ชั่งส่วนผสม 20 g อัดลงพิมพ์ และแกะออกจากแม่พิมพ์ใส่ลงในถาดสแตนเลท เพื่อนำไปอบไล่ความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (ยี่ห้อ GE-Black รุ่น GE-BLACK44-G2-H, ไทย) อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลานำออกจากตู้อบแล้วพักให้เย็น เป็นเวลา 15 นาที ก่อนบรรจุใส่ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ก่อนนำไปศึกษาคุณภาพในลำดับถัดไป (ดัดแปลงจาก รุ่งฤดี ยุทธศาสตร์ และ คณะ, 2565) แล้วนำข้าวโอ๊ตบาร์ไปวัดค่าสี วัดปริมาณน้ำอิสระและวัดความชื้น แล้วนำสูตรที่ดีที่สุดไปหาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน เยื่อใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน

Table 2 Soy protein supplementation ration in oat bars

	Formulations				
	Control	1	2	3	4
Soy protein (%)	0	10	15	20	30
Stevia syrup (%)	30	30	30	30	30
Caramel syrup (%)	70	70	70	70	70
Rolled oat (%)	20	20	20	20	20
Black sesame (%)	10	10	10	10	10
Pumpkin seeds (%)	10	10	10	10	10
Sunflower seeds (%)	10	10	10	10	10

ดัดแปลงจาก ภัคชัญญา ศิริวรรณ (2561)

2.1 วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab (รุ่น Ultra Scan VIS; ประเทศ Germany) วัดออกมาเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) จดบันทึกผลการทดลอง (ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ) (ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล และคณะ, 2563)

2.2 วัดค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ขนาด 1x2 เซนติเมตร โดยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA.XT.PLUS; ประเทศ Germany) ใช้สภาวะในการวัดโดยกำหนดค่า Pre-Test speed 2 mm/s, Test speed 2.0 mm/s, Post-Test speed 10.0 mm/s, Distance 20.0 mm และ Trigger force 0.04903 N หัววัด P/36 จดบันทึกผลการทดลอง (ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ) (ดัดแปลงจาก ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล และคณะ, 2563)

2.3 วัดปริมาณความชื้นโดย เครื่องวัดปริมาณความชื้น (ยี่ห้อ OHAUS รุ่น MB102) วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์บดละเอียด จำนวน 3 กรัม แล้วนำไปเข้าเครื่องอ่านค่าปริมาณความชื้นที่ได้จดบันทึกผลการทดลอง (AOAC, 2000)

2.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ดีที่สุด ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการ AOAC (2000)

2.5 วิเคราะห์ค่าพลังงาน โดยการคำนวณจากสูตรตามวิธี (AOAC, 2000)

%คาร์โบไฮเดรต %ไขมัน และ %โปรตีน นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตรเปอร์เซ็นต์พลังงาน

= คาร์โบไฮเดรต x 4 + ไขมัน x 9 + โปรตีน x 4

3. วิเคราะห์ผลการทดลองทางด้านสถิติ

การศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกหรือบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) การศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ วิเคราะห์การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ตลอด (Completely randomized design, CRD) และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ดีที่สุด วางแผนการทดลองด้วยวิธีการ t-test ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของไซรัปหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์

จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และ ความชอบโดยรวมของการทดแทนไซรัปหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scaling test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน พบว่า คะแนนการยอมรับด้าน สี กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 1 (ตัวอย่างควบคุม) 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้รับคะแนนด้านสีอยู่ในช่วง 6.50-6.96 คะแนนด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 5.96-7.03 และคะแนนด้านรสชาติอยู่ในช่วง 6.76-7.40 นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสในสูตรที่ 3 มีคะแนนสูงสุด มีค่าเท่ากับ 7.56 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 6.20 และ 6.66 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 7.30 และผลการประเมินทางด้านประสารทสัมผัสของคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวม แสดงให้เห็นว่า คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 7.66 ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรทดแทนอื่น ๆ เนื่องจากการทดแทนไซรัปหญ้าหวาน ปริมาณร้อยละ 50 เข้าไปในส่วนผสมของคาราเมลทำให้คาราเมลมีรสชาติหวานกลมกล่อม ไม่หวานแหลมจนเกินไป รวมทั้งส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของซีเรียลบาร์มีลักษณะที่ไม่แข็ง และเหนียวจนเกินไป ซึ่งเป็นลักษณะความกรอบที่เหมาะสมกับที่ผู้บริโภคยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงกมล ตั้งสถิตพร และคณะ (2562) ได้ศึกษาการทดแทนหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวพองอัดแท้ง พบว่า การใช้หญ้าหวานร้อยละ 50 ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์สูงสุดด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม (Table 3)

