

ผลของชนิดของสารให้ความหวานต่อคุณภาพสเปรตกีวีผสมมะตาด (*Dillenia indica* Linn.)มนัญญา คำชิระพิทักษ์^{1*} สวรรส วรรณพราหมณ์² มงคล วงษ์พล³

Received : August 11, 2022

Revised : March 20, 2023

Accepted : March 27, 2023

บทคัดย่อ

ในปี พ.ศ. 2565 ประเทศไทยอยู่ในระยะสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (complete-aged society) ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพเป็นส่วนสำคัญในการดูแลสุขภาพและลดการเกิดโรคจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ลดความหวานจากการใช้ชูโครส

สเปรตกีวีผสมมะตาดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติหวานอมเปรี้ยวและหอมกลิ่นผลไม้ที่มีอัตราส่วนของเนื้อของผลไม้สูงถึงร้อยละ 70 และน้ำตาลร้อยละ 30 วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของชนิดของสารทดแทนความหวานที่ต่างกันต่อคุณภาพของสเปรตผสมมะตาด จำนวน 4 สูตร คือ สูตรควบคุม S100D0E0 ซึ่งใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 100 สูตร S50D50E0 ที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสลงร้อยละ 50 และแทนที่ด้วยสารทดแทนความหวานทางการค้า D (ประกอบด้วยซูคราโลส และอะซีซัลแฟมโพแทสเซียม) และสูตร S50D0E50 ที่แทนที่ด้วยสารอิริทริทอล (erythritol, E) ที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสลงร้อยละ 50 และแทนที่ด้วยสารทดแทนความหวาน และสูตร S0D50E50 ที่แทนที่ด้วยสารทดแทนความหวาน D และ E (คำนวณโดย relative sweetness)

การประเมินทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าความชอบโดยรวมของ S0D50E50 สูงที่สุดโดยแตกต่างจากการควบคุมในด้านกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของการเคี้ยวน้ำตาล การใช้สารทดแทนน้ำตาลซูโครสทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้นโดยผลิตภัณฑ์สูตร S0D50E50 มีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เท่ากับ 52.96, - 0.09 และ 11.97 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 62.75 องศาบริกซ์ ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เท่ากับ 0.88 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งเท่ากับ 46.66 กรัม ค่าแรงดึง 29.50 กรัม ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) ส่วนค่าความเหนียวยึดติด 5.40 มิลลิจูลน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์ได้

คำสำคัญ: กีวี มะตาด สเปรต สารทดแทนความหวาน สารให้ความหวาน

¹ รองศาสตราจารย์ ดร.หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

อีเมล: manunya@vru.ac.th

² นักศึกษา หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

อีเมล: sawarot.wan@vru.ac.th

³ นักศึกษา หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

อีเมล: mongkol.wong@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: manunya@vru.ac.th

EFFECT OF DIFFERENT SWEETENERS ON THE QUALITY AND ACCEPTABILITY OF MIXED SPREAD KIWI AND MA-TAD (*Dillenia indica* Linn.)

Manunya Khamwachiraphitak^{1*} Sawarot Wannapram² Mongkol Wonpoon³

Abstract

In 2022, Thailand is fully aging society. Most consumers pay more attention to health care. Health food products are an important part of health care and disease reduction. Therefore, there is an urgent need to develop products, especially products that reduce sweetness from the use of sucrose.

The Mixed Spread Kiwi fruit and Ma-tad (*Dillenia indica* Linn.) is a sweet and sour product that has a fruity aroma with a proportion of fruit pulp of up to 70% and sugar of 30%. The objectives of this research were studied the effect of different types of sweeteners on the quality of The Mixed Spread Kiwi fruit and Ma-tad (*Dillenia indica* Linn.) in 4 formulas, the control formula (S100D0E0; 100% sucrose), the S50D50E0 formula (50% sucrose content and replaced with commercial sweetener D (Nonnutritive Sweeteners had containing with sucralose and acesulfame potassium), and the S50D0E50 formula (replaced with 50% erythritol (E), and S100D0E0 formula (0% sucrose and substituted by D and E) calculated by relative sweetness.

Sensory evaluations showed that overall preference for S0D50E50 was highest, differing from controls in the characteristic odor of simmering sugar. The use of sucrose substitute tended to increase the brightness value of the product. Formula S0D50E50 had color values of L^* (lightness), a^* (redness) and b^* (yellowness). equal to 52.96, - 0.09 and 11.97 respectively, 62.75^oBrix, a_w was 0.88. The hardness of the product was 46.66 g, the adhesive force was 29.50 g, which was not different from the control formula ($P \geq 0.05$) but the adhesiveness was 5.40 mJ less than the control formula ($P \leq 0.05$). This developed product can be promoted as a commercial health product.

Keywords: Kiwi fruit, *Dillenia indica* Linn., Spread, Substituted sweetener, Sweeteners

¹ Associate Professor Dr., Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: manunya@vru.ac.th

² Undergraduate student, Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: sawarot.wan@vru.ac.th

³ Undergraduate student, Home economics Program, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: mongkol.wong@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: manunya@vru.ac.th

บทนำ

จากการที่ประเทศไทยเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ (Complete-aged society) ในปี พ.ศ. 2565 ทำให้ผู้บริโภคมหันมาใส่ใจกับการดูแลสุขภาพมากขึ้น อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่จะช่วยให้สุขภาพร่างกายแข็งแรงจึงทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เพื่อให้มีส่วนช่วยในการดูแลสุขภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดความหวานจากการใช้น้ำตาลมากขึ้นเรื่อย ๆ สารที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลทราย หรือ ซูโครสที่นิยมใช้กันมีหลายชนิด โดยสามารถจัดเป็นกลุ่มหลัก 2 กลุ่ม

สารทดแทนความหวานกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Sugar alcohols) หรือโพลีออล (Polyols) สารกลุ่มนี้มีรสหวานน้อยกว่าหรือเท่ากับน้ำตาลซูโครส สามารถให้พลังงานได้ แต่เนื่องจากสารเหล่านี้ถูกดูดซึมได้ช้ากว่าและไม่สมบูรณ์ บางส่วนของสารเหล่านี้จึงถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะมีการดูดซึมไปใช้ทำให้ร่างกายได้รับพลังงานน้อยกว่าและไม่กระตุ้นการหลั่งอินซูลินอย่างรวดเร็วเท่ากับน้ำตาลกลูโคสและซูโครส เช่น ซอร์บิทอล (Sorbitol) ซิลิทอล (Xylitol) อิริทริทอล (Erythritol) เป็นต้น (อรนาฏ มาตังคสมบัติ และพนิดา ธัญญศรีสังข์, 2562) อิริทริทอลเป็นสารทดแทนความหวานที่มีรสชาติคล้ายน้ำตาลทรายมาก มีระดับความหวานอยู่ที่ร้อยละ 60-70 ของน้ำตาลทราย อิริทริทอล เป็นสารทดแทนความหวานตามธรรมชาติที่มีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหาร มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในผลิตภัณฑ์อาหารลดพลังงาน เช่น ลูกอม หรือผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยอิริทริทอลมีค่าไกลซีมิกอินเด็กซ์ (Glycemic Index, GI) เท่ากับ 0 ให้พลังงาน 0.2 กิโลแคลอรีต่อกรัม และความหวาน 0.6-0.8 เท่า สารทดแทนความหวานซูคราโลส มีค่าไกลซีมิกอินเด็กซ์เท่ากับ 0 ให้พลังงาน 0 กิโลแคลอรีต่อกรัมและความหวาน 320.0-1,000 เท่าของน้ำตาลซูโครส (Regnat *et. al.*, 2018) อิริทริทอลมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ ทำให้ร้อยละ 90 ของอิริทริทอลที่รับประทานเข้าไปสามารถดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็กอย่างรวดเร็ว และถูกขับออกไปกับปัสสาวะโดยไม่เปลี่ยนโครงสร้าง (ร่างกายเผาผลาญเป็นพลังงานไม่ได้) และส่วนที่ไม่ได้ดูดซึมเข้าร่างกาย แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ก็ย่อยมันเป็นพลังงานได้ยากมาก จึงทำให้เกิดแก๊สหรือความไม่สบายท้องน้อยกว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์ตัวอื่นๆ ทำให้กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพประเภทอาหารคีโต นอกจากนี้อิริทริทอลมีความสำคัญอย่างยิ่งและอาจถือได้ว่าเป็นสารทดแทนน้ำตาลที่ต้องการสำหรับผู้ที่ เป็นโรคเบาหวานหรือก่อนเป็นเบาหวานที่เติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวาน อิริทริทอลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและถือได้ว่าเป็นสารทดแทนน้ำตาลที่ต้องการสำหรับผู้ที่ เป็นเบาหวานหรือก่อนเป็นเบาหวานที่เติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะแทรกซ้อนจากเบาหวาน ไม่ได้ส่งผลต่อระดับกลูโคสหรืออินซูลิน จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน รวมทั้งสำหรับผู้ที่ต้องการหรือต้องการจัดการระดับน้ำตาลในเลือด อันเนื่องมาจาก Prediabetes หรือการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตที่บกพร่อง (Boesten *et. al.*, 2015)

สารทดแทนความหวานกลุ่มที่ 2 เป็นสารทดแทนความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (Nonnutritive Sweeteners, NNS) ซึ่งไม่ให้พลังงานหรือให้พลังงานต่ำ เป็นสารที่ให้ความหวานมากกว่าสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงาน (caloric sweeteners) ในปริมาณน้ำหนัที่เท่ากัน ให้รสชาติหวานจัด ดังนั้นเมื่อใช้สารเหล่านี้ทดแทนสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงาน จึงสามารถใช้ปริมาณที่น้อยกว่าและไม่เพิ่มพลังงานในอาหารหรือเครื่องดื่ม ได้แก่ แซ็กคาริน (Saccharin) แอสปาร์แตม (Aspartame) อะซีซัลแฟม โฟแทสเซียม (Acesulfamepotassium, Ace-K) ซูคราโลส (Sucralose) โอแทม (Neotame) แอดวานแทม (Advantame) สารสกัดจากหญ้าหวานหรือสตีวิโอไซด์ (Stevioside) สารสกัดจากผลหลอฮังก้วย เป็นต้น โดยปัจจุบันสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่แพร่หลายในสหรัฐอเมริกาได้แก่ ซูคราโลส อะซีซัลแฟม โฟแทสเซียม และ แอสปาร์แตม (อรนาฏ มาตังคสมบัติ และ พนิดา ธัญญศรีสังข์, 2562) โดยซูคราโลสเป็น

