

ผลของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลต่อลักษณะทางกายภาพ เคมี และ ประสาทสัมผัสของแยมถั่วฝักยาวสีม่วง

Effects of Alternative Sweeteners on Physical, Chemical and Sensory Characteristics of Purple Yard Long Bean Jam

ณัฐนิชา ทวีแสง^{1*} กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ² และ ไกรยศ แซ่ลิ่ม²

Natnicha Thaweeseang^{1*}, Kanyarat Lueangprasert² and Kraiyot Saelim²

Received: 5 April 2020, Revised: 11 November 2020, Accepted: 8 December 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบผลของอัตราส่วนของของชูโครสต่อสารให้ความหวาน (ไซลิทอล และ ซูคราโลส) ต่อลักษณะคุณภาพของแยมถั่วฝักยาวสีม่วง โดยในการทดลองได้แปรอัตราส่วนของชูโครสต่อสารให้ความหวานเป็น 20:35 10:45 และ 0:55 นอกจากนี้ยังได้เตรียมแยมที่มีลักษณะส่วนประกอบของชูโครสเพื่อเปรียบเทียบด้วย จากการทดลองพบว่า การเพิ่มการทดแทนด้วยชูโครสด้วยไซลิทอลและซูคราโลสทำให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของตัวอย่างแยมเพิ่มขึ้น ตัวอย่างแยมที่มีระดับของชูโครสต่อสารให้ความหวานในปริมาณต่างๆ มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.02-3.52 แยมที่มีส่วนผสมของซูคราโลสมีค่า a_w สูงกว่าแต่มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่า rupture strength ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้ไซลิทอล ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างแยมที่ผลิตจากชูโครสต่อไซลิทอลเป็น 20:35 มีค่าคะแนนความชอบในด้าน สีกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส การกระจายตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมเทียบกับตัวอย่างสูตรควบคุม ($p > 0.05$) นอกจากนี้แล้วยังมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: ถั่วฝักยาวสีม่วง, ไซลิทอล, ซูคราโลส, แยม

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71190

¹ Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Nong Bua, Muang, Kanchanaburi 71190, Thailand.

² คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ถนนสุวรรณศร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว 27160

² Faculty of Agricultural Technology Burapha University, Sakaeo Campus, Suwannasorn Road, Watthana Nakhon, Sakaeo 27160, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): natnicha@kru.ac.th Tel: 09 8315 9036, 0 3453 4092

ABSTRACT

This research aimed to investigate the effects of sucrose to sweetener (xylitol and sucralose) on quality characteristics of Purple Yard Long Bean jam. The ratio of sweetener was varied as 20:35, 10:45 and 0:55. In addition, jam sample containing only sucrose was prepared for comparison. It was found that an increase in substitution on sucrose with xylitol and sucralose led to an increase in lightness (L^*) and yellowness (b^*) of jam sample. The jam sample with different levels of sucrose to sweetener had pH value in the range of 3.02-3.52. Jam containing sucralose exhibited higher a_w and lower total soluble solid and rupture strength than the control and the samples with xylitol ($p \leq 0.05$). The jam sample made from sucrose to xylitol as 20:35 had sensory likeability scores in terms of color, odor, taste, texture, spread ability, sweetness and overall liking similar to the control sample ($p > 0.05$). In addition, it had higher anthocyanin content than the control sample ($p \leq 0.05$).

Key words: purple yard long bean, xylitol, sucralose, jam

บทนำ

ถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แม่ที่มีฝักยาวพันธุ์เนื้อฝักสีเขียว กับสายพันธุ์พ่อที่มีฝักยาวสีแดง ลักษณะเด่น คือ ฝักสีม่วงอมแดง และเมล็ดมีสีแดงลายขาว (Agricultural Research and Extension Maejo University, 2014) ถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 อุดมไปด้วยแร่ธาตุ ใยอาหาร และมีแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอความเสื่อมของร่างกาย และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเรื้อรัง และมะเร็งบางชนิด (Randhawa *et al.*, 2015; Dulce and Michael, 2017)

