การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีลดพลังงานด้วยหญ้าหวาน

Development of Reduced Calorie Strawberry Crispy Jelly Product with Stevia

อภิชชญา มัยตรีเดช, ปานจิต ป้อมอาสา, วิสันต์ บุญสาร และ สิริมา เถกิงวงศ์ตระกูล*

Apichaya Maitreedech, Panjit Pomasa, Wisan Boonsan and Sirima Takeungwongtrakul*

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Department of Agricultural Education, Faculty of Industrial Education and Technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Received : 30 May 2019

Revised : 3 September 2019

Accepted : 6 September 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ โดยใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง โดยทำการศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้น (ความเข้มข้นร้อยละ 40-100 (น้ำหนัก/น้ำหนัก)) และการใช้หญ้าหวานทดแทนการใช้น้ำตาลทราย (ทดแทนร้อยละ 25-100 (น้ำหนัก/น้ำหนัก)) ต่อสูตรพื้นฐานของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่คัดเลือกได้ พบว่าการใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นร้อยละ 80 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และหญ้าหวานแทนน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 25 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด โดยได้คะแนนความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์เท่ากับ 7.22 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคให้การยอมรับแก่ผลิตภัณฑ์นี้ในเกณฑ์ที่ดี

คำสำคัญ : น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รี, วุ้นกรอบ, หญ้าหวาน

Abstract

The aim of this research was to develop low-calorie strawberry crispy jelly products from concentrated strawberry syrup that is by-product from frozen strawberry industry. Based on the selected standard formula of strawberry crispy jelly, the concentration of strawberry syrup (40-100 % (w/w)) and stevia supplementation (25-100% (w/w)) of sucrose used in low calories crispy jelly product were studied. From a result, the appropriate strawberry syrup concentration was 80% (w/w) with stevia supplement of 25% (w/w) of sucrose used had the highest consumer acceptance with liking score of 7.22. It was suggested that consumer like product very much.

Keywords : concentrated strawberry syrup, crispy jelly, stevia

***Corresponding author. E-mail** : sirima.ta@kmitl.ac.th

บทนำ

สตรอว์เบอร์รีในประเทศไทยนิยมปลูกเพื่อการค้ามีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์พระราชทาน 50 พันธุ์พระราชทาน 70 และพันธุ์พระราชทาน 80 เป็นต้น โดยผลของสตรอว์เบอร์รีมีรสชาติตั้งแต่เปรี้ยว-หวานแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และระดับความสุก สตรอว์เบอร์รีมีสารที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อร่างกายต่าง ๆ เช่น โพลีฟีนอล วิตามินซี วิตามินเอ โฟเลต และแอนโธไซยานิน เป็นต้น ซึ่งช่วยลดการเกิดมะเร็ง ช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน มีส่วนในการสร้างคอลลาเจน (Sogvar *et al.,* 2016) สตรอว์เบอร์รีจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญโดยเฉพาะตอนเหนือของประเทศไทย โดยสตรอว์เบอร์รีอุดมไปด้วยประโยชน์มากมาย อย่างไรก็ตาม สตรอว์เบอร์รีเสื่อมเสียและบอบช้ำได้ง่าย จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งการแช่เยือกแข็งสตรอว์เบอร์รีเป็นอีกวิธีหนึ่งในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลสตรอว์เบอร์รีให้นานขึ้น ซึ่งการทำสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง จะนำผลสตรอว์เบอร์รีคลุกกับน้ำตาลก่อนนำไปเข้าสู่กระบวนการลดอุณหภูมิเพื่อแช่เยือกแข็ง ทำให้เกิดเป็นน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นขึ้นภายหลังจากการทำละลายสตรอเบอร์รีแช่เยือกแข็ง ทำให้เกิดน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีขึ้นซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปสตรอเบอร์รีแช่เยือกแข็ง

