

ผลของการทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวานต่อคุณภาพเคมีกายภาพในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ Effects of stevia syrup substitution on the physical qualities of marshmallows

นิตยา ภูงาม¹ กมลชนก มานูจํา¹ และ ณัฏวาลินคช เสตรฐฐปราโมทย์^{2*}

Nittaya Phungam¹ Kamonchanok Manucham¹ and Natwalinkhol Settapramote^{2*}

Received 28 กันยายน 2566 Revised 8 ธันวาคม 2566 Accepted 13 ธันวาคม 2566

บทคัดย่อ

มาร์ชเมลโลว์เป็นขนมหวานที่มีปริมาณน้ำตาลสูง จึงไม่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการลดการบริโภคน้ำตาล การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้น้ำเชื่อมหญ้าหวานทดแทนน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ โดยคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชเมลโลว์ จำนวน 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 2 มีค่าความสว่างสูงสุด (82.16) และมีค่าความยืดหยุ่นสูง (11.35 มิลลิเมตร) โดยมาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐานที่ได้มีส่วนประกอบ ได้แก่ เจลาติน น้ำเชื่อม กลีเซอรีน และแป้งข้าวโพด จากนั้นมาทำการทดแทนสารสกัดหญ้าหวานอัตราส่วนน้ำตาลต่อสารสกัดหญ้าหวาน 4 ระดับคือ 100:0, 98:2, 96:4 และ 94:6 พบว่า การทดแทนสารสกัดหญ้าหวานที่อัตราส่วน 96:4 มีค่าความสว่าง เท่ากับ 86.89 และมีค่า a_w เท่ากับ 0.76 มีความยืดหยุ่น เท่ากับ 10.81 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งต่ำที่สุดเท่ากับ 4.24 นิวตัน ($p \leq 0.05$) ดังนั้นการใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้บริโภคและเป็นแนวทางการลดพลังงานให้กับผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ได้

คำสำคัญ : มาร์ชเมลโลว์, หญ้าหวาน, สารทดแทนน้ำตาล

¹ อาจารย์, คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วช. สุรินทร์

¹ Lecturer, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

² อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

² Lecturer, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Tak

* ผู้ประสานงานนิพนธ์ : natwalin@rmutl.ac.th

Abstract

The marshmallow confection contains a high sugar content. Therefore, it does not meet the needs of consumers who want to reduce sugar consumption. This research therefore aims to study the replacement of syrup with stevia extract in marshmallow products by selecting 3 basic formulas suitable for marshmallow production. It was found that marshmallow basic formula No. 2 had the highest lightness (82.16) with high springiness (11.35 mm). The selected formula consists of gelatin, sugar, vanilla flavor, and corn starch. Then substituted the stevia extract with a ratio of sugar to stevia extract at 4 levels: 100:0, 98:2, 96:4, and 94:6. The results found that substituting the stevia extract at a ratio of 96:4 made marshmallows with a lightness value of 86.89, an aw value of 0.76, a springiness value of 10.81 mm, and the lowest hardness value of 4.24 N ($p \leq 0.05$). Therefore, using stevia extract to replace sugar in marshmallow products is an alternative option for consumers and a guideline for reducing the calories in marshmallow products.

Keywords: Marshmallow, Stevia, Sugar substitute

1. บทนำ

มาร์ชแมลโลว์เป็นขนมหวานชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนประกอบหลักจาก น้ำตาล น้ำ และเจลาติน นำมาทำให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจะนำมาปั้นเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเล็กและเคลือบด้วยแป้งข้าวโพด นิยมรับประทานในการตั้งแคมป์หรือการจัดกิจกรรมก่อกองไฟ โดยมาร์ชแมลโลว์จะถูกเสียบไว้ที่ปลายแท่งไม้ และจะต้องถือไว้อย่างระมัดระวังจนเปลวไฟได้เป็นผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์อย่าง นำไปทานคู่กับไอศกรีม น้ำแข็งไส หรือใช้ทำผลิตภัณฑ์ฟองดูทานคู่กับซอสช็อกโกแลต สตรอว์เบอร์รี่ และผลไม้อื่น ๆ เป็นต้น (ศูนย์อาชีพและธุรกิจมติชน, 2566) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์มีส่วนผสมหลักจากน้ำตาลประเภทน้ำตาลทรายขาว ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตกลุ่มไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharide) ประกอบด้วย 2 โมเลกุลที่ให้รสหวาน เมื่อเรารับประทานน้ำตาลเข้าไปจะมีการย่อยโดยเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารได้น้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide) หรือน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (ชินษฐา, 2554) ที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ช่วยให้การงานของอวัยวะในร่างกายได้เป็นปกติ ทุกระบบในร่างกายแล้วแต่ต้องการความร้อนและพลังงานจากน้ำตาลแทบทั้งสิ้น (โรงพยาบาลวิชัยยุทธ, 2563)