Table 3 Sensory evaluation scores of stevia syrup substituted – oat bars (0, 30, 50, and 70% substitution)

Samples	Sensory Characteristics				
(% stevia substitution)	Color^{ns}	Aroma^{ns}	Taste^{ns}	Texture	Overall liking
Control (0%)	6.73±1.28	6.53±1.59	7.06±1.48	6.20±1.76^{c}	6.73±1.32^{c}
30%	6.50±1.81	5.96±2.07	6.76±1.92	6.66±1.93^{b}	6.86±1.37^{c}
50%	6.96±1.52	7.03±1.58	7.40±1.56	7.56±1.54^{a}	7.66±1.59^{a}
70%	6.63±1.45	6.63±1.40	7.10±1.68	7.30±1.53^{a}	7.26±1.59^{b}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-c}$ are significantly different ($p \leq 0.05$); ^{ns} indicates no significant differences between the values within the same column ($p > 0.05$).

จาก Table 4 ผลของการวิเคราะห์ค่าสี ได้แก่ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของการทดแทนไซรัปหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ อัตราส่วน ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 30 50 และ 70 พบว่า ค่า L* ของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 43.22-48.19 เนื่องจากในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊บาร์ทั้ง 4 สูตร มีส่วนผสมที่เหมือนกัน ได้แก่ ข้าวโอ๊ต งาดำ เมล็ดฟักทอง และเมล็ดทานตะวัน ซึ่งส่วนผสมต่าง ๆ ที่เติมเข้าไปเหมือนกันในสัดส่วนที่เหมือนกันจึงส่งผลให้ไม่มีความ

แตกต่างกันของค่าความสว่าง ทั้งนี้ในแต่ละสูตรมีการเติมส่วนผสมของไซรัปหญ้าหวานที่แตกต่างกัน แต่ด้วยลักษะปรากฏของไซรัปหญ้าหวานที่ไม่มีสีจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของผลิตภัณฑ์ (Silva et al., 2024) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่า a* ของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 3 มีแนวโน้มความเป็นสีแดงสูง เท่ากับ 1.15 ใกล้เคียงกับสูตรที่ 4 มีแนวโน้มความเป็นสีแดงสูงที่สุด เท่ากับ 1.30 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรทดแทนอื่น ๆ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 3 มีแนวโน้มสูง มีค่าเท่ากับ 8.70 ใกล้เคียงกับสูตรที่ 4 มีแนวโน้มสูงที่สุด เท่ากับ 8.76 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าความเป็นสีแดง และ สีเหลือง ของสูตรที่ 3 และ 4 ที่มีแนวโน้มสูงที่สุด โดยลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์มีดังแสดง Figure 1 เนื่องจากการผสมน้ำตาลและไซรัปหญ้าหวานแล้วนำไปให้ความร้อนจนทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (Caramelization) คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization) ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เรียกว่า คาราเมล (Caramel) รวมทั้งส่งผลให้มีสีลักษณะของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีเหลืองอมน้ำตาลเล็กน้อย ดังนั้นเมื่อเพิ่มน้ำเชื่อมไซรัปหญ้าหวานเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดง และเหลืองจึงสูงขึ้นตามไปด้วย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2558)

Table 4 Color values: brightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) of stevia-substituted oat bars (0%, 30%, 50%, and 70%)

Samples (% stevia substitution)	Color values		
	L^{*ns}	a*	b*
Control (0%)	48.19±0.12	0.59±0.01^{b}	6.86±0.03^{d}
30%	43.22±0.01	1.06±0.11^{bc}	7.31±0.03^{c}
50%	43.97±5.67	1.15±0.14^{b}	8.70±0.09^{b}
70%	45.15±0.77	1.30±0.01^{a}	8.76±0.06^{a}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-d}$ are significantly different ($p \leq 0.05$); ^{ns} indicates no significant differences between the values within the same column ($p > 0.05$).