วุ้นกรอบ เป็นอาหารที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อเป็นของฝาก หรือรับประทานเป็นอาหารว่าง วุ้นกรอบมีลักษณะเป็นรูปทรงต่าง ๆ เช่น ก้อนสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือตามแบบพิมพ์ที่ใช้ ผิวด้านนอกมีเกล็ดน้ำตาลเคลือบ มีสีสันสวยงาม และมีกลิ่นหอม วุ้นกรอบเป็นอาหารที่รับประทานง่ายจึงเหมาะกับทุกเพศทุกวัย ส่วนประกอบของวุ้นกรอบเป็นผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งทำจากผงวุ้น และน้ำตาลทราย โดยนำส่วนผสมมาผ่านการให้ความร้อน จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดเจล นอกจากนี้ มีการนำน้ำผลไม้ต่าง ๆ มาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตวุ้นกรอบให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งยังเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับวุ้นกรอบด้วย (Nonthasawadsri & Chankum, 2014) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเล็งเห็นประโยชน์ของการนำน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นจากโรงงานแปรรูปสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็งมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำวุ้นกรอบรสสตรอเบอร์รี เพื่อเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษเหลือจากโรงงานแปรรูปสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง นอกจากนี้ การบริโภคขนมหวานในปัจจุบันของกลุ่มคนบางกลุ่ม เช่น กลุ่มผู้รักสุขภาพ กลุ่มผู้ควบคุมน้ำหนัก และกลุ่มผู้ป่วยเบาหวาน เป็นต้น ซึ่งมีความต้องการลดปริมาณน้ำตาลในร่างกายลง แต่ยังคงมีความต้องการรับประทานรสหวานอยู่ จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดนำสารให้ความหวานมาทดแทนปริมาณน้ำตาลในวุ้นกรอบ ซึ่งในการทดลองนี้คือหญ้าหวาน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มดังกล่าว โดยหญ้าหวาน หรือ stevia เป็นพืชที่มีคุณสมบัติเป็นรสหวานที่ไม่ก่อให้เกิดพลังงาน และเป็นสารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลที่มีใช้กันมามากกว่า 20 ปีในประเทศญี่ปุ่นและบราซิล ในหญ้าหวานมีสารประกอบ glycoside อยู่มากถึง 88 ชนิด โดยมีสารสำคัญคือ rebaudiosides A, B, C, D, E, dulcoside A และ stevioside เป็นต้น สาร stevioside เป็นสารที่มีรสหวานจัด โดยมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 100-300 เท่า (Melis *et al.*, 1985) Dutra และ Bolini (2013) ทำการศึกษาการใช้หญ้าหวานทดแทนการใช้น้ำตาลในน้ำหวานเชอรี่ (Acerola Cherry) พบว่าการเติมสารสกัดหญ้าหวานปริมาณร้อยละ 0.1 ได้รับการคะแนนความชอบจากผู้บริโภคอยู่ในเกณฑ์ที่ดี กล่าวคือได้คะแนนด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม โดยได้คะแนนด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าสูตรควบคุมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่ Rocha และ Bolini (2015) ได้ทำการศึกษาการใช้สารทดแทนความหวานประกอบด้วย แอสพาร์แทม (aspartame) ซูคาร์โลส (sucralose) นีโอแทม (neotame) แซคคาร์ริน (saccharin) และสารสกัดหญ้าหวาน (stevia extract) พบว่า แอสพาร์แทมและซูคาร์โลสสามารถให้ผลดีที่สุดในการใช้แทนน้ำตาล โดยไม่พบความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัสทุกด้าน ในขณะที่การใช้นีโอแทม แซคคาร์รินและสารสกัดหญ้าหวานได้คะแนนด้านกลิ่นรสและความชอบรวมต่ำกว่าสูตรควบคุมที่ใช้น้ำตาล อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยฯ ได้สรุปว่าสาร