อย่างไรก็ตามน้ำตาลไม่ได้มีประโยชน์ต่อร่างกายเพียงด้านเดียว แต่มีโทษต่อร่างกายเช่นเดียวกันหากรับประทานในปริมาณมากจะส่งผลให้เกิดโทษต่อร่างกายได้ เช่นการเกิดโรคอ้วน เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ฟันผุ คราบพลัก และเหงือกอักเสบ ทำให้เสียสมดุลของฮอร์โมนในสมองมีผลทำให้เกิดอาการเหนื่อย ไม่กระฉับกระเฉง เชื่องซึมได้ (คณะทำงานเกณฑ์มาตรฐานอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพสำหรับกลุ่มเสี่ยงผู้ป่วยเบาหวาน และโรคความดันโลหิตสูง, 2556; โรงพยาบาลวิชัยยุทธ, 2563) ซึ่งผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์เป็นที่นิยมรับประทานทั้งเด็ก และผู้ใหญ่ หากรับประทานบ่อยและมากเกินไปอาจมีโอกาเป็นโรคที่ไ้กล่าวมาข้างต้นนั้น

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการลดการใช้น้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารให้พลังงานสูง และเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ จึงมีแนวคิดในการนำสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ได้แก่ หญ้าหวานมาใช้ทดแทนน้ำตาล ซึ่งหญ้าหวานเป็นพืชที่ให้ความหวานจากธรรมชาติ ประเทศไทยอนุญาตให้ใช้เป็นวัตถุเติมในการผลิตขนมปัง ในใบของหญ้าหวานจะมีสารให้ความหวานหลัก คือ สตีวิโอไซด์ (Stevioside) ประมาณ ร้อยละ 5-10 ของผงแห้งของใบหญ้าหวาน มีรสชาติหวานจัด โดยสารเหล่านี้มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 150-300 เท่า และเป็นสารให้ความหวานมีความคงตัวสูงทั้งในตัวทำละลาย กรดอ่อน เบสอ่อน และทนความร้อนได้ดีถึง 200 องศาเซลเซียส จึงไม่สลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงสภาพจากความร้อนในการปรุงอาหาร โดยใช้ในปริมาณที่น้อย ไม่มีพิษและปลอดภัยในการบริโภค (พิสมัย กุลกาญจนาธร, 2557; เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา และคณะ, 2561) และปราศจากพลังงาน ไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในร่างกาย เพราะเมื่อรับประทานเข้าไปร่างกายสามารถขับออกมาได้ทันทีไม่มีการสะสม (พิสมัย กุลกาญจนาธร, 2555; เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา และคณะ, 2561) ส่วนผงแห้งจากใบหญ้าหวานจะมีความหวานมากกว่าน้ำตาล ประมาณ 10-15 เท่า จึงสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารคาว อาหารหวาน และเครื่องดื่มให้กับผู้ป่วย ผู้ที่ใส่ใจสุขภาพหรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักได้

นอกจากนี้ งานวิจัยหลายฉบับมีความพยายามในการเพิ่มประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ให้มากขึ้นด้วยการเพิ่มผลไม้ เช่น ศศิธร มังพิจนธน์ และคณะ (2561) ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์มะม่วงน้ำดอกไม้ พบว่า ปริมาณน้ำมะม่วงน้ำดอกไม้ 80 มิลลิลิตร มีสีขาวเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอมของมะม่วงน้ำดอกไม้ มีรสชาติหวานกำลังดี และมีเนื้อสัมผัสเหนียว นุ่ม พู และยืดหยุ่น ผู้บริโภคมีความพึงพอใจปริมาณการใช้น้ำมะม่วงน้ำดอกไม้ 80 มิลลิลิตร ซึ่งได้รับคะแนนความชอบ เท่ากับ 4.15 อยู่ในระดับความชอบมาก และมีงานวิจัยอีกหลายฉบับที่นำหญ้าหวานมาทดแทนน้ำตาลเพื่อลดพลังงาน เช่นการศึกษาของกรรณิการ์ อ่อนสำลี (2562) มีการใช้สารสกัดหญ้าหวานมาทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อน พบว่า ปริมาณสารสกัดจากหญ้าหวานที่เหมาะสม ได้แก่ ร้อยละ 4.00 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มีพลังงาน 74.90 กิโลแคลอรี ต่อตัวอย่าง 100 กรัม มีพลังงานลดลงจากสูตรควบคุม ร้อยละ 16.62 รวมทั้งอภิขัญญา มัยตรีเดช และคณะ (2563) พัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบสตอร์วเบอร์รี่พลังงานต่ำโดยใช้หญ้าหวาน พบว่าเมื่อใช้น้ำเชื่อมสตอร์วเบอร์รี่เข้มข้นที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสตอร์วเบอร์รี่แช่เยือกแข็งร้อยละ 80 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และหญ้าหวานแทนน้ำตาลทรายปริมาณร้อยละ 25 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ในการผลิตวุ้นกรอบสตอร์วเบอร์รี่พลังงานต่ำได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด รวมถึงการศึกษาของเบญจางค์ อัจฉริยะโพธา และคณะ (2561) ที่นำใบหญ้าหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นเพื่อลดพลังงานหรือหลีกเลี่ยงพลังงานจากน้ำตาลทรายโดยลดปริมาณน้ำตาลทรายลงและทดแทนด้วยใบหญ้าหวาน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรพื้นฐาน) 30 50 และ 70 ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด พบว่า การใช้หญ้าหวานแทนน้ำตาลที่ระดับ ร้อยละ 30 ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรอื่น ๆ และค่าพลังงานต่ำ จึงเหมาะสมในการผลิตขนมชั้นที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีแนวคิดในการนำน้ำเชื่อมหญ้าหวานที่มีคุณสมบัติให้ความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 150-300 เท่า ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน ไม่ส่งผลต่อกลิ่น