Figure 1 Appearance of stevia-substituted oat bars at 0%, 30%, 50%, and 70%

ผลของการวิเคราะห์ค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของการทดแทนไซรัปหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ อัตราส่วน ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 30 50 และ 70 ผลปรากฏว่าเมื่อเติมไซรัปหญ้าหวานทดแทนค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสูตรที่ 2 3 และ 4 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติจากสูตรที่ 1 (สูตรควบคุม) โดยผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.92 โดยมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับสูตรทดแทนสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.89 และทั้งสูตร 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทน พบว่า ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทน สูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.32 โดยมีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 0.39 ทั้งนี้ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรทดแทนสูตรที่ 3 และ 4 มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 0.25 และ 0.26 ตามลำดับ เนื่องจากในไซรัปหญ้าหวานมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง รวมทั้งในน้ำตาลกลูโคสที่เสริมเข้าไปก็มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ถึง ร้อยละ 80 ซึ่งไซรัปหญ้าหวานและน้ำตาลกลูโคสเป็นมีค่าความหนืดสูง และมีความสามารถในการดูดซับความชื้น หรือน้ำในอาหารไว้ภายในโครงสร้างได้สูงจึงส่งผลให้มีค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระสูงเมื่อมีแนวโน้มของปริมาณไซรัปสูงขึ้นตามไปด้วย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2557) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวรรณ เพ็งชัย และคณะ (2567) ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวข้าวเหนียวแดงบาร์ โดยใช้น้ำสตรอเบอรี่เข้มข้นทดแทนกลูโคสไซรัปส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระสูงขึ้น เท่ากับ ร้อยละ 5.17 และ 0.37 ตามลำดับ เนื่องจากน้ำสตรอเบอรี่เข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าสูง ซึ่งสตรอเบอรี่เข้มข้นมีความหนืดสูงสามารถกักเก็บความชื้นไว้ภายในโครงสร้างได้ดี (ดังแสดงใน Table 5)

Table 5 Moisture contents and water activity (a_w) of stevia-substituted oat bars (0%, 30%, 50%, and 70%)

Samples	Chemical Characteristics	
(% stevia substitution)	**Moisture content (%)**	**Water activity (a_w)**
Control (0%)	1.45 ± 0.04^{c}	0.25 ± 0.006^{c}
30%	2.37 ± 0.12^{b}	0.26 ± 0.008^{c}
50%	2.92 ± 0.04^{a}	0.32 ± 0.035^{ab}
70%	2.89 ± 0.03^{a}	0.39 ± 0.007^{a}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-c}$ are significantly different ($p\leq0.05$).

จาก Table 6 ผลของการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียวแน่น (Gumminess) ค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness) และค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) วิเคราะห์จากเครื่อง Texture analysis ของการทดแทนไซรัปหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ ในอัตราส่วนร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 30 50 และ 70 พบว่า เมื่อปริมาณไซรัปหญ้าหวานสูงขึ้นขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์มีแนวโน้มลดลง และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าความแข็งของสูตรทดแทนสูตรที่ 4 มีค่าความแข็งต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 223.68 นิวตัน รองลงมาเป็นสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 373.45 นิวตัน ผลการวิเคราะห์ค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวาน พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานในปริมาณสูงขึ้นส่งผลให้ค่าการยึดเกาะกันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนหญ้าหวานสูตรที่ 4 มีค่าการยึดเกาะสูงที่สุด เท่ากับ 0.045 นิวตัน และรองลงมา คือ สูตรทดแทนหญ้าหวานสูตรที่ 3 เท่ากับ 0.032 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าสูตรควบคุมมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 0.017 นิวตัน ($p\leq0.05$) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ ค่าทนต่อการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวาน พบว่า ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรที่ทดแทนไซรัป สูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 277.23 นิวตัน และ สูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 105.22 นิวตัน จากการวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวแน่นของสูตรที่ 4 มีค่าสูงกว่าสูตรทดแทนอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 22.66 และ 23.54 รองลงมาคือ สูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 19.71 และ 21.83 ($p\leq0.05$) เนื่องจากการเพิ่มปริมาณไซรัปหญ้าหวานในปริมาณสูงขึ้นนั้นจะส่งผลให้คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์มีค่าเปลี่ยนแปลงไป เพราะไซรัปหญ้าหวานมีลักษณะของกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่มีความยืดหยุ่นสูง เมื่อนำไซรัปหญ้าหวานมาเพิ่ม

ในผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์มากขึ้นจะส่งผลให้มีค่าความแข็งและค่าทนต่อการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง รวมทั้งส่งผลให้ค่าความยืดหยุ่น ค่าความเหนียวแน่น และค่าการยึดเกาะกันมีค่าสูงขึ้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์., 2558)

Table 6 Textural characteristics: hardness, springiness, gumminess, cohesiveness, and chewiness of stevia-substituted oat bars (0%, 30%, 50%, and 70%)

Samples (% stevia substitution)	Textural characteristics				
	Hardness (N)	Springiness	Gumminess	Cohesiveness (N)	Chewiness
Control (0%)	2509.26±1.01^{a}	14.35±1.26^{d}	15.44±1.35^{d}	0.017±0.11^{d}	140.61±1.55^{b}
30%	466.85±1.7^{b}	16.23±7.20^{c}	18.81±2.66^{c}	0.021±0.09^{c}	277.23±1.17^{a}
50%	373.45±1.63^{c}	19.71±2.80^{b}	21.83±5.88^{b}	0.032±0.04^{b}	127.94±2.71^{c}
70%	223.68±1.7^{d}	22.66±5.01^{a}	23.54±2.12^{a}	0.045±0.03^{a}	105.22±2.11^{d}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-d}$ are significantly different ($p \leq 0.05$).

2. ผลของการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานในอัตราส่วน ร้อยละ ร้อยละ 0 (ควบคุม) 10 15 20 และ 30

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์เสริมโปรตีนถั่วเหลือง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วง 32.91-45.96 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าสูตรควบคุมมีค่าความสว่าง เท่ากับ 48.20 สอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.09-1.47 และ 7.50-9.76 ตามลำดับ โดยมีค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองสูงกว่าสูตรควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.57-6.87 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากลักษณะปรากฏของโปรตีนถั่วเหลืองมีสีขาวปนเหลืองเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากสีของถั่วเหลืองที่เป็นสีธรรมชาติของวัตถุดิบเริ่มต้น แต่เมื่อผ่านกระบวนการสกัดโปรตีนจะมีลักษณะสีเหลืองที่อ่อนลงจนผลิตภัณฑ์สุดท้ายของโปรตีนถั่วเหลืองที่ได้มีลักษณะเป็นสีขาวปนเหลืองเล็กน้อย (วันเพ็ญ มีสมญา, 2543) เมื่อนำโปรตีนถั่วเหลืองมาผสมลงในผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์ในปริมาณสูงขึ้นจึงทำให้ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ดัง Table 7 และ Figure 2

Table 7 Color values: brightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) of stevia-substituted oat bars supplemented with soy protein (0%, 10%, 15%, 20% and 30%)

Samples (% soy protein fortification)	Color values		
	L*	a*	b*
Control (0%)	48.20±0.11^{a}	0.57±0.10^{d}	6.87±0.12^{d}
10%	32.91±0.48^{c}	1.09±0.16^{c}	7.50±0.72^{c}
15%	33.34±0.82^{d}	1.19±0.06^{c}	7.62±0.58^{c}
20%	35.14±0.29^{c}	1.35±0.01^{ab}	9.00±0.03^{b}
30%	45.96±0.30^{b}	1.47±0.04^{a}	9.76±0.16^{a}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-d}$ are significantly different ($p \leq 0.05$); ^{ns} indicates no significant differences between the values within the same column ($p > 0.05$).



Figure 2 Appearance of stevia-substituted oat bars supplemented with soy protein at 0%, 10%, 15%, 20%, and 30%