สารทดแทนความหวานซึ่งมีความหวานสูงเป็น 600 เท่าของน้ำตาลทราย ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ให้ใช้เป็นสารทดแทนความหวานทั่วไปได้ (General-purpose sweetener) ซูคราโลสมีข้อดี คือ รสชาติดี คล้ายน้ำตาล ไม่มีรสขม ใช้ได้หลากหลาย ทนความร้อนในการหุงต้มและอบเนื่องจากซูคราโลสมีความหวานสูงมาก ดังนั้นจึงใช้ในปริมาณน้อยมาก ทำให้จำเป็นต้องหาสารประกอบอื่นมาผสมเพื่อเพิ่มปริมาณบรรจุของส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้จะมีการใช้ร่วมกับสารทดแทนความหวานชนิดอื่น เช่น ในผลิตภัณฑ์สารทดแทนยี่ห้อ D ที่มีส่วนผสมอิริทริทอลและซูคราโลสเป็นส่วนผสม เป็นต้น ตัวอย่างการใช้ซูคราโลสทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครส เช่น นำซูคราโลสมาทดแทนน้ำตาลซูโครสในอาหารว่างพลังงานต่ำสำหรับผู้สูงอายุ 3 ชนิดคือ ขนมทองเอกทดแทนในระดับร้อยละ 75 ขนมอาลัวทดแทนในระดับร้อยละ 50 และขนมขอม่วงทดแทนในระดับร้อยละ 50 ทำให้อาหารมีพลังงานและน้ำตาลลดลงจากการทดแทนด้วยน้ำตาลซูคราโลสและนมชาดมันเนย ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบ เฉลี่ยในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสระดับชอบมาก (วิชชุมา เตชะสิริวิชย, 2563)

ผลิตภัณฑ์ประเภทแยม เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง การลดความหวาน โดยใช้สารทดแทนความหวานทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครสส่งผลต่อคุณสมบัติการให้ความหนืดของส่วนผสมแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดและระดับการทดแทนของสารทดแทนความหวาน (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์, 2555) แยมโดยทั่วไปความเข้มข้นของน้ำตาลเป็นส่วนทำให้เกิดความแข็งแรงของโครงสร้างเจลมีส่วนทำให้เกิดคตินในน้ำผลไม้ตกตะกอนเป็นเจล ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดคือร้อยละ 67.5 ถ้าความเข้มข้นน้อยกว่านี้เจลจะอ่อน แต่ถ้าความเข้มข้นสูงกว่านี้จะเกิดการตกผลึก โดยปริมาณความหวานในแยมไม่ควรเกิน 70 องศาบริกซ์ ในการทำแยมโดยทั่วไปน้ำตาลที่ใช้คือน้ำตาลทรายหรือที่เรียกว่าน้ำตาลซูโครส (มนัญญา คำชะริะพิทักษ์, 2561) ตัวอย่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เช่น แยมเคพกูสเบอร์รี่พลังงานต่ำ สำหรับผู้ป่วยเบาหวานโดยใช้สารสกัดหญ้าหวานทดแทนน้ำตาล สามารถลดปริมาณน้ำตาลลงร้อยละ 75 และใช้สารสกัดหญ้าหวานที่ 250 ส่วนในล้านส่วน (ppm) มีค่าพลังงานอยู่ที่ 265.34 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.10 และ 65.72 กรัม ต่อ 100 กรัม 100 กรัม (รัชนิ ไสยประจง และคณะ, 2561) การใช้ฟรุคโตสไอโซปรูมกับซูคราโลสในแยมผลไม้รวม (มนัญญา คำชะริะพิทักษ์ และคณะ, 2559) เป็นต้น

สเปรตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับทาขนมปัง สามารถทำจากผลไม้ได้หลากหลายชนิด สเปรตกีวีผสมมะตาดมีลักษณะคล้ายกับแยม มีจุดเด่นคือมีเนื้อของผลไม้สูงถึงร้อยละ 70 ผู้วิจัยและคณะ (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565) ได้แปรรูปเป็นสเปรตจากผลไม้สดอ่อนสายพันธุ์ข้าวเหนียว ซึ่งเป็นพืชพื้นถิ่นที่ชาวอมูร์รู้จักกันดี ผสมกับผลไม้ที่ได้รับความนิยมคือ กีวีเพื่อให้เป็นสเปรตที่เข้าถึงคนรุ่นใหม่ได้ง่าย เป็น สเปรตกีวีผสมมะตาด เป็นการอนุรักษ์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลไม้สด มีกลิ่นหอม มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว และได้สรรพคุณจากมะตาด (*Dillenia indica* Linn.) ที่มีสารฟลาโวนอยด์และสารฟีนอลิกซึ่งมีฤทธิ์ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง ต้านอาการท้องร่วง ยาต้านจุลชีพ (Gandhi & Mehta, 2013) เมื่อนำผลไม้สดแห้งบดละเอียดมาสกัดพบว่า สารสกัดน้ำจากผลไม้สดมีปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 15.7596 มิลลิกรัมสมมูล แกลลิกตอพิซแห้ง 1 กรัม และ 12.1592 มิลลิกรัมสมมูลแคทีชินตอพิซแห้ง 1 กรัม (การะเกตุ โบอ่องเจริญลาภ และคณะ, 2561) มะตาดมีสรรพคุณช่วยลดอัตราเสี่ยงของโรคมะเร็ง ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ช่วยชะลอการแก่ก่อนวัย และโรคความจำเสื่อม เป็นต้น เนื่องจากผลไม้สดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ (การะเกตุ โบอ่องเจริญลาภ และคณะ, 2561) มะตาดถูกนำมาผสมกับกีวีสายพันธุ์ Bruro ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือเท่ากับ 50 ต่อ 50 และมีสัดส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565) อย่างไรก็ตาม ด้วย

กระแสรักสุขภาพ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาต่อยอดในการทำเป็นสเปรตกีวีผสมมะตาดให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ โดยศึกษาชนิดและปริมาณของสารทดแทนความหวานเพื่อทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครส ในผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะตาด พร้อมทั้งศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การศึกษาการใช้สารทดแทนความหวานในผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะตาดที่เหมาะสมต่อการทำสเปรตกีวีผสมมะตาด
2. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบและการผลิตสเปรต

1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำกีวีพันธุ์ Bruno ที่สุกจัดมาล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ (ขนาด 1×1×1 เซนติเมตร) นำทั้งน้ำและเนื้อไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ในตู้แช่แข็ง (Sharp รุ่น SJ-CX200T-W ประเทศญี่ปุ่น) เพื่อรอการผลิตเป็นสเปรต สำหรับมะตาดผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ (ตามกรรมวิธีที่ได้ ขออนุญาตสิทธิบัตร เลขที่ 2103002960) นำไปแช่แข็งที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการผลิตเป็นสเปรต ก่อนนำไปผลิตให้นำออกมาจากตู้แช่แข็ง แล้วนำไปผสมน้ำสะอาดที่อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และปั่นด้วยเครื่องปั่น (Philips รุ่น HR2061, ประเทศจีน) ที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 30 วินาที (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565) วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำสเปรตกีวีผสมมะตาดแสดงดังภาพที่ 1



เนื้อมะตาดปั่น



เนื้อกีวี

ภาพที่ 1 ผลมะตาด เนื้อมะตาดแช่เยือกแข็ง เนื้อมะตาดปั่นและเนื้อกีวี

1.2 กรรมวิธีการผลิตสเปรต

นำกีวีและมะตาดมาละลายน้ำแข็ง ซึ่งส่วนผสมที่มีส่วนผสมของกีวีและมะตาด โดยใช้สูตรสเปรตกีวีผสมมะตาดของ สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ (2565) ที่มีสัดส่วนของกีวีต่อมะตาดเท่ากับ 50 ต่อ 50 โดยน้ำหนักและมีสัดส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 โดยน้ำหนัก (สูตรควบคุม) นำไปต้มให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และใส่สารทดแทนความหวานตามปริมาณที่กำหนดในแต่ละสูตร โดยแบ่งน้ำตาลส่วนหนึ่งผสมกับเพคตินให้เข้ากัน เมื่อใกล้ได้ความหนืดที่ต้องการ ตามด้วยเพคตินที่ผสมน้ำตาลลงไป ต้มต่อนาน 17 นาที หรือปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 60 ถึง 65 องศาบริกซ์

หลังจากนั้นปิดไฟ บรรจุลงภาชนะปิดสนิท ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องรอให้เซตตัว (มนัญญา คำชิริพิทักษ์ และคณะ, 2559; สวรรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565)

2. ศึกษาชนิดของสารทดแทนความหวานที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์กวีวีเสริมมะตาด

ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาชนิดของสารทดแทนความหวานที่ต่างกันในผลิตภัณฑ์เปรตกีวีผสมมะตาดจำนวน 4 สูตร โดยใช้สูตรสเปรตกีวีผสมมะตาดของ สวรรส วรรณพราหมณ์ และคณะ (2565) ที่มีสัดส่วนของกีวีต่อมะตาดเท่ากับ 50 ต่อ 50 และมีสัดส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 เป็นสูตรควบคุม

สารให้ความหวานที่ให้พลังงานคือ สูตรควบคุม คือใช้น้ำตาลซูโครส (S) ร้อยละ 100 (S100D0E0) เปรียบเทียบกับการใช้สารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงาน 2 ชนิด คือ สารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานทางการค้า D (ประกอบด้วยซูคราโลส และอิริทริทอล) และ อิริทริทอล (E; Erythritol) ทดแทนน้ำตาลซูโครส 3 สูตร คือ สูตร S50D50E0, S50D0E50 และ S0D50E50 โดยสูตร S50D50E0 เป็นสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารให้ความหวานทางการค้า (D) ซึ่งประกอบด้วยสารทดแทนความหวานชนิดผสม ในอัตราส่วน 50 ต่อ 50 (คำนวณโดย Relative sweetness) และ สูตร S50D0E50 เป็นสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารอิริทริทอล (E) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานทางการค้า นิยมในกลุ่มคนรักสุขภาพ ประเภทอาหารคีโตและลดความหวานจากน้ำตาลซูโครส ในอัตราส่วน 50 ต่อ 50 (คำนวณโดย relative sweetness) และสูตร S0D50E50 เป็นสารผสมระหว่างสารทดแทนความหวานทางการค้า (D) และสารอิริทริทอล (E) ในสัดส่วน 50 ต่อ 50 (คำนวณโดย relative sweetness) เช่นกัน

3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค และวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

การทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิม ในคุณลักษณะด้าน สี กลิ่น รสชาติเปรี้ยว รสชาติหวาน เนื้อสัมผัส (ความยากง่ายในการสเปรด) และความชอบโดยรวม ทำการทดสอบจำนวน 2 ซ้ำ ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยใช้เกณฑ์การทดสอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) คือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

วัดค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่อง Konica Minolta Minolta (รุ่น CR – 400 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) ด้วยเครื่อง Hand-Held Refractometer (Atago รุ่น ATC-2E ประเทศญี่ปุ่น)

วัดค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity, a_w) ด้วยเครื่อง novasina (รุ่น LabSwift- a_w ประเทศสหรัฐอเมริกา)

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง Pocket pH Meter (Milwaukee Martini รุ่น pH56 ประเทศสหรัฐอเมริกา)

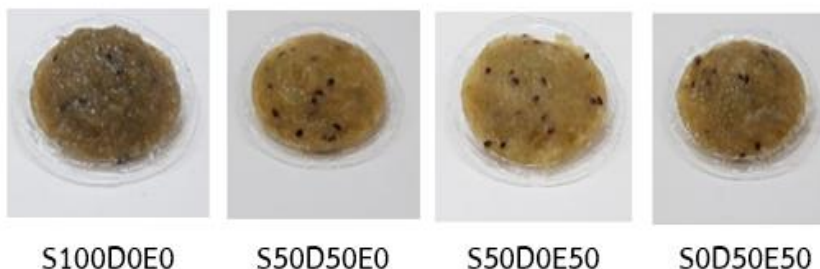
วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ยี่ห้อ Brookfield (รุ่น CT3 ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยใช้หัววัด TA18 12.7 mm. dia. ด้วยแรงกด 1 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยบันทึกค่าความแข็ง (Hardness) ค่าแรงดึงความเหนียวยึดติด (Adhesive) และ ค่าการยึดติด (Adhesiveness)

4. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองนี้ การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับลักษณะการทดสอบทางกายภาพ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan New Multiple Range's Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

อัตราส่วนของกวีต่อมะตาดเท่ากับ 50 ต่อ 50 และมีอัตราส่วนผลไม้ต่อน้ำตาลซูโครส เท่ากับ 70 ต่อ 30 เป็นสูตรควบคุม (S100D0E0) เปรียบเทียบระหว่างสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงานคือ สูตร S50D50E0, S50D0E50 และ S0D50E50 ลักษณะของผลิตภัณฑ์แสดงดังภาพที่ 2 และผลทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 สเปรตกวีเสริมมะตาด ที่ใช้ชนิดของสารทดแทนความหวานที่แตกต่างกัน

S100D0E0 สเปรตที่ใช้น้ำตาลซูโครส (S) ร้อยละ 100

S50D50E0 สเปรตสูตรที่มีสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารให้ความหวานทางการค้า (D) เท่ากับ 50 ต่อ 50

S50D0E50 สเปรตสูตรที่มีสารผสมระหว่างซูโครส (S) และสารอิริทริทอล (E) เท่ากับ 50:50

S0D50E50 สเปรตสูตรที่มีสารผสมระหว่างสารให้ความหวานทางการค้า (D) และสารอิริทริทอล (E) เท่ากับ 50 ต่อ 50

จากภาพที่ 2 ลักษณะสเปรตที่ได้มีสีใกล้เคียงกัน คือ สีเหลืองอมเขียว ตามลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้คือ มะตาดเหลือง และกวีซึ่งมีสีเขียว โดยสูตรควบคุมมีสีเข้มกว่าสูตรที่ใช้สารทดแทนความหวานเล็กน้อยสอดคล้องกับค่าสี b^* (ตารางที่ 2) ซึ่งเป็นผลจากปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลของน้ำตาลซูโครสในระหว่างการผลิต

ตารางที่ 1 คะแนนความชอบของสเปรตกีวีผสมมะตาดที่ใช้ชนิดของสารทดแทนความหวานที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	S100D0E0	S50D50E0	S50D0E50	S0D50E50
สี ^{ns}	7.45±1.27	6.75±0.85	6.85±1.08	7.30±0.24
รสชาติเปรี้ยว ^{ns}	7.50±0.74	7.25±0.91	7.30±0.97	7.50±0.94
รสชาติหวาน ^{ns}	7.20±1.05	7.05±0.82	7.05±1.27	7.20±1.05
กลิ่น	7.75±0.91 ^a	7.00±0.85 ^b	7.25±0.85 ^a	7.20±1.00 ^b
ความยากง่ายในการสเปรต	7.40±1.18 ^a	6.70±1.21 ^b	7.15±1.22 ^b	7.55±1.19 ^a
ความชอบโดยรวม	7.65±0.87 ^a	6.80±0.95 ^b	7.40±1.04 ^{ab}	7.50±1.14 ^a

หมายเหตุ ^{a-b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 1 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารทดแทนความหวานที่ให้พลังงาน สูตร S100D0E0 กับสารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงาน สูตร S0D50E50 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ทั้งทางด้านสี รสชาติเปรี้ยว รสชาติหวาน ความยากง่ายในการสเปรต และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับทางด้านกลิ่นของสูตรที่มีน้ำตาลซูโครสมากกว่า

หากเปรียบเทียบในกลุ่มที่มีทดแทนด้วยสารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานร้อยละ 50 ซึ่งได้แก่ สูตร S50D50E0 และ S50D0E50 พบว่าได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันในด้านสี รสชาติเปรี้ยว รสชาติหวาน ความยากง่ายในการสเปรต และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับทางด้านกลิ่นของสูตร S50D0E50 ที่มีน้ำตาลซูโครส (S) ผสมกับอิริทริทอล (E) มากกว่า แต่เมื่อเทียบกับการใช้สารทดแทนความหวานที่ให้พลังงานร้อยละ 100 (สูตร S100D0E0) สูตรที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบใกล้เคียง คือ สูตร S50D0E50

โดยสำหรับด้านสี พบว่า ทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) แสดงว่าปริมาณของชนิดน้ำตาลต่างๆ ไม่มีผลต่อความชอบทางด้านสี แต่หากดูจากแนวโน้มค่าคะแนนจะพบว่าสูตรควบคุมมีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด คือ 7.45 คะแนน รองลงมาคือ S0D50E50 (7.30 คะแนน), S50D0E50 (6.65 คะแนน) และ S50D50E0 (6.75 คะแนน) ตามลำดับ ในด้านรสชาติเปรี้ยวและรสชาติหวาน พบว่า ทุกสูตรได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) โดยในด้านรสชาติเปรี้ยวมีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง (7.25 – 7.50 คะแนน) เช่นเดียวกับด้านรสชาติหวาน (7.05 – 7.20 คะแนน) หากดูจากแนวโน้มค่าคะแนนจะพบว่าสูตรควบคุม และสูตร S0D50E50 มีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด ด้านกลิ่น สูตรที่ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดคือ สูตรควบคุม (7.75 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับสูตร S50D0E50 (7.25 คะแนน) รองลงมาคือ สูตร S0D50E50 (7.20 คะแนน) และสูตร S50D50E0 (7.00 คะแนน)

สำหรับด้านความยากง่ายในการสเปรต สูตรที่ได้รับคะแนนการยอมรับมากที่สุดคือ สูตร S0D50E50 (7.55 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม (7.40 คะแนน) มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง รองลงมาคือ สูตร S50D0E50 (7.15 คะแนน) และ S50D50E0 (6.70 คะแนน) และสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ สูตรควบคุม (7.65 คะแนน) ซึ่งไม่แตกต่างกับ สูตร S0D50E50 (7.50 คะแนน)