รสชาติของผลิตภัณฑ์ มาพัฒนาในผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ที่ใช้น้ำเชื่อมหญ้าหวานทดแทนน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาล เพื่อลดพลังงาน และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ชอบรับประทานขนมหวานประเภทมาร์ชแมลโลว์ แต่มีความต้องการลดการรับประทานน้ำตาลที่มีพลังงานสูงและเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ ได้

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชแมลโลว์
- 2.2 ศึกษาปริมาณน้ำเชื่อมหญ้าหวานทดแทนน้ำเชื่อมจากน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชแมลโลว์
- 2.3 ศึกษาคุณภาพเคมีและทางกายภาพของมาร์ชแมลโลว์ที่ใช้น้ำเชื่อมหญ้าหวานทดแทนน้ำเชื่อม

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การศึกษาคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชแมลโลว์

ทำการศึกษสูตรผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์พื้นฐาน จำนวน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ศศิธร มิ่งพิจนรณ์ และคณะ (2561) สูตรที่ 2 ขวัญ (2560) และ สูตรที่ 3 Food travel (2020) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยมีกระบวนการผลิตเริ่มจากบลูมเจลาตินกับน้ำเปล่า คนให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้ จากนั้นเตรียมน้ำเชื่อมโดยใช้ส่วนผสมน้ำตาลและน้ำผึ้ง ต้มให้ส่วนผสมละลายใสและเดือดเป็นฟอง หนา อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่เจลาตินลงไปแล้วเคี่ยวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้ำเชื่อมเหนียวข้น นำส่วนผสมใส่ลงไปเครื่องตีผสม (ยี่ห้อ Kitchen Aid รุ่น 5KSM150PS Stand Mixer ประเทศจีน) ตีด้วยความเร็วต่ำไปสูง ใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที จนเข้ากันดีและเริ่มฟู แล้วจึงเทลงพิมพ์ ขนาด 20x20x4 เซนติเมตร กลิ้งให้ทั่วแม่พิมพ์และปิดหน้าให้เรียบร้อย นำไปแช่ตู้เย็น อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงหรือข้ามคืน นำมาตัดเป็นชิ้นขนาด 4x4 เซนติเมตร นำไปคลุกแป้งข้าวโพดคั่วสุกได้เป็นผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ (ดัดแปลงจาก ขวัญ, 2560) เก็บไว้ในกล่องพลาสติกปิดมิดชิด นำไปทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าปริมาณความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระ เพื่อนำไปคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนสารสกัดหญ้าหวานในมาร์ชแมลโลว์ในขั้นต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์

ส่วนผสม (กรัม)	สูตรที่ 1		สูตรที่ 2		สูตรที่ 3	
	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ
น้ำตาลทรายขาว	140	29.47	330	46.74	220	25.00
น้ำผึ้ง	25	5.26	-	-	-	-
เจลาติน	50	10.53	15	2.12	20	2.27
แป้งข้าวโพด	50	10.53	150	21.25	220	25.00
น้ำ	210	44.21	210	29.75	340	38.64
กลิ่นวนิลา	-	-	1	0.14	-	-
น้ำเชื่อมข้าวโพด	-	-	-	-	80	9.09
รวม	475	100	706	100	880	100

หมายเหตุ : สูตรที่ 1 อ้างอิงจาก ศศิธร มิ่งพิจนรณ์ และคณะ (2561) สูตรที่ 2 อ้างอิงจาก ขวัญ (2560) และ สูตรที่ 3 อ้างอิงจาก Food travel (2020)

3.2 ศึกษาปริมาณน้ำเชื่อมหญ้าหวานทดแทนน้ำเชื่อมจากน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชแมลโลว์

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเชื่อมหญ้าหวาน

นำผงหญ้าหวานจำนวน 1 กรัม น้ำ 300 มิลลิลิตร ผสมกับคาราจีแนน 0.6 กรัม แชนแทนกัม 0.225 กรัม และกลีเซอริน 5 กรัม จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที (ดัดแปลงจาก ชลธิชา รอดบาง และคณะ, 2560)

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวาน

นำสูตรผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์พื้นฐานที่ผ่านการคัดเลือกจากหัวข้อที่ 3.1 มาทำการทดแทนสารสกัดหญ้าหวานแทนน้ำเชื่อมที่อัตราส่วนน้ำเชื่อมต่อสารสกัดหญ้าหวาน 4 ระดับ คือ 100:0, 98:2, 96:4 และ 94:6 โดยผลิตตามขั้นตอนที่ 3.1 เมื่อได้ผลิตภัณฑ์แล้วจึงเก็บไว้ในกล่องพลาสติก ปิดมิดชิด เพื่อทำการศึกษาคูณภาพ ได้แก่ ค่าสี L^* a^* และ b^* ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์

3.3.1 วิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ โดยใช้เครื่องวัดสี (Chromameter) (รุ่น UltraScan VIS; ยี่ห้อ HunterLab; ประเทศสหรัฐอเมริกา) ในรูปแบบของค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b^*) (6 ซ้ำ)