จาก Table 8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง พบว่าปริมาณค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์เสริมโปรตีนถั่วเหลืองในทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ 5 มีค่าความชื้นสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.95 และผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรที่ 2 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 2.35 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรเสริมโปรตีนสูตรอื่น ๆ แต่มีค่าความชื้นสูงกว่าสูตรที่ 1 (ควบคุม) มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 1.45 ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์เสริมโปรตีนถั่วเหลืองทุกสูตรมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสูตรที่ 5 มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงที่สุด เท่ากับ 0.35 และ สูตรที่ 2 มีค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด เท่ากับ 0.27 แต่มีค่าปริมาณน้ำอิสระสูงกว่าสูตรที่ 1 (ควบคุม) เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ดี คือ การรับน้ำหรือความชื้นเข้าไปไว้ในโครงสร้างของโปรตีน และกักเก็บน้ำส่วนที่ยึดเหนี่ยวกับโครงสร้างอาหารไว้อย่างดี (สุชาวดี ท้วมจันทร์, 2568) จึงส่งผลให้ค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองที่มากขึ้น ซึ่งปริมาณค่าความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์เสริมโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของอาหารแห้ง คือ ความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 14 และ ค่าปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่า 0.6 (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2557)

Table 8 Moisture contents and water activity (a_w) of stevia-substituted oat bars supplemented with soy protein (0%, 10%, 15%, 20% and 30%)

Samples (% soy protein fortification)	Chemical Characteristics	
	Moisture content (%)	Water activity, a_w
Control (0%)	1.45 ± 0.04^{d}	0.25 ± 0.01^{c}
10%	2.35 ± 0.13^{c}	0.27 ± 0.01^{b}
15%	2.38 ± 0.11^{c}	0.28 ± 0.02^{b}
20%	2.90 ± 0.05^{b}	0.30 ± 0.02^{a}
30%	2.95 ± 0.03^{a}	0.35 ± 0.00^{a}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-c}$ are significantly different ($p \leq 0.05$); ^{ns} indicates no significant differences between the values within the same column ($p > 0.05$).

จาก Table 9 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ค่าความเหนียวแน่น (Gumminess) ค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness) และค่าทนต่อการเคี้ยว (Chewiness) ด้วยเครื่อง Texture analyzer ของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ในอัตราส่วน

ร้อยละ 0 (ควบคุม) 10 15 20 และ 30 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองมากขึ้นจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์มีแนวโน้มของค่าความแข็งลดลง โดยสูตรที่ 2 (ร้อยละ 10) มีค่าความแข็งสูงที่สุด เท่ากับ 528.51 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรทดแทนอื่น ๆ และมีค่าความแข็งน้อยกว่าสูตรควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2509.26 นิวตัน ($p \leq 0.05$) จากผลการวิเคราะห์ค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าการยึดเกาะของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง โดยสูตรเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสูตรที่ 2 มีค่าการยึดเกาะสูงที่สุด เท่ากับ 9.04 นิวตัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรเสริมอื่น ๆ สอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าทนต่อการเคี้ยว พบว่า ข้าวโอ๊ตบาร์สูตรที่ 2 มีค่าทนต่อการเคี้ยวสูงที่สุด เท่ากับ 325.90 นิวตัน ซึ่งสูงกว่าสูตรเสริมอื่น ๆ และมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม มีค่าเท่ากับ 158.45 นิวตัน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวแน่นของผลิตภัณฑ์สูตรเสริมสูตร 2 มีค่าเท่ากับ 14.95 และ 15.44 ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในการเพิ่มปริมาณโปรตีนเข้าไปในส่วนผสมปริมาณมากเมื่อโดนความร้อนจากการคาราเมลและจากการให้ความร้อนของการอบส่งผลให้โปรตีนมีการกักเก็บความชื้นไว้ภายในโครงสร้างจำนวนมาก นอกจากนี้การเกิดพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างของส่วนประกอบ และปฏิสัมพันธ์แบบไม่ชอบน้ำร่วมกับบทบาทของไซรัปในฐานะตัวประสาน จะส่งเสริมการสร้างโครงข่ายโปรตีน-คาร์โบไฮเดรต ไซรัปทำหน้าที่เป็น plasticizer และตัวประสาน (binder) ช่วยกักเก็บโปรตีนและอนุภาคของข้าวโอ๊ตไว้ในโครงสร้างเดียวกันทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่ Cohesive มากขึ้น ทำให้ข้าวโอ๊ตบาร์มีโครงสร้างที่แข็งแรง ยึดเกาะดี และมีเนื้อสัมผัสที่แข็งแรงแต่เปราะ ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะที่เกิดจากความแข็งแกร่งของพันธะภายในที่เกิดขึ้นในชิ้นตัวอย่างแล้วทำให้ตัวอย่างทนต่อแรงที่มากระทำก่อนที่ตัวอย่างจะขาดหรือแยกออกจากกัน และค่าระยะเวลานานที่ใช้ในการเคี้ยวบดตัวอย่างที่เป็นของแข็งในอัตราการเคี้ยวที่คงที่จนกระทั่งสามารถที่จะกลืนได้มีค่าลดลง (ขัตติยาภรณ์ เงินชัยโรจน์, 2567; Foegeding, & Davis, 2011)