เสาวรสเป็นผลไม้เพื่อสุขภาพชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดในแถบทวีปอเมริกาใต้ ผลมีลักษณะกลม ผลอ่อนจะมีสีเขียว มี 2 ชนิด คือ ชนิดผลสีม่วง และผลสีเหลือง อุดมไปด้วย วิตามินซี โปรวิตามินเอ สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ เช่น เควอซิทิน คาเทชิน แครโธทีนอยด์ เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติใน

การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอการเกิดริ้วรอย และช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรง (Reisa *et al.*, 2018) ดังนั้น ในการวิจัยนี้ จึงเลือกใช้เสาวรสเพื่อช่วยในการปรับค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของผลิตภัณฑ์แยม เนื่องจากเสาวรสเป็นผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวมีค่าประมาณ pH 2.8 และเสาวรสดูดซับไปคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการรับประทานอาหารมากขึ้น โดยลดการบริโภคอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลทรายสูง ดังนั้น สารให้ความหวาน (sweetener) จึงถูกนำมาใช้ในอาหารหลายชนิด เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคในกลุ่มรักสุขภาพ หรือกลุ่มที่ต้องควบคุมปริมาณน้ำตาลทราย สารให้ความหวานสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nutritive sweeteners) คือ กลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ เช่น ซอร์บิทอล ไซลิทอล และแมนนิทอล เป็นต้น และสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ (non-nutritive sweeteners) หรือสารให้ความหวานเทียม เช่น สตีวิโอไซด์ ชูคราโลส และแซ็กคาริน เป็นต้น (Carocho *et al.*,

2017) Albuquerque *et al.* (2014) รายงานการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไซลิทอลทดแทนน้ำตาลทรายเพื่อลดแคลอรีในอาหารชนิดต่างๆ เช่น คัพเค้ก ลูกเกด ฝรั่งเชื่อม และช็อกโกแลต เป็นต้น

ไซลิทอลจัดเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์หรือโพลีออล (polyols) ประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันของไซโลส ไซลิทอลเป็นสารให้ความหวานที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติสกัดได้จากพืช เช่น ต้นเบิร์ช เปลือกอัลมอนด์ และงาช้างโปด เป็นต้น ไซลิทอลให้ความหวานเท่ากับน้ำตาลซูโครสแต่ให้พลังงานต่ำ โดยให้พลังงานเพียง 2.4 กิโลแคลอรี/กรัม และถูกดูดซึมช้า ทำให้ถูกนำมาใช้ในทางการแพทย์สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน นอกจากนี้ไซลิทอลยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิด จึงถูกนำมาใช้อุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ฝรั่งเชื่อม ลูกอม แยม เยลลี่ น้ำยาล้างปาก ยาสีฟัน เป็นต้น (Carocho *et al.*, 2017)

ซูโครโลสสร้างจากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้น จากนั้นแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมสารคลอไรด์ ทำให้มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับน้ำตาล มีความหวานประมาณ 400-800 เท่าของน้ำตาลซูโครส มีลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาว มีความคงตัวที่อุณหภูมิสูงและในสภาวะที่เป็นกรดได้ดี ไม่เกิดรสขมหลังบริโภค ร่างกายไม่สามารถดูดซึม จึงไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ซูโครโลสถูกนำมาใช้ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มพลังงานต่ำหลายชนิด เช่น แยม เยลลี่ ฝรั่งเชื่อม ลูกเกด ฝรั่งเชื่อมและพาย เป็นต้น (Carocho *et al.*, 2017; Basu *et al.*, 2013)

แยมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากผัก ผลไม้ หรือ สมุนไพร ผสมกับน้ำตาลทราย กรด เพคติน และส่วนผสมอื่นๆ เช่น สารแต่งกลิ่น สารแต่งสี ทำให้ร้อนเพื่อให้มีความข้นหนืดพอเหมาะ ปริมาณ

ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ระหว่าง 60-65 % และควรมีปริมาณผลไม้น้อยกว่า 45 % (CODEX, 2009) แยมเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงเนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำตาลในปริมาณสูง ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทดแทนปริมาณน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูโครโลสต่อลักษณะคุณภาพด้านเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสของแยมถั่วฝักยาวสีม่วง ถั่วฝักยาวสีม่วงเพื่อผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพจากถั่วฝักยาวสีม่วงสีรินชเบอร์ 1 ในระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม และเพิ่มมูลค่าให้ผลผลิตทางการเกษตร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

- ถั่วฝักยาวสีม่วงสีรินชเบอร์ 1 ที่ปลูกในจังหวัดราชบุรี ถั่วฝักยาวสีม่วงสีรินชเบอร์ 1 ที่นำมาใช้ในการทดลองระยะการเก็บเกี่ยวประมาณ 10-14 วัน หลังดอกบาน นำมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ก่อนนำมาทำการทดลอง และนำมาล้างให้สะอาด จากนั้นตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปปั่นกับน้ำอัตราส่วน 1:1 ด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ให้ละเอียด

- เสาวรสพันธุ์สีม่วง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Passiflora edulis* ชื่อจากตลาดในจังหวัดกาญจนบุรี นำมาล้างให้สะอาด ผ่าครึ่งใช้ช้อนตักเอาเมล็ดและน้ำเสาวรสน้ำเสาวรสที่ใช้ในการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 2.78 จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง เก็บที่อุณหภูมิ 4 °C

- เพคติน (Apple pectin APC140, High Methoxyl) ไซลิทอล และซูโครโลส ชื่อจากบริษัท เคมีภัณฑ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

2. การศึกษาการทดแทนปริมาณน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูโครโลสต่อลักษณะคุณภาพด้านเคมี กายภาพและประสาทสัมผัสของแยมถั่วฝักยาวสีม่วง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ผลิตแยมถั่วฝักยาวสีม่วง จำนวน 7 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยศึกษา

3. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแอนโทไซยานินของแยมถั่วฝักยาวสีม่วง

เลือกแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 สูตรที่เหมาะสมจำนวน 1 สูตร จากการทดลองข้อที่ 2 และสูตรควบคุม มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน โยอาหาร คาร์โบไฮเดรต และแอนโทไซยานิน (AOAC, 2005)

สำหรับการวิเคราะห์ด้านกายภาพและเคมี ได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบชิมวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA (analysis of variance) ของข้อมูล และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาการทดแทนปริมาณน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสต่อลักษณะคุณภาพด้านเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของแยมถั่วฝักยาวสีม่วง

จากการศึกษาการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล และซูคราโลสในแยมถั่วฝักยาวสีม่วงที่ระดับต่างๆ และนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าสีของแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล และ ซูคราโลสที่ระดับต่างๆ พบว่า การเพิ่มปริมาณการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสทำให้แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 มีค่าความสว่าง (L^*) และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น แต่มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความร้อนที่ใช้ในการผลิตแยมทำให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินและกรด

แอสคอร์บิกรวมทั้งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (maillard reaction) ในแยม จึงทำให้ตัวอย่างแยมที่เพิ่มปริมาณไซลิทอลและซูคราโลสเพื่อทดแทนน้ำตาลทรายมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นและค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Basu *et al.* (2013) ที่ศึกษาเกี่ยวกับผลการใช้หญ้าหวานและซูคราโลสในผลิตภัณฑ์แยมมะม่วง โดยพบว่าแยมมะม่วงที่ใช้หญ้าหวานและซูคราโลส มีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น

ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.02-3.52 โดยแยมสูตรที่ 6 (น้ำตาลทราย 10 : ซูคราโลส 45) มีค่า pH ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ngampeerpong (2014) ที่รายงานแยมกระเจียบลดพลังงานโดยใช้สตีวียอไซด์และซูคราโลสทดแทนน้ำตาลซูโครสมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.22-3.31 Belovic *et al.* (2017) รายงานว่า แยมกามะเขือที่ใช้สตีวียอไซด์และฟรักโทสมีปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH สูงกว่าแยมสูตรควบคุม ค่า pH มีผลต่อการเกิดเจลและความแข็งแรงของเจล ค่า pH ที่เหมาะสมที่ทำให้เจลของแยมมีความคงตัวดีที่สุดคือ 3.2 ถ้าค่า pH สูงกว่า 3.5 จะทำให้เจลมีลักษณะอ่อน และค่าความแข็งของเจลเพิ่มขึ้นเมื่อค่า pH ลดลง (Ngampeerpong, 2014)

แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่เติมซูคราโลสทั้ง 3 ระดับ มีค่า a_w สูงกว่าแยมสูตรควบคุม และสูตรที่เติมไซลิทอลที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากในโครงสร้างของการซูคราโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลน้อยกว่าน้ำตาลทรายและไซลิทอลดังนั้นจึงจับโมเลกุลของน้ำได้น้อยจึงทำให้แยมที่มีส่วนผสมของซูคราโลสมีค่า a_w สูงกว่ากรณีที่ใช้น้ำตาลทรายและไซลิทอล แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ทั้ง

7 สูตร มีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.46-0.69 0 ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดได้ เพราะโดยทั่วไปยีสต์จะเริ่มเจริญได้เมื่ออาหารมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.70-0.80 ส่วนราเจริญได้เมื่อค่า a_w มากกว่า 0.70 และแบคทีเรียจะเจริญได้เมื่อค่า a_w มากกว่า 0.80

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในแฮม ถั่วฝักยาวสีม่วงสตรินเบอร์ 1 แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าแฮมที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง และต่ำกว่าแฮมที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยข้าวไรซ์

ทอลและสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำตาลทรายลดลงจึงทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Basu *et al.* (2013) รายงานว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของแฮมมะม่วงสดเมื่อปริมาณสตีวียโอไซด์และซูคราโลสเพิ่มขึ้น แฮมที่เตรียมด้วยสตีวียโอไซด์มากกว่าร้อยละ 25 และซูคราโลสมากกว่าร้อยละ 25 มีลักษณะเป็นของเหลวและไม่สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นแฮม ซึ่งลักษณะนี้แสดงให้เห็นว่าการเกิดโครงสร้างเจลของเพคตินไม่แข็งแรง

ตารางที่ 2 ค่าสีของแฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสตรินเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสที่ระดับต่างๆ

สูตรที่ (น้ำตาล:ไซลิทอล/ซูคราโลส)	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าความเป็นสีแดง (a*)	ค่าความเป็นสีเหลือง (b*)
1 (55:0) ควบคุม	20.74±0.63 ^f	18.95±0.72 ^a	19.82±0.04 ^d
2 (20: ไซลิทอล 35)	21.29±0.19 ^{cf}	18.05±0.44 ^a	20.23±0.08 ^{cd}
3 (10: ไซลิทอล 45)	23.15±0.76 ^d	18.77±0.31 ^a	21.12±0.84 ^c
4 (0: ไซลิทอล 55)	21.98±0.55 ^c	16.20±0.38 ^b	19.44±0.72 ^d
5 (20: ซูคราโลส 35)	28.97±0.24 ^c	15.17±0.12 ^c	19.76±0.02 ^d
6 (10: ซูคราโลส 45)	35.51±0.48 ^b	13.55±0.10 ^d	23.09±0.44 ^b
7 (0: ซูคราโลส 55)	40.33±0.14 ^a	12.13±0.01 ^c	24.70±0.04 ^a

หมายเหตุ: a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) water activity (a_w) และของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของแฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสตรินเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสที่ระดับต่างๆ