3.3.2 ค่าปริมาณความชื้น นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ มาทดสอบหาค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (รุ่น MB120; ยี่ห้อ OHAUS; ประเทศสหรัฐอเมริกา) เตรียมตัวอย่างบดให้ละเอียดชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ใส่ภาชนะนำไปวัดด้วยเครื่องวัดความชื้น (6 ซ้ำ)

3.3.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ ด้วยเครื่อง water activity meter (รุ่น 4TE; ยี่ห้อ AquaLab; ประเทศสหรัฐอเมริกา) นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ มาทดสอบหาค่าปริมาณน้ำอิสระ โดยเตรียมตัวอย่างบดให้ละเอียดใส่ภาชนะเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระบันทึกค่าที่ได้ (6 ซ้ำ)

3.3.4 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าความแข็ง และค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (ยี่ห้อ TA-XT2i, รุ่น Stable Microsystems, ประเทศสหรัฐอเมริกา) หัววัดรหัส A/SPR ค่าแรงดึง 90 mm/sec (ดัดแปลงจาก Du Toit et al., 2016) (6 ซ้ำ)

3.3.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณเถ้า ปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเยื่อใยรวม และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดัดแปลงการวิเคราะห์จาก AOAC (2000)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์คุณภาพเคมีและทางกายภาพโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely randomized design) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวางแผนการทดลองแบบ T-test (T-test for statistical analysis) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูปทางสถิติ

4. ผลการวิจัย

4.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์

จากการวิเคราะห์คุณภาพเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่า ค่า L^* a^* และ b^* ของทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสูตรที่ 2 มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 82.16 และมีค่า a^* และ b^* ต่ำที่สุดเท่ากับ -0.37 และ 5.13 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 และ 3 ที่มีค่า a^* เท่ากับ -0.40 -0.68 และค่า b^* เท่ากับ 6.68 และ 5.76 ตามลำดับ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 2 และลักษณะมาร์ชเมลโลว์ที่ผลิตได้ดังภาพที่ 1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ได้แก่ ความยืดหยุ่น และค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ แสดงดังตารางที่ 2 ผลการทดสอบความยืดหยุ่นพบว่า สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตรที่ 2 มีค่าความยืดหยุ่นสูงที่สุด เท่ากับ 11.35 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 7.06 และ 0.12 มิลลิเมตร ตามลำดับ และผลของการทดสอบค่าความแข็ง พบว่า สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นกัน สูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 9.02 นิวตัน รองลงมา คือ สูตรที่ 2 (7.28 นิวตัน) และ สูตรที่ 3 (0.04 นิวตัน) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐาน

คุณภาพทางเคมีกายภาพ	สูตรพื้นฐาน		
	1	2	3
L^*	77.89 ± 0.97 ^c	82.16 ± 1.49 ^a	79.98 ± 2.85 ^b
a^*	-0.40 ± 0.58 ^b	-0.37 ± 0.11 ^c	-0.68 ± 0.05 ^a
b^*	6.68 ± 0.62 ^a	5.13 ± 0.94 ^b	5.76 ± 0.18 ^b
ค่าความยืดหยุ่น (มิลลิเมตร)	7.06 ± 1.07 ^b	11.35 ± 1.11 ^a	0.12 ± 0.16 ^c
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	9.02 ± 1.01 ^a	7.28 ± 1.88 ^b	0.04 ± 0.05 ^c

หมายเหตุ: อักษร a - c ในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



สูตรที่ 1



สูตรที่ 2



สูตรที่ 3

ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐาน

ผลการศึกษาค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่า ทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตรที่ 2 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 36.64 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ พบว่าสูตรที่ 1 และ 3 มีปริมาณน้ำอิสระสูง (เท่ากับ 0.88 และ 0.80 ตามลำดับ) และสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุดเท่ากับ 0.74 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐาน

สูตรที่	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
1	49.09±0.88 ^a	0.88±0.004 ^a
2	36.64±0.63 ^c	0.74±0.018 ^c
3	41.00±1.27 ^b	0.80±0.004 ^b

หมายเหตุ: อักษร a,b,c ในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์

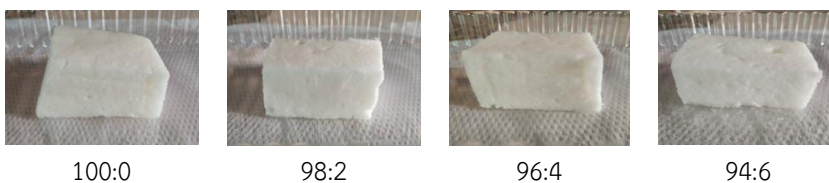
จากการวิเคราะห์คุณภาพเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวาน ในอัตราส่วนน้ำเชื่อมต่อน้ำเชื่อมหญ้าหวาน 4 ระดับ คือ 100:0, 98:2, 96:4 และ 94:6 พบว่า ค่า L^* , a^* และ b^* ของทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเพิ่มอัตราส่วนสารสกัดหญ้าหวานเพิ่มขึ้นมีผลต่อค่า L^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และค่า b^* มีแนวโน้มลดลง ซึ่งอัตราส่วนน้ำเชื่อม:สารสกัดหญ้าหวานที่ 94:6 มีความสว่าง (L^*) เท่ากับ 93.81 มากที่สุด และมีค่า b^* ต่ำที่สุด (เท่ากับ 6.01±0.12 ตามลำดับ) ดังตารางที่ 4 และลักษณะมาร์ชเมลโลว์แสดงดังรูปที่ 2