Table 9 Textural characteristics: hardness, springiness, gumminess, cohesiveness, and chewiness of stevia substituted oat bars supplemented with soy protein (0%, 10%, 15%, 20% and 30%)

Samples (% soy protein fortification)	Textural characteristics				
	Hardness (N)	Springiness	Gumminess	Cohesiveness	Chewiness
Control (0%)	2509.26±7.01^{a}	16.14±3.51^{a}	17.68±3.02^{a}	0.01±0.11^{e}	158.45±2.41^{c}
10%	528.51±2.39^{b}	14.95±3.18^{b}	15.44±4.69^{b}	9.04±2.25^{a}	325.90±2.30^{a}
15%	448.61±2.19^{b}	12.52±3.47^{c}	13.84±3.66^{c}	7.36±2.24^{b}	207.79±2.15^{b}
20%	301.33±6.18^{c}	10.86±3.79^{d}	10.93±3.43^{d}	3.45±0.63^{d}	130.76±2.11^{d}
30%	295.55±1.10^{c}	7.61±3.11^{e}	8.42±3.15^{e}	4.34±1.26^{c}	105.10±2.72^{e}

Notes: Values are expressed as mean±SD. Means in the same column with different superscript letters, $^{a-e}$ are significantly different ($p \leq 0.05$); ^{ns} indicates no significant differences between the values within the same column ($p > 0.05$).

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และค่าพลังงานของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 10 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร สูง มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 21.81 1.24 8.30 และ 2.51 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากในส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองที่มีการเสริมเข้าไปมีคุณค่าทางสารอาหารที่สูงจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรตีน ใยอาหาร และเถ้า เป็นต้น รวมทั้งให้พลังงานต่ำกว่าสูตรควบคุมด้วย ($p \leq 0.05$) (Table 10)

Table 10 Proximate analysis of stevia-substituted oat bars supplemented with soy protein (0% and 10%)

Chemical composition	Samples (% soy protein fortification)	
	Control (0%)	10%
Moisture content (%)	5.34±0.18	7.39±0.02*
Crude protein (%)	6.23±4.0	21.81±3.7*
Crude fat (%)	1.12±0.01	1.24±0.01*
Dietary fiber (%)	2.39±0.03	8.30±0.02*
Ash (%)	2.32±0.01	2.51±0.03*
Carbohydrate (%)	82.60±3.88*	58.75±3.73
Energy (kilocalories)	365.42±0.64*	311.89±0.28

Notes: Values are expressed as mean±SD. Mean in the same row with * is significantly different ($p \leq 0.05$) from another mean value.

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาปริมาณไซรัปหญ้าหวาน อัตราส่วนร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 30 50 และ 70 ในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ โดยศึกษาคุณภาพดังการทดลองการคัดเลือกสูตรมาตรฐาน ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ซีเรียลบาร์สูตรทดแทนไซรัปหญ้าหวาน ร้อยละ 50 มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด และมีค่าความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปศึกษาในการทดลองถัดไป นอกจากนี้ในการนำผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์สูตรทดแทนไซรัป ร้อยละ 50 มาทำการการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานในอัตราส่วน ร้อยละ 0 (ควบคุม) 10 15 20 และ 30 พบว่าผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง อัตราส่วน ร้อยละ 10 มีคะแนนการยอมรับทางด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำอิสระอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง และมีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และค่าทนต่อการเคี้ยวอยู่ในระดับที่เหมาะสมจึงเป็นสูตรที่ดีที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า ใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และค่าพลังงาน ของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 10 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ทดแทนไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง ร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร สูงกว่าสูตรควบคุม และมีค่าพลังงานที่ต่ำกว่าซีเรียลบาร์สูตรทั่วไป (ควบคุม)