มีค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง รองลงมา คือ สูตร S50D0E50 (7.40 คะแนน) และ S50D50E0 (6.80 คะแนน)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของสเปรตกีวีผสมมะตาดที่ใช้ชนิดของสารทดแทนความหวานที่แตกต่างกัน

คุณภาพ	S100D0E0	S50D50E0	S50D0E50	S0D50E50
ค่าสี				
L^*	51.15±1.38 ^b	54.42±2.63 ^a	53.31±2.70 ^{ab}	52.96±0.65 ^{ab}
a^{*TS}	-0.18±0.14	0.07±0.36	-0.25±0.14	-0.09±0.57
b^*	7.60±1.34 ^b	12.39±2.23 ^a	11.56±1.61 ^a	11.97±0.73 ^a
เวลาที่ใช้ในการต้มเคี่ยว	17 นาที	22 นาที	22 นาที	22 นาที
TSS (องศาบริกซ์)	60.50±0.53 ^c	62.87±0.35 ^a	62.00±0.00 ^b	62.75±0.46 ^a
a_w	0.85±0.02 ^c	0.90±0.02 ^a	0.84±0.00 ^c	0.88±0.00 ^b
Hardness (g)	167.16±88.88 ^{ab}	100.33±51.34 ^b	338.00±323.85 ^a	40.66±11.07 ^b
Adhesive force (g)	89.16±39.33 ^{ab}	71.33±35.63 ^{ab}	110.83±82.35 ^a	29.50±10.17 ^b
Adhesiveness (mJ)	10.98±2.07 ^a	12.33±6.10 ^a	11.26±5.93 ^a	5.40±1.71 ^b

หมายเหตุ ^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การใช้สารทดแทนความหวานยังส่งผลต่อคุณสมบัติการให้ความหนืดของส่วนผสมแตกต่างกันขึ้นกับชนิด และระดับการทดแทนของสารทดแทนความหวาน (ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์, 2555) และน้ำตาลเมื่อต้มเคี่ยวจะส่งผลของความข้นหนืดของส่วนผสมสเปรต ดังนั้นเมื่อลดปริมาณน้ำตาลซูโครส (S) ลงและทดแทนด้วยสารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานชนิด D และ E จึงทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาในการต้มเคี่ยวเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหนืด เมื่อวิเคราะห์หาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของสเปรต พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด อยู่ในช่วง 60 - 62 องศาบริกซ์ โดยสูตรที่ลดปริมาณน้ำตาลซูโครสและใช้สารทดแทนความหวานอื่นทดแทนนั้นต้องเพิ่มระยะเวลาในการต้มเคี่ยวจากสูตรควบคุมจาก 17 นาทีเป็น 22 นาที เพื่อให้ได้เนื้อสเปรตที่เหมาะสม ดังภาพที่ 2

จากตารางที่ 2 ค่าการวัดเนื้อสัมผัส เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลซูโครสร้อยละ 50 ด้วยสารทดแทนความหวาน D และ E พบว่า สูตรที่ใช้สาร E (S50D0E50) จะช่วยให้เกิดเนื้อสัมผัสที่มากกว่าสาร D (S50D50E0) (ตารางที่ 3) ซึ่งพบว่าสูตร S50D0E50 มีค่าความแข็งมากกว่า และมีแนวโน้มค่าแรงดึงความเหนียวยึดติดและค่าการยึดติดมากกว่าสูตร S50D50E0 โดย สูตร S50D0E50 มีค่าเท่ากับ 338.00 กรัม, 110.83 กรัม, 11.26 มิลลิจูล โดยมีค่ามากกว่าทุกสูตร รองลงมา คือสูตร S100D0E0 (สูตรควบคุม)

สำหรับสูตร S0D50E50 ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่มีน้ำตาลซูโครสในส่วนผสมเลยมีค่าความแข็ง ค่าแรงดึง ความเหนียวยืดติด และค่าการยืดติดน้อยที่สุด ลักษณะเจลมีการเกาะกันในลักษณะเจลแข็งแต่เปราะ สามารถสเปรตได้ ไม่เหนียวยืดติดเมื่อเทียบกับสูตรที่มีน้ำตาลซูโครส แม้จะใช้เวลาการต้มเคี่ยวเป็นเวลา 22 นาทีแล้วก็ตาม แสดงว่าทั้งชนิดปริมาณของสารทดแทนความหวานมีผลต่อเนื้อสัมผัส ประกอบกับในส่วนผสมของผลไม้ สูตรสเปรตนี้แม้จะมีเนื้อผลไม้ถึงร้อยละ 70 แต่มีมะตาดถึงร้อยละ 35 (กวีต่อมะตาด เท่ากับ 1 ต่อ 1) ด้วยลักษณะเนื้อมะตาดที่มีการยึดเกาะแน่น และมีเสี้ยนของผลมาก มีส่วนของสารทดแทนความหวานเพียงร้อยละ 30 ประกอบกับมะตาดเป็นพืชผลที่มีกากใยสูง จึงมีส่วนช่วยในการพองโครงสร้างของสเปรตได้มากกว่าสูตรแยมทั่วไป

ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของกมลทิพย์ กรรไพบระ (2561) โดยซูโครสช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในเจลทำให้เกิดโครงสร้างสามมิติ มีผลทำให้โครงสร้างของเจลแข็งแรง (Evageliou, et al., 2010) การใช้เป็นสารทดแทนความหวานจึงมีความแข็งแรงของเจลลดลง เมื่อเทียบกับกัมมีเยลลี่ที่ใช้ซูโครสเป็นสารทดแทนความหวาน เมื่อความแข็งแรงของเจลลดลง แรงที่ใช้ในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์ก็น้อยลง ส่งผลให้ค่าการบดเคี้ยวลดลงด้วย (กมลทิพย์ กรรไพบระ, 2561) และในการลดพลังงานในการบริโภคให้ลดลง สามารถทำได้โดยการใช้สารทดแทนความหวานชนิดอื่นๆ ในการผลิตแทนน้ำตาล เช่นในการใช้ซูคราโลสปริมาณน้อยมากจึงไม่สามารถใช้ซูคราโลสเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องใช้ร่วมกับสารที่ให้น้ำ (bulking agent) ในการทดแทนซูโครส ในผลิตภัณฑ์อาหาร (Akesowan, 2009) เช่น ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมผลไม้เพื่อลดพลังงานจากน้ำตาล สามารถพัฒนาต่อได้ การใช้สารทดแทนความหวานที่ไม่ให้พลังงานร่วมกับการใช้สารที่ช่วยให้เจลคงตัวมากขึ้นโดยไม่อาศัยความข้นหนืดของน้ำตาล (มนัญญา คำวชิระพิทักษ์ และคณะ, 2559) อย่างไรก็ตามคาดว่าความแข็งแรงนี้จะเพิ่มขึ้นหากใช้ผลมะตาดที่มีความแก่มากขึ้น ดังนั้นในการนำผลมะตาดมาใช้ประโยชน์ในลักษณะที่สเปรต หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมีเนื้อเจลด้วยนั้นต้องคำนึงถึงระดับความแก่และความเสี้ยนแข็งในเนื้อมะตาดด้วย (สวรส วรรณพราหมณ์ และคณะ, 2565)

นอกจากนั้นชนิดและสัดส่วนของสารทดแทนความหวานส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ จากภาพที่ 1 สีของสูตรควบคุมจะมีสีที่ค่อนข้างหม่นกว่าสูตรอื่นที่มีปริมาณซูโครสน้อยกว่าหรือไม่มีเลย โดยจากค่าความสว่าง (L^*) จะเห็นได้ว่าส่งผลต่อความสว่างของผลิตภัณฑ์โดยสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 100 (สูตรควบคุม S100D0E0) สว่างน้อยที่สุด เช่นเดียวกับค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) สำหรับค่าความเป็นสีเขียว (a^*) ของทุกสูตรไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์นั้นเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลทั้งในส่วนของน้ำตาลในผลไม้เองโดยเฉพาะในกีวและน้ำตาลซูโครสที่ต้มเคี่ยวในแต่ละสูตร ยกเว้นที่ใช้สารทดแทนความหวานที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมล สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยนุสรณ์ น้อยด้วง และนคร บรรดิจ(2558) ซึ่งใช้มอลทิทอลและซูคราโลสเป็นสารทดแทนความหวานแทนซูโครส โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของมอลทิทอลมีผลทำให้ค่าสีเพิ่มขึ้นและความสว่างเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นกมลทิพย์ กรรไพบระ (2561) ซึ่งได้ศึกษาการทดแทนด้วยน้ำตาลต่างชนิดกันในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ โดยใช้ซูคราโลสที่ไม่มีหมู่รีดิวซ์ จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลทำให้ค่าสี L^* สูงขึ้น หรือผลิตภัณฑ์มีความสว่างมากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันด้วย ชนิดของสารทดแทนความหวานยังมีผลต่อค่า a_w ของสเปรตกีวผสมมะตาดสูตรควบคุมซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.85 และเมื่อมีการทดแทนด้วยสารทดแทนความหวานชนิด D และ E ค่า a_w ยังคงมีแนวโน้มมากกว่า แม้จะเพิ่มเวลาในการต้มเคี่ยวเพิ่มขึ้นแล้วก็ตาม สอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์ (2555) ที่เติมสารทดแทนความหวานทดแทนน้ำตาลทรายมีแนวโน้มทำให้ฝอยทองมีปริมาณความชื้นและค่า a_w เพิ่มขึ้น เมื่อลดปริมาณซูโครสทำให้ปริมาณของแข็งลดลง ส่งผลให้

ของแข็งไปจับกับน้ำลดลง ส่วนการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์สามารถป้องกันได้โดยควบคุมค่าความเป็นกรดต่างหรือค่าพีเอช (pH) ให้มีค่าน้อยกว่า 5 และค่า a_w ต่ำกว่า 0.85 (กมลทิพย์ กรรไพบระ, 2561) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 3.3 – 3.4 (ไม่ได้แสดงข้อมูล) โดยมีรสเปรี้ยวจากมะตาด (มะตาดป็น มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.2) จึงน่าจะช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ให้เก็บได้นานขึ้นสอดคล้องกับ กมลทิพย์ กรรไพบระ (2561) ที่ใช้ซูโคราไลสทดแทนน้ำตาลซูโครสในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ได้ในระดับร้อยละ 50 โดยได้รับคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุป

ชนิดและระดับการทดแทนของสารทดแทนความหวานส่งผลต่อคุณสมบัติความแข็ง ค่าแรงดึงความเหนียวยืดติด ค่าการยืดติด และสีของผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะตาด สูตรที่ดีที่สุดคือ สูตร S50D0E50 ซึ่งเป็นสูตรที่ไม่มีน้ำตาลซูโครสเลย ความชอบโดยรวมของสูตร SOD50E50 สูงที่สุด และมีแตกต่างจากการควบคุมในด้านกลิ่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของการเคี้ยวน้ำตาล นอกจากนั้นการใช้สารทดแทนน้ำตาลซูโครสทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยผลิตภัณฑ์สูตร SOD50E50 มีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เท่ากับ 52.96, - 0.09 และ 11.97 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับ 62.75 องศาบริกซ์ ค่ากิจกรรมของน้ำ (a_w) เท่ากับ 0.88 ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง เท่ากับ 46.66 กรัม ค่าแรงดึง 29.50 กรัม ไม่แตกต่างกับสูตรควบคุม ($P \geq 0.05$) ส่วนค่าความเหนียวยืดติด 5.40 มิลลิจูลน้อยกว่าสูตรควบคุม ($P \leq 0.05$)

อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าต้องการลดปริมาณซูโครสมากเพียงใด คือ ต้องการลดพลังงานจากซูโครสเพียงครั้งหนึ่ง หรือไม่ได้รับพลังงานจากซูโครสเลย สำหรับกรณีที่ต้องการลดซูโครสเพียงครั้งหนึ่งสามารถทดแทนด้วยอิทธิพลได้ (สูตร S50D0E50) ซึ่งมีข้อดีคือ ยังคงรักษากลิ่นเฉพาะตัวที่ผู้บริโภคคุ้นชินอันเกิดจากการดื่มเคี้ยวน้ำตาลในระหว่างการผลิตได้ แต่หากไม่ต้องการรับพลังงานจากซูโครสเลย สามารถเลือกสูตร SOD50E50 แต่สูตรนี้จะได้รับการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่าเพราะไม่มีกลิ่นอันเกิดจากการดื่มเคี้ยวน้ำตาล ซึ่งผลิตภัณฑ์สเปรตกีวีผสมมะตาดที่พัฒนาขึ้นทั้งสองสูตรนี้นอกจากจะเป็นการอนุรักษ์และเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลไม้แล้วยังสามารถส่งเสริมให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

- กมลทิพย์ กรรไพบระ. (2561). ผลของการใช้สารทดแทนน้ำตาลต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่ด้าหลา. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**, 23(2), 944-958.
- การะเกตุ โบอ่อนเจริญลาภ, ศรีวรรณ อ่อนบัว, และอรุณรัตน์ สันฐิติกวินสกุล. (2561). ปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดน้ำจากผลมะตาด. งานประชุมวิชาการระดับชาติ งานประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 10 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. หน้า 1-7.
- วันที่ 29 - 30 มีนาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม.
- ณัฐรัตน์ ศรีสังวาลย์. (2555). การปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของขนมอั่วและฝอยทอง โดยการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- ปิยนุสรณ์ น้อยดวง, และนคร บรรดิจ. (2558). การใช้มอลทิทอลและซูคราโลสในการผลิตคุกกี้เนยแคลอรีต่ำ. **สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี**, 4(2), 42-51.
- มนัญญา คำชะอีพิทักษ์. (2561). **วิทยาศาสตร์เพื่อการถนอมและแปรรูปอาหาร สำหรับนักคหกรรมศาสตร์.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี.
- มนัญญา คำชะอีพิทักษ์, พะยอม รอดเล็ก, มรกต กิจเจา, สุวิญา สิงห์ทอง, เบญจางค์ อัจฉริยะโพธา, จุฑารัตน์ พงษ์โนรี, กนกวรรณ ปุณณะตระกูล, ทรงพลธนาฤทธิ์ มฤคธีฐานแปลง, และ เบญจพรรณ บุรวัฒน์. (2559). ผลของสารให้ความหวานฟรุคโตสไซรัปและซูคราโลสที่มีต่อคุณลักษณะบางประการของแยมผลไม้ผสม. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 11(2), 15-23.
- รัชนี ไสยประจาง, สุรพงษ์ พินิจกลาง, และวิจิตรา บำรุงนอก. (2561). การพัฒนาแยมเคฟกูสเบอร์รี่พลังงานต่ำสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 49(2)(พิเศษ), 65-68.
- วิชชุมา เตชะสิริวิชัย. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างพลังงานต่ำสำหรับผู้สูงอายุ. **วารสารวิจัยราชภัฏธนบุรีรับใช้สังคม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี**, 6(2), 43-62.
- สรวส วรรณพราหมณ์, มงคล วงษ์พูล, และ มนัญญา คำชะอีพิทักษ์. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรดกวีผสมมะตาด (*Dillenia indica* Linn.) เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบในชุมชนมอญสามโคก จ.ปทุมธานี. **วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 17(1), 17-28.
- อรนาฏ มาตังคสมบัติ, และพนิดา ธัญญศรีสังข์. (2019). สารให้ความหวานแทนน้ำตาลกับผลต่อสุขภาพร่างกายและสุขภาพช่องปาก. **J DENT ASSOC THAI**, 69(4), 379-397.
- Akesowan, A. (2009). Quality of Reduced-Fat Chiffon Cakes Prepared with Erythritol-Sucralose as Replacement for Sugar. **Pakistan Journal of Nutrition**, 8(9), 1383-1386.
- Boesten, Daniëlle M.P.H.J., Gertjan J.M. den Hartog, & Peter de Cock. (2015). Health effects of erythritol. **Nutrafoods**, 14(1), 1-7. DOI 10.1007/s13749-014-0067-5
- Gandhi, D., & Mehta, P. (2013). *Dillenia indica* Linn. and *Dillenia pentagyna* Roxb.: Pharmacognostic, Phytochemical and Therapeutic aspects. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, 3(11), 134-142. DOI: 10.7324/JAPS.2013.31124
- Evageliou, V., Mazioti, M. Mandala, I. & Komaitis, M. (2010). Compression of gellan gels, Part II: Effect of sugars. **Food Hydrocolloid**, 24(4), 392-397. DOI:10.1016/j.foodhyd.2009.11.005
- Regnat K., Mach R. L. , & Mach-Aigner, A. R. . (2018). Erythritol as sweetener-wherefrom and whereto?. **Appl Microbiol Biotechnol.**, 102(2), 587-595.