การทดสอบความยืดหยุ่นและความแข็งของมาร์ชเมลโลว์เสริมด้วยน้ำเชื่อมหญ้าหวานทั้ง 4 สูตร แสดงดังตารางที่ 4 ผลการทดสอบความยืดหยุ่น พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์อัตราส่วนทดแทน 100:0 มีความยืดหยุ่นสูงที่สุด เท่ากับ 11.35 มิลลิเมตร และผลของการทดสอบค่าความแข็ง พบว่า มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ อัตราส่วนทดแทน 100:0 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 7.28 นิวตัน เมื่อทดแทนสารสกัดหญ้าหวานมีผลต่อค่าความยืดหยุ่นและค่าความแข็งของมาร์ชเมลโลว์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 4 ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ที่ทดแทนด้วยน้ำเชื่อมหญ้าหวานในอัตราส่วนที่ต่างกัน

คุณภาพทางเคมี	อัตราส่วน (น้ำเชื่อม:น้ำเชื่อมหญ้าหวาน)			
	100:0	98:2	96:4	94:6
กายภาพ				
L^*	86.57±1.47 ^b	84.42±0.41 ^c	86.89±0.63 ^b	93.81±0.51 ^a
a^*	-0.13±0.02 ^b	-0.01±0.15 ^d	-0.16±1.06 ^a	-0.11±1.05 ^c
b^*	6.79±0.06 ^a	6.42±0.12 ^b	6.39±0.20 ^b	6.01±0.12 ^c
ค่าความยืดหยุ่น (มิลลิเมตร)	11.35±2.11 ^a	7.52±1.88 ^d	10.81±1.07 ^b	8.67±1.39 ^c
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	7.28±1.88 ^a	5.46±2.06 ^c	4.24±2.46 ^d	6.07±1.67 ^b

หมายเหตุ: อักษร a,b,c ในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์สูตรทดแทนสารสกัดหญ้าหวานในอัตราส่วน
น้ำเชื่อม:น้ำเชื่อมหญ้าหวาน

การทดสอบค่าความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) แสดงดังตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น พบว่า มีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ ผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์อัตราส่วน 94:6 มีค่าความชื้นสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 35.43 สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ เมื่อทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวานเพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าปริมาณความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ความชื้นและค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์สูตรทดแทน
น้ำเชื่อมหญ้าหวานในอัตราส่วนที่ต่างกัน

อัตราส่วน (น้ำเชื่อม:น้ำเชื่อมหญ้าหวาน)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
100:0	33.29±0.47 ^c	0.78±0.04 ^a
98:2	30.90±0.57 ^d	0.74±1.03 ^d
96:4	34.66±0.93 ^b	0.76±0.15 ^c
94:6	35.43±0.49 ^a	0.77±1.11 ^b

หมายเหตุ: อักษร a,b,c ในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์สูตรควบคุมเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์สูตรทดแทนสารสกัดหญ้าหวาน (อัตราส่วน 96:4) พบว่า ผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์สูตรทดแทนมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ ร้อยละ 1.33 0.51 2.01 และ 1.25 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์สูตรควบคุมที่มีปริมาณ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เท่ากับ ร้อยละ 0.41 0.46 1.35 และ 1.09 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 34.26 และ 34.39 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรควบคุม เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวาน (อัตราส่วน 96:4)

องค์ประกอบทางเคมี	ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรควบคุม	ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวาน (อัตราส่วน 96:4)
ความชื้น (ร้อยละ) ^{ns}	34.26±1.41	34.39±1.17
โปรตีน (ร้อยละ)	0.41±1.12 ^b	1.33±1.14 ^a
ไขมัน (ร้อยละ)	1.35±1.14 ^b	2.01±1.10 ^a
เถ้า (ร้อยละ)	0.46±1.11 ^b	0.51±1.02 ^a
เยื่อใย (ร้อยละ)	1.09±1.12 ^b	1.25±1.36 ^a
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	62.43±1.09 ^a	60.51±1.11 ^b

หมายเหตุ: อักษร a,b ในแนวนอนที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05); อักษร ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

5. อภิปรายผล

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชเมลโลว์พบว่า สูตรพื้นฐานสูตร 1 มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำ ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) สูง เนื่องจากในส่วนผสมของสูตรที่ 1 มีน้ำผึ้งเป็นส่วนผสมซึ่งน้ำผึ้งให้สีน้ำตาลอ่อน และสูตรที่ 2 มีค่าความสว่าง (L*) สูง เนื่องจากส่วนผสมในสูตรที่ 2 มีการเติมน้ำตาลสูงกว่าสูตรอื่น เพราะน้ำตาลที่ใช้คือน้ำตาลทรายขาวที่มีลักษณะปรากฏเป็นสีขาวใส เมื่อนำมาตีผสมกับเจลาตินให้อากาศเข้าไปภายในโครงสร้างของน้ำตาลและเจลาตินมีลักษณะฟู ใส และมันวาวมากขึ้น (Zheng et al., 2014) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 3 และจากการวิเคราะห์ค่าสีของสูตรที่ 3 ที่มีส่วนผสมของน้ำเชื่อมข้าวโพดที่มีให้สีเหลืองอ่อนค่อนข้างใสภายหลังจากการตีโฟมจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่างต่ำกว่าสูตรที่ 2

ผลการคัดเลือกสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการผลิตมาร์ชเมลโลว์ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ 3 มีส่วนผสมของน้ำเชื่อมข้าวโพดที่เป็นของเหลว โดยน้ำเชื่อมข้าวโพดมีองค์ประกอบคล้ายกับน้ำตาลอินเวิร์ต (Invert sugar) ซึ่งน้ำตาลอินเวิร์ตนั้นไม่ได้มีสถานะเป็นของแข็งเหมือนน้ำตาลทราย แต่มีสถานะเป็นของเหลวที่มีความสามารถในการจับกับน้ำและอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้างของน้ำตาล รวมทั้งมีความสามารถในการป้องกันการตกผลึก น้ำตาลอินเวิร์ตมีความสามารถในการเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, 2560) จึงส่งผลให้ลักษณะของมาร์ชเมลโลว์ที่ได้ค่อนข้างนิ่ม นุ่ม และขาดง่ายทำให้มีค่าความยืดหยุ่นและค่าความแข็งต่ำที่สุด และจากการวิเคราะห์คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรพื้นฐานสูตรที่ 2 จึงมีค่าความยืดหยุ่นสูงและมีค่าความแข็งต่ำกว่าสูตรที่ 1 เนื่องจากในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มีสัดส่วนของเจลาตินต่อน้ำที่เหมาะสม โดยเจลาตินมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้างและมีลักษณะเป็นเจลที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น (Johnston-Banks, 1990) จากรายงานของ ศศิธร มิ่งพิจารณ์ และคณะ (2561) พัฒนาผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์มะม่วงน้ำดอกไม้โดยการศึกษาอัตราส่วนของมะม่วงน้ำดอกไม้ ปริมาณ 80 มิลลิลิตร และผสมเจลาตินลงไป ปริมาณ 26 กรัม ส่งผลให้ผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้าน

ประสาทสัมผัสสูงสุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมมะม่วงน้ำดอกไม้ และมีเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่น และจากงานวิจัยของ วัฒนา วิรุฒิกกร (2563) ศึกษาผลของปริมาณเจลาตินที่มีต่อคุณภาพการผลิตผลิตภัณฑ์กัมมีน้ำสับปรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่า การเติมเจลาตินปริมาณ 15 กรัม ลงในผลิตภัณฑ์กัมมีส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ยืดหยุ่น และค่าความแข็งเป็นที่ยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุด

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ พบว่า สูตรที่ 1 และ 3 มีปริมาณน้ำอิสระสูง (เท่ากับ 0.88 และ 0.80 ตามลำดับ) และสูตรที่ 2 มีปริมาณน้ำอิสระต่ำที่สุด เท่ากับ 0.74 ($p < 0.05$) เนื่องจากในสูตรที่ 1 มีส่วนผสมของเจลาตินสูงกว่าสูตรอื่น เพราะเจลาตินมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ และดูดซับน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ในสูตรที่ 1 มีค่าความชื้น และค่าปริมาณน้ำอิสระสูงสุด (ศิมาภรณ์ มีแสง และคณะ, 2546) นอกจากนี้สูตรที่ 1 มีส่วนผสมของน้ำผึ้งที่ตกผลึกได้ง่าย เมื่อน้ำผึ้งตกผลึกจะเกิดการแยกชั้นโดยส่วนที่เป็นของแข็งจะอยู่ด้านล่างและส่วนของเหลวจะอยู่ด้านบน ซึ่งน้ำผึ้งที่เป็นของเหลวจะมีค่าความชื้นที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ที่ได้มีปริมาณน้ำอิสระที่สูงขึ้น (Gleiter et al., 2006) และสูตรที่ 3 มีสัดส่วนร้อยละของน้ำผึ้งที่เป็นน้ำตาลอินเวิร์ตที่มีลักษณะเป็นของเหลว และมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้จึงทำให้มาร์ชเมลโลว์มีปริมาณน้ำอิสระมีแนวโน้มสูงขึ้น (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, 2560) ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับรายงานการวิจัยของ Du Toit et al. (2016) ได้ศึกษาประเภทของเจลาตินที่แตกต่างกันในการผลิตผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ จากการวิเคราะห์ปริมาณอิสระของผลิตภัณฑ์ทุกสิ่งทดลอง พบว่า มีปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.75-0.78