ทดแทนความหวานทุกชนิดมีประสิทธิผลที่ดีในการใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เข้มข้น เนื่องจากกลิ่นรสที่เด่นชัดของน้ำผลไม้จะสามารถกลบรสชาติขม (bitter) หรือกลิ่นรสที่คงค้างอยู่ (aftertaste) ของสารทดแทนความหวานได้เป็นอย่างดี จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีจากโรงงานสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง

นำน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีจากบริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม มาตรวจวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix) ด้วย Hand refractometer (N-1E, Atago, Tokyo, China) ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ด้วย pH meter (PB-10, Sartorius, Göttingen, Germany) ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000) ปริมาณวิตามินซี (Babashahi-Kouhanestani *et al.,* 2014) ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Lane & Eynon, 1923)

2. คัดเลือกสูตรพื้นฐานเยลลี่ชนิดอ่อน

คัดเลือกสูตรพื้นฐานในการทำวุ้นกรอบจากฐานข้อมูลวิจัยต่าง ๆ จำนวน 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานในการทำวุ้นกรอบ

สูตร	องค์ประกอบ (Ingredients)					
	ผงวุ้น	แป้งเท้ายายม่อม	น้ำเชื่อมสตอร์เบอร์รี่เข้มข้น	น้ำตาลทรายขาว	น้ำอ้อย	อ้างอิง
1	2.4	3.6	47	47	-	openrice (2018)
2	4.3	-	59.6	36.1	-	Pim's Kitchen (2009)
3	4.2	-	47.7	24.05	24.05	Tantasathien (2017)

วุ้นกรอบสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มีวิธีการทำแสดงดังภาพที่ 1

ชั่งส่วนผสมตามสูตรข้างต้น

↓

นำส่วนผสมมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 60-80 องศาเซลเซียส

↓

กวนผสมให้ส่วนผสมเข้ากันดี

↓

ตักใส่พิมพ์

↓

นำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70-75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 13-15 ชั่วโมง

ภาพที่ 1 กรรมวิธีการผลิตวุ้นกรอบพื้นฐาน

ที่มา: Pim's Kitchen (2009)

จากนั้นนำวุ้นกรอบที่ได้ทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม ซึ่งทำการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน แล้วเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดมาใช้ในขั้นต่อไป

3. ศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีต่อลักษณะของวุ้นกรอบ

เลือกสูตรที่ให้คะแนนความชอบรวมสูงสุดจากข้อ 2 มาศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่ระดับต่างๆ (ร้อยละ 100 80 60 และ 40 โดยน้ำหนัก) โดยให้ปริมาณขององค์ประกอบอื่น ๆ เท่ากันในแต่ละสูตร จากนั้นนำวุ้นกรอบที่ผลิตได้มาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามวิธีของข้อที่ 2

4. ศึกษาผลของสารทดแทนความหวานต่อลักษณะของวุ้นกรอบ

เลือกสูตรที่ให้คะแนนความชอบรวมสูงสุดจากข้อ 3 มาศึกษาผลของสารทดแทนความหวาน คือ หญ้าหวาน (สตีเวีย, Stevia) แบบผง โดยแทนในส่วนของน้ำตาลทรายขาว ที่ระดับต่างๆ (25 50 75 และ 100 โดยน้ำหนัก) โดยให้ปริมาณขององค์ประกอบอื่น ๆ เท่ากันในแต่ละสูตร จากนั้นนำวุ้นกรอบที่ผลิตได้มาทดสอบคุณลักษณะดังนี้

4.1 คุณลักษณะทางกายภาพ

ตรวจวัดค่าสี L^*a^* และ b^*ด้วยเครื่อง HunterLab MiniScan@XE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., USA) และค่าความแข็ง ด้วยเครื่อง TA.XT II texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, England)