ข้อเสนอแนะ

การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในระดับที่สูงกว่า ร้อยละ 10 ส่งผลกระทบต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลิ่นเฉพาะตัวของโปรตีนถั่วเหลืองที่ส่งผลต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการต่อยอดโดยศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตบาร์ไซรัปหญ้าหวานเสริมโปรตีนถั่วเหลือง เพื่อประเมินความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์สำหรับการพัฒนาเชิงพาณิชย์ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุน สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ขัตติยาภรณ์ เงินชัยโรจน์. (2567). *การพัฒนาส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมสำเร็จรูปเสริมโปรตีนจากข้าวรวงอ่อนสำหรับผู้สูงอายุ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชลธิชา จันทร์วิบูล. (26 สิงหาคม 2565). *สูตรและกระบวนการทำผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแห่ง*. https://www.wongnai.com/

ดวงกมล ตั้งสถิตพร, ปัญจพล อะโสต และ ณัฐนรี ประดิษฐ์. (2562). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่กึ่งสำเร็จรูปจากหญ้าหวาน. *วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 1*(1), 62-71.

ทุติยาภรณ์ จิตตะปาโล, วราภรณ์ วิทยาภรณ์ และ วีระพงศ์ วิรุฬห์ธนกฤษณ์. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชแท่งจากข้าวกล้องอินทรีย์หัก. *รายงานการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์.* มหาวิทยาลัยพายัพ.

ธนวรรณ เพ็งชัย, ศยามน ปริยาจารย์, เอกชัย จารุเนตรวิลาส, แสนสงค์ โนนสว่าง และ ปณิดา จันทร์เขียว. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวแดง (Oryza sativa var. glutinosa). *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 3*(1), 13-22.

เพ็ญศิริ คงสิทธิ์. (2561). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งจากข้าว. *รายงานการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (20 มีนาคม 2557). *Water activity / แอคติวิตี*. http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0551/water-activity.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (18 มีนาคม 2558). *ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล.* http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0223/caramelization

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (11 มีนาคม 2558). *ไซรัป.* http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1274

ภัคชัญญา ศิริวรรณ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เสริมโปรตีนจากไข่และถั่วเหลือง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

รุ่งฤดี ยุทธศาสตร์, ธัญญาภรณ์ บุญยืน, วิไล ศรีวิชา และ ฉลอง พระลักษณ์. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่งซอสมะขามและกระเจี๊ยบ. *วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*, *1*(2), 81-92.

วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร. (2563). *วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพให้แคลอรีต่ำ. การประชุมวิชาการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร (กวป.).* กรมวิชาการเกษตร.

วันเพ็ญ มีสมญา. (2543). ถั่วเหลืองในสหัสวรรษใหม่. *อาหาร, 30*(1): 52-58.

สุชาวดี ท้วมจันทร์. (2568). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองรสช็อกโกแลตสูตรโปรตีนสูง. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี, 3*(1), 37-45.

AOAC (2000) *Official methods of analysis. 17th edition, the association of official analytical chemists*. Gaithersburg, MD, USA.

Civille, G.V. and Szczesniak, S. (1973). Guidelines to training a texture profile panel. *Journal Texture Stud. Journal of Texture Studies, 4*(2), 204-223. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1973.tb00665.x

Foegeding, E. A., & Davis, J. P. (2011). Food protein functionality: A comprehensive approach. *Food Hydrocolloids*, *25*(8), 1853–1864. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.05.008

Iheanyichukwu, U., Chioma, Ibeji, Emmanuel, N., Daisy, O. A., & Tuaegwuchukwu, A. T. J. (2025). Evaluation of sorghum-oat-soybean ready-to-use therapeutic food (RUTF) on nutritional recovery and biochemical profiles in rats. *Journal of Agriculture, Aquaculture, and Animal Science (JAAAS)*, *2*(1), 7-14. https://doi.org/10.69739/jaaas.v2i1.197

Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. (2024). Sweetener food additives: A synoptical overview on their chemical properties, applications in food products and side effects. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 35*(12), 1-16. https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.3202

Liu, Z. M., Chen, Y. M., Ho, S. C., & Woo, J. (2024). Effects of soy protein and isoflavones on glycemic control and insulin sensitivity: A 6-mo double-blind, randomized, placebo-controlled trial in postmenopausal Chinese women with prediabetes or untreated early diabetes. *American Journal of Clinical Nutrition*, *91*(5), 1394-1401.https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28813