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้สารสกัดหญาหวานทดแทนน้ำเชื่อมในอัตราส่วนที่ต่างกัน (100:0, 98:2, 96:4 และ 94:6) พบว่าการเพิ่มปริมาณสารสกัดหญาหวานมากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์มีค่าความสว่างสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากลักษณะของสารสกัดหญาหวานเป็นของเหลวสีใส (หทัยชนก กันตรง, 2566) จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่างของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูงขึ้น และการเพิ่มน้ำเชื่อมหญาหวานลงไปในผลิตภัณฑ์มีผลทำให้ค่าความยืดหยุ่น และความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมน้ำเชื่อมหญาหวานมีส่วนผสมของน้ำ คาราจีแนน แชนแทนกัม และกลีเซอริน ที่ใช้ในการเตรียมน้ำเชื่อมหญาหวานยังมีส่วนผสมของน้ำจะถูกอุ้มน้ำด้วยคาราจีแนน แชนแทนกัม และกลีเซอริน ซึ่งส่วนผสมกลุ่มนี้มีสมบัติในการอุ้มน้ำ และสามารถเกิดเจลได้ (See et al., 2010) เมื่อนำสารสกัดหญาหวานมาใช้ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์จึงมีลักษณะที่เหลว และเมื่อเซตตัวภายหลังการแช่เย็นจึงทำให้ความยืดหยุ่น และความแข็งมีค่าลดลง

จากการวิเคราะห์ค่าความชื้น และปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์สูตรทดแทนสารสกัดหญาหวานในอัตราส่วนที่ต่างกัน พบว่า การเพิ่มปริมาณสารสกัดหญาหวานทำให้ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น เนื่องจากกระบวนการเตรียมน้ำเชื่อมหญาหวานได้เติมคาราจีแนน แชนแทนกัม และกลีเซอริน เป็นวัตถุเจือปนที่มีลักษณะเป็นน้ำมีสมบัติในการเกิดเจลและอุ้มน้ำ (See et al., 2010) ไว้ภายในโครงสร้างของส่วนผสมมาร์ชเมลโลว์จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความชื้นสูง สอดคล้องกับปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์มาร์ชเมลโลว์ที่มีค่าอยู่

ในช่วงที่สูงเพราะภายในผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบที่เป็นเจลและมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี จึงส่งผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในระดับสูงตามไปด้วย

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ทั้ง 2 สูตร พบว่า สูตรที่มีการทดแทนด้วยสารสกัดหญ้าหวานมีปริมาณ โปรตีน ไขมัน เกล็ด และเยื่อใย สูงที่สุด เนื่องจากในองค์ประกอบของหญ้าหวานมีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 10 กรัม โยอาอาหาร เท่ากับ 18 กรัม รวมทั้งมีวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ (หทัยชนก กันตรง, 2566) จึงส่งผลให้เมื่อนำมาเติมในผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ทำให้ปริมาณของโปรตีน โยอาอาหาร และเกล็ด (แร่ธาตุ) มีแนวโน้มสูงกว่า สูตรควบคุมเล็กน้อยตามสัดส่วนที่ได้มีการเติมลงไปผลิตภัณฑ์

6. องค์กรความรู้ใหม่

สารสกัดหญ้าหวานเป็นสารทดแทนน้ำตาลประเภทหนึ่งที่ทำมาจากธรรมชาติ โดยผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำน้ำเชื่อมหญ้าหวานมาทดแทนน้ำเชื่อมในผลิตภัณฑ์ มาร์ชแมลโลว์ได้ ส่งผลให้มีปริมาณ โปรตีน เยื่อใยเพิ่มขึ้น และแร่ธาตุเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณ คาร์โบไฮเดรตลดลง ดังนั้นจึงเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภคที่ต้องการทานผลิตภัณฑ์ มาร์ชแมลโลว์แต่กังวลเรื่องพลังงานที่ร่างกายได้รับ นอกจากนี้ยังสามารถนำน้ำเชื่อมหญ้าหวาน ไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวานชนิดอื่น ๆ ที่ใช้น้ำเชื่อมเป็นส่วนประกอบในการผลิตอีกด้วย

7. สรุป

สูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์มาร์ชแมลโลว์ที่ทดแทนน้ำเชื่อมหญ้าหวานในอัตราส่วน น้ำเชื่อม:สารสกัดหญ้าหวาน 96:4 เจลาติน 15 กรัม น้ำ 210 กรัม แป้งข้าวโพด 150 กรัม ส่งผลให้มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ในระดับ 10.81 นิวตัน และมีลักษณะนุ่มฟู มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ปริมาณโปรตีน โยอาอาหาร และแร่ธาตุ มีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม

8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านข้อเสนอแนะจากการวิจัย และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

8.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของมาร์ชแมลโลว์ เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยประกอบการพิจารณาเลือกสูตรที่ทำมาร์ชแมลโลว์ที่เหมาะสมได้