สูตรที่ (น้ำตาล:ไซลิทอล/ซูคราโลส)	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	ค่า a_w	ของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด (°Brix)
1 (55:0) ควบคุม	3.29±0.00 ^{ab}	0.57±0.01 ^c	65.00±0.00 ^a
2 (20: ไซลิทอล 35)	3.37±0.04 ^a	0.49±0.00 ^d	65.50±0.70 ^a
3 (10: ไซลิทอล 45)	3.44±0.01 ^a	0.47±0.00 ^c	66.00±0.00 ^a
4 (0: ไซลิทอล 55)	3.52±0.00 ^a	0.46±0.00 ^c	66.00±0.00 ^a
5 (20: ซูคราโลส 35)	3.33±0.01 ^{ab}	0.65±0.00 ^b	45.50±0.70 ^b

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สูตรที่ (น้ำตาล:ไซลิทอล/ซูคราโลส)	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	ค่า a_w	ของแข็งที่ละลายได้ ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)
6 (10: ซูคราโลส 45)	3.02 $\pm$ 0.36 ^b	0.68 $\pm$ 0.01 ^a	31.50 $\pm$ 0.70 ^c
7 (0: ซูคราโลส 55)	3.28 $\pm$ 0.00 ^{ab}	0.69 $\pm$ 0.00 ^a	15.50 $\pm$ 0.70 ^d

หมายเหตุ: a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่า Rupture Strength และค่า Brittleness ของแยมที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4 พบว่า แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสทั้ง 3 ระดับ มีค่า Rupture Strength ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากน้ำตาลทรายเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ช่วยให้เพคตินเจลเกิดโครงร่างตาข่ายที่แข็งแรง เมื่อลดปริมาณน้ำตาลลงจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Basu *et al.* (2013) รายงานว่าผลิตภัณฑ์แยมมะม่วงที่ใช้ซูคราโลสและสตีวียา 100 % มีปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง และแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลทั้ง 3 ระดับ มีค่า Rupture Strength สูงกว่าสูตรควบคุม Basu and Shivhare (2010) รายงานว่าค่า

ความแข็ง (hardness) ของเจลแยมขึ้นกับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาล โดยน้ำตาลจะจับกับเพคตินได้ดีขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรดทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายที่แน่นขึ้นจึงทำให้เจลมีความแข็งเพิ่มขึ้น และการเพิ่มปริมาณเพคตินมีผลทำให้ค่าความแข็งของเจลเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากปริมาณเพคตินทำให้เพิ่มสายพอลิเมอร์ที่จะจับกับน้ำตาลทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายที่ในเจลทำให้เจลแข็งขึ้น แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลส 55% มีค่า Brittleness สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงของเจลลดลง หากค่า Brittleness ต่ำความแข็งแรงของเจลจะเพิ่มขึ้น แต่ความยืดหยุ่นจะลดลง

ตารางที่ 4 ค่า Rupture Strength และค่า Brittleness ของแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสที่ระดับต่างๆ

สูตรที่ (น้ำตาล:ไซลิทอล/ซูคราโลส)	ค่า Rupture Strength (g)	ค่า Brittleness (mm)
1 (55:0) ควบคุม	405.44 $\pm$ 48.50 ^c	16.20 $\pm$ 0.48 ^b
2 (20: ไซลิทอล 35)	507.89 $\pm$ 10.29 ^b	15.84 $\pm$ 1.04 ^b
3 (10: ไซลิทอล 45)	577.94 $\pm$ 29.04 ^b	15.34 $\pm$ 0.10 ^b
4 (0: ไซลิทอล 55)	668.17 $\pm$ 41.88 ^a	14.82 $\pm$ 0.53 ^b
5 (20: ซูคราโลส 35)	19.73 $\pm$ 0.57 ^d	15.96 $\pm$ 0.44 ^b

ตารางที่ 4 (ต่อ)