4.2 คุณลักษณะทางเคมี

ตรวจวัดค่าความชื้นอิสระ (a_W) ด้วยเครื่อง Water activity meter (Aqualab Series 3TE, Decagon devices Inc., Pullman, WA, USA) ค่า pH ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเยื่อใยด้วยวิธี AOAC (2000) รวมทั้งคาร์โบไฮเดรต โดยคำนวณจากสูตรร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100–ร้อยละของ (โปรตีน + ไขมัน +เถ้า + ความชื้น) และปริมาณพลังงานทั้งหมด โดยการคำนวณจากปริมาณสารอาหารหลัก ทั้งโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต

4.3 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสตามวิธีของข้อที่ 2

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสทำการวางแผนการทดสอบแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบข้อมูลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Rage Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นจากโรงงานสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นที่ได้จากบริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม พบว่า น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ 25.40±1.55 °Brix มีค่า pH 3.21 มีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.18±0.05 ปริมาณวิตามินซีร้อยละ 1.15±0.22 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 22.33±0.91 กรัม/100กรัม และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 0.35±0.02 กรัม/100 กรัม ส่วนค่าสี ทั้งค่า L^* a^* และ b^* มีค่าเท่ากับ 15.15±0.40 12.34±0.24 และ 4.75±0.15 ตามลำดับ

2. การศึกษาสูตรพื้นฐานของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี

ตารางที่ 2 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรพื้นฐาน

สูตร	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
1	6.50 ± 1.36*a+	6.26 ± 1.48b	5.88 ± 1.48a	6.34 ± 1.66a	6.02 ± 1.71a	6.30 ± 1.61a
2	7.06 ± 1.33a	7.22 ± 1.28a	6.16 ± 1.43a	5.92 ± 1.70ab	6.24 ± 1.62a	6.44 ± 1.57a
3	6.48 ± 1.40a	6.72 ± 1.64ab	5.88 ± 1.44a	5.42 ± 1.89b	5.76 ± 1.91a	5.88 ± 1.75a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

+ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาคัดเลือกสูตรพื้นฐานวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีจากฐานข้อมูลวิจัยที่คัดเลือกมาทั้ง 3 สูตร และได้ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ด้วยวิธีการให้คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสแบบ 9 points hedonic scale ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 50 คน จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีทั้ง 3 สูตร มีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยลักษณะความชอบด้านสีของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านสีน้อยกว่าวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านสีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 3 ($p > 0.05$) ส่วนคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่า วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญกับวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 2 แต่วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 1 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้นจากผลการทดลองวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบทุกด้านมากที่สุดจึงทำการเลือกวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 2 มาใช้ในขั้นตอนต่อไป

3. การศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี

ตารางที่ 3 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่ผลิตจากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รี (ร้อยละ)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
40	6.94±1.15*a+	7.14±1.25a	6.34±1.52a	6.54±1.47a	6.56±1.53a	6.80±1.39a
60	6.74±1.19a	7.26±1.17a	6.46±1.39a	6.42±1.42a	6.56±1.33a	6.68±1.10a
80	6.98±1.19a	7.22±1.25a	6.10±1.23a	6.44±1.25a	6.38±1.24a	6.52±1.15a
100	6.70±1.11a	6.66±1.15b	6.08±1.19a	6.20±1.31a	6.28±1.40a	6.50±1.16a

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

+ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่ใช้ในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี โดยทำการเจือจางน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นที่ได้จากโรงงานสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็งออกเป็น 4 ระดับเพื่อลดต้นทุนในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี โดยใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 60 80 และ 100 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่มีต่อวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า วุ้นกรอบที่ผลิตจากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 40-100 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) มีคะแนนความชอบในทุกด้านแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ยกเว้นวุ้นกรอบที่ผลิตจากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 100 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) มีคะแนนความชอบด้านสีที่แตกต่างกับวุ้นกรอบที่ผลิตจากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 40-80 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4. การศึกษาการใช้สารทดแทนความหวานในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ

ตารางที่ 4 คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำที่ใช้หญ้าหวานทดแทนความหวานของน้ำตาลทรายที่ระดับต่างกัน

ระดับการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยสตรีเวีย (ร้อยละ)	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
0 (ชุดควบคุม)	6.86±0.97*a+	6.9±0.97a	6.12±1.18a	6.44±1.14a	6.46±1.01a	6.56±0.99a
25	7.16±0.88a	7.42±1.05a	6.88±1.22a	7.04±1.22a	7.24±1.18a	7.22±0.93a
50	6.28±0.75a	6.32±1.13a	5.78±1.03a	5.72±1.03b	5.82±1.15a	6.02±0.91a
75	6.02±0.97a	6.02±1.05a	5.80±1.04b	5.90±1.30b	6.00±1.34a	6.18±1.00a
100	5.48±0.78a	5.66±0.65b	5.42±0.81b	5.24±0.88b	5.32±0.89a	5.54±0.64b

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

+ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการศึกษาปริมาณของหญ้าหวานที่ใช้เป็นสารทดแทนความหวานของน้ำตาลทรายในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ โดยใช้หญ้าหวานทดแทนน้ำตาลทรายที่ระดับร้อยละ 25 50 75 และ100 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) โดยให้มีความหวานเท่ากับชุดควบคุม (ร้อยละ 0) ที่ใช้น้ำตาลทรายเพียงอย่างเดียว จากนั้นนำไปทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเพื่อให้ทราบถึงความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่ใช้สารทดแทนความหวาน แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่ใช้หญ้าหวานเป็นสารทดแทนความหวานแทนน้ำตาลทรายที่ระดับการทดแทนร้อยละ 0-25 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) เป็นวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านที่สูง ใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่สุดซึ่งเป็นคุณลักษณะที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ภาพที่ 2 วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ

5. การศึกษาคุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ

ตารางที่ 5 คุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ

คุณลักษณะทางเคมีและทางกายภาพ	ผลการวิเคราะห์
ความชื้น (ร้อยละ)	53.46±6.39*
โปรตีน (ร้อยละ)	0.04±0.01
ไขมัน (ร้อยละ)	0.79±0.69
เถ้า (ร้อยละ)	0.27±0.02
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	51.32±1.17
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.59±0.03
ปริมาณวิตามินซี (ร้อยละ)	1.25±0.09
ปริมาณกรดทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	0.69±0.04
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	8.64±1.06
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงค์ (กรัม/100 กรัม)	7.38±0.25
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	206.23±0.25
ค่าความแข็ง (แรงกิโลกรัม)	0.89±0.18
ค่าสี	
*L**	26.53±0.08
*a**	15.42±0.14
*b**	6.62±0.09

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำแสดงดังตารางที่ 5 พบว่า วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำมีปริมาณความชื้นร้อยละ 53.46 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.04 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.79 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.27 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 51.32 ปริมาณใยเยื่อร้อยละ 0.59 ปริมาณวิตามินซีร้อยละ 1.25 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.69 กรัม/100 กรัม ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 8.64 กรัม/100 กรัม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 7.38 กรัม/100 กรัม และมีพลังงานทั้งหมด 206.23 กิโลแคลอรี/100 จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ พบว่าค่าความแข็งของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ คือ 0.89 แรงกิโลกรัม ส่วนค่า L^* a^* และ b^* เท่ากับ 26.53 15.42 และ 6.62 ตามลำดับ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิจัยได้นำน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นจากบริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด มาใช้ในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ โดยทำการหาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี โดยวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีสูตรที่ 2 ที่ดัดแปลงสูตรจาก Pim' s Kitchen (2009) มีคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านที่สูง (ด้านลักษณะปรากฏ ด้านสี ด้านกลิ่น ด้านเนื้อสัมผัส ด้านรสชาติ และด้านความชอบโดยรวม) (ตารางที่ 2) จึงได้ทำการคัดเลือกมาใช้ศึกษาความเข้มข้นน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ เพื่อลดต้นทุนในการใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีลง

จากตารางที่ 3 การใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีความเข้มข้นร้อยละ 40-100 ในการทำวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี ได้คะแนนความชอบในทุกด้านที่สูง ยกเว้นคะแนนความชอบด้านสีของวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่ใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีความเข้มข้นร้อยละ 100 ซึ่งได้คะแนนต่ำกว่าการใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีความเข้มข้นอื่น ๆ อาจเนื่องมากจากการใช้น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีความเข้มข้นสูงอาจจะส่งผลต่อสีของวุ้นกรอบ ทำให้มีสีที่แดงเข้มมากเกินไป ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคได้ โดยทั่วไปคุณลักษณะด้านสีถือเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบ Hiran-akkharawong & Panyathitipong (2015) ทำการศึกษาระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นกรอบโดยใช้น้ำตาลสด พบว่าระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 80 องศาเซลเซียส (ได้คะแนนการยอมรับด้านสีเท่ากับ 7.10) เนื่องจากการใช้อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จะทำให้วุ้นกรอบที่ได้มีสีเข้ม เกิดเป็นลักษณะเกล็ดน้ำตาลเคลือบอยู่บริเวณผิวหน้าหนา ทำให้คะแนนคุณลักษณะด้านสีลดต่ำลงเป็น 3.23 ซึ่งคะแนนคุณลักษณะด้านสีที่ต่ำลงส่งผลต่อคะแนนด้านลักษณะปรากฏและคะแนนด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงเช่นกัน ซึ่งถือว่าไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบในงานวิจัยฯ ครั้งนี้ คุณลักษณะด้านสีจึงถูกนำมาใช้พิจารณาคัดเลือกด้วย โดยพบว่าน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีความเข้มข้นร้อยละ 100 ไม่เหมาะสม เนื่องจากความเข้มข้นที่มากเกินไปส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านสีลดน้อยลง ($p<0.05$) ซึ่งส่งผลทำให้แนวโน้มคะแนนด้านคุณลักษณะปรากฏและคะแนนด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ลดน้อยลงได้ (แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ) จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสจึงบ่งชี้ว่า วุ้นกรอบที่ผลิตจากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 80 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) เป็นวุ้นกรอบที่มีลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพัฒนาวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำต่อไป

จากนั้นได้ทำการศึกษาการใช้หญ้าหวานซึ่งเป็นพืชที่มีความหวานโดยธรรมชาติมาใช้ทดแทนความหวานของน้ำตาลทรายในการผลิตวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำ จากการทดลองของ Hiran-akkharawong & Panyathitipong (2015)

รายงานว่า การมีปริมาณน้ำตาลทรายในวุ้นกรอบสูง ทำให้วุ้นกรอบมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากน้ำตาลทรายมีหมู่ไฮดรอกซิลซึ่งสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนขึ้นได้ทั้งภายในและภายนอกของโมเลกุลน้ำตาล ทำให้วุ้นกรอบมีโครงสร้างที่แข็งแรง นอกจากนี้ น้ำตาลทรายมีองค์ประกอบของน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรักโตสเชื่อมต่อกัน ทำให้ส่วนของน้ำตาลกลูโคสจับกับวุ้น (อะการ์) จึงทำให้โครงสร้างของวุ้นกรอบแข็งแรงยิ่งขึ้นได้ จากผลการทดลองการแทนที่น้ำตาลทรายด้วยหญ้าหวานที่ระดับการทดแทนร้อยละ 25 ทำให้ได้วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีที่มีพลังงานต่ำและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีคะแนนความชอบใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุด (ตารางที่ 4) ซึ่งการใช้หญ้าหวานทดแทนปริมาณน้ำตาลทรายที่มากกว่าร้อยละ 25 อาจเป็นการลดความแข็งแรงของวุ้นกรอบลง ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้หญ้าหวานเป็นสารทดแทนความหวานในวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำได้ถึงร้อยละ 25 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ซึ่งหญ้าหวานเป็นสารทดแทนความหวานที่มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทรายถึง 200-300 เท่า เป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน และไม่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลในร่างกาย (Sangsuwon, 2017) ซึ่งผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำนี้มีค่าพลังงานทั้งหมดที่ต่ำกว่าวุ้นกรอบจากลำไยของงานวิจัยของ Charoenphun (2017) ที่มีพลังงานทั้งหมด 382.18 กิโลแคลอรี/100 กรัม นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำนี้มีค่า L^* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) a^* ($+a^*$ = สีแดง, $-a^*$ = สีเขียว) และ b^* ($+b^*$ = สีเหลือง, $-b^*$ = สีน้ำเงิน) เท่ากับ 26.53 15.42 และ 6.62 ตามลำดับ แสดงว่าวุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำนี้มีสีไปทางสีแดง (ตารางที่ 5)