8.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาอายุการเก็บรักษามาร์ชแมลโลว์ในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เป็นเรื่องที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่สนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- กรณีการ์ อ่อนสำลี. (2562). การใช้สารสกัดจากหญ้าหวานในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 28(6), 1076-1085.
- ขวัญ (2563, 30 พฤษภาคม). *มาซเมลโลว์ ทำง่ายๆทำเองได้ที่บ้าน พร้อมคำนวณต้นทุน* [Video]. Youtube. <https://youtu.be/VLLCnEwJX-g>.
- ชนิษฐา (2554, 26 กรกฎาคม). *ความหวานจากน้ำตาลธรรมชาติ*. <https://www.scimath.org/article-science/item/2114-the-sweetness-of-natural-sugar>.
- คณะทำงานเกณฑ์มาตรฐานอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพสำหรับกลุ่มเสี่ยงผู้ป่วยเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง. (2556). *เกณฑ์มาตรฐานอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ สำหรับกลุ่มเสี่ยง ผู้ป่วยเบาหวานและความดันโลหิตสูง*. สมุทรสาคร: บอรัณ ทู บี พับลิชชิง.
- ชลธิชา รอดบาง, หทัยวัลย์ เชิดชู, และอชิรญาณ์ สืบประเสริฐกุล. (2560, 10 พฤศจิกายน). *การศึกษาการใช้เอนไซม์สกัดสารสกัดวีโอลไกลโคไซด์จากหญ้าหวานเพื่อผลิตเป็นไซรัปหญ้าหวานและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่*. https://www.agro.cmu.ac.th/agro64/school/fst/601499/research_exercise_journal/file_upload/581310011.pdf.
- บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด. (2560, 7 ธันวาคม 2566). *ไขความลับสูตรเบเกอรี่โฮมเมดด้วย Invert Sugar อร่อยชุ่มฉ่ำ ตรงปก*. <https://www.mitrpholsugar.com/blog/better-bake-used-invert-sugar/>.
- เบญจรงค์ อัจฉริยะโพธา, อังคณา จารุพินทุโสภณ, มนธิรา หล้าหนูเม่า และณัฐพงษ์ วงศ์พัฒน์. (2561). *การใช้หญ้าหวานในผลิตภัณฑ์ขนมชั้นเพื่อสุขภาพ*. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 1(1), 1-9.
- พิสมัย กุลกาญจนาธร. (2555, 11 มิถุนายน). *หวาน-ธรรมชาติ-เพื่อสุขภาพ*. <https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/107/หวาน-ธรรมชาติ-เพื่อสุขภาพ/>.
- พิสมัย กุลกาญจนาธร. (2557, 10 ตุลาคม). *หญ้าหวาน...หวานทางเลือก...เพื่อสุขภาพ*. <https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/221>.
- โรงพยาบาลวิชัยยุทธ. (2563, 12 ตุลาคม). *5 โทษของน้ำตาล อันตรายที่แสนหวาน*. <https://www.vichaiyut.com/th/health/informations/5>.
- วัฒนา วิริวุฒิก. (2563). *อัตราส่วนที่เหมาะสมของเจลาตินที่มีต่อการผลิตกัมมีน้ำสับประรดเสริมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว*. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 38(3), 400-407.
- ศศิธร มิ่งพินจรณ์, อาทิตยา เพชรนิล, และธันวารณณ์ วังหอม. (2561, 30 พฤศจิกายน). *การศึกษาการทำขนมมาร์ชเมลโลว์มะม่วงน้ำดอกไม้*. <https://anyflip.com/bivsn/mere>.
- ศิมาภรณ์ มีแสง, ไพศาล วุฒิจำนงค์, รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, และสุนนรัตน์ ชื่นพุด. (2546, 3-7 กุมภาพันธ์). *ผลของเจลาตินอัตราส่วนของซูโครส/กลูโคสไซรัป และกรดซิตริกต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่* [เอกสารนำเสนอ]. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย.

- ศูนย์อาชีพและธุรกิจมติชน. (2566, 1 พฤศจิกายน). *Marshmallow* ขนมนุ่มหนึบหนับกับประวัติที่น่าสนใจ
https://www.matichonacademy.com/content/article_58138.
- หทัยชนก กันตรัง. (2566, 18 กันยายน). หน้้าหวานสมุนไพรที่มีรสหวานแต่เปี่ยมไปด้วยคุณค่า. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/BKN/search_detail/result/20000876.
- อภิขชญา มัยตรีเดช, ปานจิต ป้อมอาสา, วิสันต์ บุญสาร, และสิริมา เกกิจวงศ์ตระกูล. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์วุ้นกรอบสตรอว์เบอร์รี่ลดพลังงานด้วยหน้้าหวาน. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(1), 141-150.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis, 17th ed. USA: The Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Du Toit L., Bothma C., De Wit M. and Hugo A. (2016). Replacement of gelatin with liquid *Opuntia ficus-indica* mucilage in marshmallows. Part 1: Physical parameters. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*. 18, 25-39.
- Food Travel. (2020, November 30). *Marshmallows* [Video]. Youtube. <https://youtube.com/GBC3o5fz6c0>.
- Johnston-Banks, F.A. (1990). Gelatine. In: Harris, P. (Eds.), *Food Gels. Elsevier Applied Food Science Series*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0755-3_7
- Gleiter, R. A., Horn, H. and Isengard, H. D. (2006). Influence of type and state of crystallisation on the water activity of honey. *Food Chemistry*. 96(3), 441-445.
- See S.F., Hong P.K., Wan Aida N.g.K.L., Babji A.S.W.M. (2010). Physicochemical properties of gelatins extracted from skins of different freshwater fish species. *International Food Research Journal*, 17(3), 809-816.
- Zheng, W., Kun, Y., Tom, B., Hiroe, K. and Katsuyoshi, N. (2014). The influence of agar gel texture on sucrose release. *Food Hydrocolloids*, 36, 196-203.