สูตรที่ (น้ำตาล:ไซลิทอล/ซูคราโลส)	ค่า Rupture Strength (g)	ค่า Brittleness (mm)
6 (10: ซูคราโลส 45)	20.60±0.07 ^d	15.79±0.54 ^b
7 (0: ซูคราโลส 55)	36.35±2.86 ^d	18.60±0.86 ^a

หมายเหตุ: a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อลักษณะด้านต่างๆ ของแยมที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล และซูคราโลสที่ระดับต่างๆ

สูตรที่	สี	กลิ่น	รสชาติ	ลักษณะเนื้อ สัมผัส	การกระจาย ตัว	ความหวาน	ความชอบ โดยรวม
1	6.93±1.46 ^a	6.30±1.66 ^{ab}	6.90±1.60 ^a	6.67±1.66 ^a	6.70±1.46 ^a	6.43±1.65 ^a	7.60±1.06 ^a
2	6.57±1.75 ^{ab}	6.67±1.58 ^a	7.03±1.60 ^a	6.68±1.58 ^a	6.60±1.81 ^a	6.43±2.19 ^a	7.10±1.39 ^{ab}
3	6.63±1.44 ^{ab}	6.17±1.28 ^{ab}	6.47±1.69 ^{ab}	6.47±1.63 ^a	6.20±1.68 ^{ab}	6.07±1.79 ^a	6.53±1.96 ^b
4	6.03±1.60 ^b	5.77±1.61 ^{bc}	6.67±1.39 ^a	6.47±1.61 ^a	6.73±1.36 ^a	6.50±1.54 ^a	6.87±1.63 ^{ab}
5	4.73±1.81 ^c	5.63±1.47 ^{bc}	5.80±1.73 ^{bc}	5.43±1.90 ^b	5.77±2.14 ^b	5.80±1.82 ^a	6.43±1.77 ^b
6	4.13±2.01 ^c	5.23±2.07 ^c	5.07±2.19 ^c	4.90±2.21 ^b	4.80±2.15 ^c	4.97±2.20 ^b	5.57±2.17 ^c
7	2.83±1.08 ^d	3.00±0.90 ^d	3.00±0.74 ^d	3.07±1.49 ^c	3.17±0.91 ^d	3.13±0.97 ^c	3.13±0.93 ^d

หมายเหตุ: a,b,c... ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

น้ำตาล:ไซลิทอล : สูตรที่ 1 สูตรควบคุม (55:0) ; สูตรที่ 2 (20:35) ; สูตรที่ 3 (10:45) ; สูตรที่ 4 (0:55)

น้ำตาล:ซูคราโลส : สูตรที่ 5 (20:35) ; สูตรที่ 6 (10:45) ; สูตรที่ 7 (0:55)

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสตรินเบอร์ 1 ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล

สูตร	โปรตีน (%)	ความชื้น* (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)
1	1.38±0.28	29.34±0.03	0.08±0.02	25.18±1.01	0.47±0.00	43.54±1.06
2	1.29±0.23	28.82±0.09	0.05±0.00	26.09±0.04	0.48±0.01	43.26±0.02

หมายเหตุ: น้ำตาล:ไซลิทอล : สูตรที่ 1 (55:0) ควบคุม ; สูตรที่ 2 (20:35); * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณแอนโทไซยานินของแฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล

สูตร (น้ำตาล:ไซลิทอล)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg/L)
1 (55:0) ควบคุม	3.48±0.08
2 (20:35)*	4.07±0.32

หมายเหตุ:* หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงคะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิมต่อลักษณะด้านต่างๆ ของแฮมที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสที่ระดับต่างๆ พบว่า แฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสที่ระดับต่างๆ มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส การกระจายตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) แฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลสูตรที่ 2 (20:35) มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส การกระจายตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากไซลิทอลให้ความหวานเท่ากับน้ำตาลซูโครส จึงทำให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม Basu *et al.* (2011) รายงานว่าแฮมมะม่วงที่ใช้ซอร์บิทอลทดแทนซูโครสมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าแฮมมะม่วงที่ใช้ซูโครส

2. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและปริมาณแอนโทไซยานินของแฮมถั่วฝักยาวสีม่วง

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ คณะผู้วิจัยได้เลือกแฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 มา 2 สูตร ได้แก่สูตรที่ 1 คือ สูตรควบคุม (55:0) และสูตรที่ 2 คือสูตรน้ำตาลทราย 20% และไซลิทอล 35% ซึ่งเป็นสูตรที่มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม และมีคะแนนความชอบด้านรสชาติอยู่ในระดับชอบปานกลาง มาวิเคราะห์องค์ประกอบ

ทางเคมีและปริมาณแอนโทไซยานินได้ผลการทดลองแสดงดังนี้

องค์ประกอบทางเคมีของแฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 สูตรควบคุม และสูตรทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล 35% (ตารางที่ 6) พบว่าแฮมทั้ง 2 สูตร มีปริมาณโปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า และปริมาณคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แฮมสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล 35% มีปริมาณความชื้นต่ำกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และแฮมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ทั้ง 2 สูตร มีปริมาณโยอาหารไม่แตกต่างกันกัน ($p > 0.05$) Thaweeseang and Lueangprasert (2018) รายงานว่าลูกก๊ากที่เติมแป้งถั่วฝักยาวสิรินธร เบอร์- 1 มีปริมาณโยอาหาร ปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด และเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น Belovic *et al.* (2017) ทดลองผลิตแฮมเคลือบดำโดยใช้โยอาหารจากกากมะเขือเทศและใช้สตีวียาไฮด์และฟรักโทสทดแทนซูโครส พบว่า แฮมที่เติมกากมะเขือเทศเพิ่มขึ้นมีปริมาณโยอาหารเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและให้พลังงานลดลง และพบว่าแฮมกากมะเขือเทศมีปริมาณโยอาหารสูงกว่าแฮมที่ผลิตเชิงการค้า เส้นโยอาหารเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ในพืช ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเชิงซ้อน ได้แก่ เซลลูโลส เพกติน เฮมิเซลลูโลส เป็นต้น เส้นโยอาหารยังช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยป้องกันการแยกชั้นของของเหลวจากการหดตัวของเจล และโยอาหารเป็น

ส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ แยม เป็นต้น (Mudgil and Barak, 2013; Elleuch *et al.*, 2011)

จากการางที่ 7 พบว่าแยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล 35% มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินในระหว่างกระบวนการแปรรูป โดยทั่วไปแล้วการอุณหภูมิและเวลาที่ทำให้ความร้อนจะทำให้แอนโทไซยานินสลายตัวมากขึ้น นอกจากนั้นการสลายตัวของแอนโทไซยานินด้วยร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงขึ้น แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ พบในผัก ผลไม้ที่มีสีม่วงแดง สีแดงและสีน้ำเงิน เป็นต้น แอนโทไซ-ยานินในเซลล์พืชมีความคงตัวค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายโดยเฉพาะด้านสีและคุณค่าทางโภชนาการ Kovacevic *et al.* (2015) รายงานว่าในระหว่างกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์พุเร (puree) และแยมสตอเบอร์รี่ ปริมาณแอนโทไซยานินเฉลี่ยลดลง 28% และจากการศึกษาอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์แยมสตอเบอร์รี่และเชอร์รี่น้ำตาลมีการสูญเสียแอนโทไซยานินถึง 92-93% (Poiana *et al.*, 2011)

สรุป

การเพิ่มปริมาณการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสมีผลทำให้แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 มีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ลดลง แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลและซูคราโลสมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.02-3.52 แยมสูตรควบคุม (น้ำตาลทราย 55%) และสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอลมีค่า a_w สูงกว่าแยมสูตรที่

ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลส แยมสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสเพิ่มขึ้นมีปริมาณของที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) แยมสูตรที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลสมีค่า Rupture Strength ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) แยมถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ 1 ที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยซูคราโลส 55% มีค่า Brittleness สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) แยมสูตรที่ 2 ซึ่งใช้น้ำตาลทราย 20% และ ไซลิทอล 35% มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส การกระจายตัว ความหวาน และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสูตรควบคุม แยมที่ทดแทนน้ำตาลทรายด้วยไซลิทอล 35% มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้การสนับสนุนและสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Agricultural Research and Extension Maejo University.
2014. **Purple Yard Long Bean (*Vigna unguiculata* subsp. *Sesquipedalis*)**. Available Source: <http://portal.rae.mju.ac.th/dbplant/index.php/horticulture/vegetable/item/vigna-unguiculata>, September 15, 2014. (in Thai)

- Albuquerque, T.L., Silva, J.I.J., Macedob, G.R. and Rochaa, M.V.P. 2014. Biotechnological production of xylitol from lignocellulosic wastes: A review. **Process Biochemistry** 49: 1779-1789.
- AOAC. 2005. **Official methods of analysis of AOAC international**. 18th Ed. AOAC International, USA.
- Basu, S. and Shivhare, U.S. 2010. Rheological, textural, micro-structural and sensory properties of mango jam. **Journal of Food Engineering** 100: 357-365.
- Basu, S., Shivhare, U.S. and Singh, T.V. 2013. Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. **Journal of Food Engineering** 114: 465-476.
- Basu, S., Shivhare, U.S., Singh, T.V. and Beniwal, V.S. 2011. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. **Journal of Food Engineering** 105(3): 503-512.
- Belovic, M., Torbica, A., Pajic, I. and Mastilovic, J. 2017. Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. **Food Chemistry** 237: 1226-1233.
- Carocho, M., Morales, P. and Ferreira, I.C.F.R. 2017. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. **Food and Chemical Toxicology** 107: 302-317.
- CODEX. 2009. **Codex standard 296: Standard for Jams, Jellies and Marmalades**. Available Source: <http://www.codexalimentarius.net>, September 10, 2018.
- Dulce, M.J. and Michael, A.G. 2017. Minerals, vitamin C, phenolics, flavonoids and antioxidant activity of Amaranthus leafy vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis** 58: 33-39.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. **Food Chemistry** 124(2):411-421.
- Kovacevic, D.B., Putnik, P., Dragovic-Uzelac, V., Vahcic, N., Babojelic, M.S. and Levaj, B. 2015. Influences of organically and conventionally grown strawberry cultivar on anthocyanins content and color in purees and low-sugar jams. **Food Chemistry** 181: 94-100.
- Mudgil, D. and Barak, S. 2013. Composition properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. **International Journal of Biological Macromolecules** 61: 1-6.
- Ngampeerpong, N. 2014. Development of Reduced Sugar Roselle Jam Product. Master Thesis of Science (Agro-Industrial Product Development), Maejo University. (in Thai)

- Poiana, M.A.M.D., Dogaru, D., Mateescu, C., Raba, D. and Gergen, J. 2011. Processing and storage impact on the antioxidant properties and color quality of some lowsugar fruit jams Romanian. **Biotechnological Letters** 16(5): 6504-6512.
- Randhawa, M.A., Khan, A.A., Javed, M.S. and Sajid, M.W. 2015. Chapter 18 - Green leafy vegetables: a health promoting source, pp. 205-220. In Watson, R.R., ed. **Handbook of Fertility**. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Reisa, L.C.R., Faccob, E.M.P., Flores, S.H. and Riosa, A.O. 2018. Stability of functional compounds and antioxidant activity of fresh and pasteurized orange passion fruit (*Passiflora caerulea*) during cold storage. **Food Research International** 106: 481-486.
- Thaweeseang, N. and Lueangprasert, K. 2018. Substitution of Wheat Flour with Purple Yard Long Bean Flour (*Vigna unguiculata* subsp. *sesquipedalis*) cv. Sirindhorn No.1 in cookies. **Science and Technology Journal** 26(7): 1222-1233. (in Thai)