สรุปผลการวิจัย

วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รีพลังงานต่ำสามารถผลิตได้จากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้นที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง โดยมีส่วนผสมที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุด คือ การใช้ผงวุ้นปริมาณร้อยละ 4.3 น้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีที่เข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาณร้อยละ 59.6 น้ำตาลทรายขาวปริมาณร้อยละ 27.08 และหญ้าหวานปริมาณร้อยละ 9.03

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยและการนำเสนอผลงานในครั้งนี้ และขอขอบคุณบริษัท ลานนาเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเข้มข้น

เอกสารอ้างอิง

AOAC. (2000). Official methods of analysis, (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

Babashahi-Kouhanestani, M., Salehi, M., Mazloomi, S., M., & Almasi-Hashyani, A. (2014). Quantitative evaluation of vitamin C in industrial lemon juice by titration method. *Journal of Biology and Today's World, 3*(6), 139-141.

Charoenphun, N. (2017). Development of crispy jelly product from low-grade longan. *Journal of Science and Technology, 26*(5), 834-845. (in Thai)

Dutral, M.D.L., & Bolin, H.M.A. (2013). Sensory and physicochemical evaluation of acerola nectar sweetened with sucrose and different sweeteners. *Food Science and Technology*, *33*(4), 612-618.

Hiran-akkharawong, I. & Panyathitipong, W. (2015). Utilization of fresh coconut syrup in crispy jelly product. *RMUTSB Academic Journal*, *3*(2), 109-119. (in Thai)

Lane, J.H., & Eynon, L. (1923). Determination of reducing sugars by means of Fehling's solution with methylene blue as internal indicator. *Journal of the Society of Chemical Industry*, *42*, 32-7.

Melis, M.S., Macial, R.E., & Sainnati, A.R. (1985). Effect of indomethacin on the action of stevioside on mean arterial pressure and on renal function in rats. *Archives of Medical Science*, *13*(1), 1230-1241.

Nonthasawadsri, T. & Chankum, P. (2014). Fiber-supplemented crispy jelly from fruits. Ph.D thesis in Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Mahidol University. (in Thai)

Openrice. (2018). Crispy jelly. Retrieved October 3, 2019, from https://th.openrice.com/th/recipe/%E0%B8%A7%E0%B8%B8%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%AD%E0%B8%9A/2028

Pim's Kitchen (2009). Crispy jelly. Retrieved October 18, 2019, from https://www.pim.in.th/thai-dessert/100-dried-jelly

Rocha, I.F.O., & Bolin, H.M.A. (2015). Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. *Food Science and Nutrition*, *3*(2), 129-139.

Sangsuwon, C. (2017). Inhibitory effect of scaphium macropodum and stevia rebaudiana of the cholesterol in the product of jelly gummy for diet and health. Retrieved January 18, 2019, from http://www.eresearch.ssru.ac.th/xmlui/handle/123456789/380?show=full

Sogvar, O.B., Saba, M.K. & Emamifar, A. (2016) Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *114*, 29-35.

Tantasathien, P. (2017). Thai cane sugar jelly. Retrieved October 3, 2018,from www.amarintv.com/entertainment-update/sugar-jelly