หลักสูตร

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ระดับปริญญาโท

2-3(4)

0.2

P-H08

ปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตแยมมะเฟือง

พนัส เอี่ยมสะอาด, วนาลี อินทรปราง, อรวรรณ บุญดี และอุทัยวรรณ ฉัตรธง*
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
*Corresponding author, email; nuwongs@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปริมาณซูโครสและปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตแยมมะเฟือง โดยแปรผันปริมาณน้ำตาล 2 ระดับ คือ ร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนัก แปรผันปริมาณกรดซิตริก 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.2 และ 0.3 โดยน้ำหนัก ผลการวิจัยพบว่า การเพิ่มปริมาณซูโครสมีผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความแข็งแรงของเจลแยมมะเฟืองมีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่มีผลให้ปริมาณกรดทั้งหมด ค่าสี L และค่าสี b* มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) ส่วนการเติมกรดซิตริกในปริมาณสูงมีผลให้ค่าพีเอชลดลง ($p \leq 0.05$) แต่ปริมาณกรดทั้งหมดและค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยแยมมะเฟืองที่เติมซูโครสร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักมีค่าพีเอชต่ำที่สุดเป็น 2.99 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุด มีค่าเป็น 65.67 บริกซ์ และ 0.1 นิวตัน ตามลำดับ จากการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า การเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ การแผ่กระจาย และความชอบโดยรวมสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.07, 6.83, 7.23, 6.90 และ 6.83 คะแนน ตามลำดับ ดังนั้นการเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตแยมมะเฟือง

คำสำคัญ: ซูโครส, กรดซิตริก, แยมมะเฟือง, ความแข็งแรงของเจล

THE OPTIMUM SUCROSE AND CITRIC ACID CONTENTS FOR PRODUCTION OF STAR FRUIT JAM

Panus Aiemsa-ard, Wanalee Inprang, Orawan Boondee and Utaiwan Chattong*
Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University
*Corresponding author, email; nuwongs@hotmail.com

Abstract

This research aims to study the optimum sucrose and citric acid contents for production of star fruit jam by varying 2 levels of sucrose (40 and 50% w/w) and 2 levels of citric acid (0.2 and 0.3% w/w). It was found that an increasing of sucrose level affected to increase total soluble solid (TSS) and gel strength of star fruit jam ($p \leq 0.05$). However, the addition of a high sucrose level obtained the decreasing of total acidity, L and b* ($p \leq 0.05$). An addition of citric acid at high level effected to decrease pH ($p \leq 0.05$) however this level showed an increasing of total acidity and also gel strength ($p \leq 0.05$). Star fruit jam adding 50% (w/w) sucrose and 0.3% (w/w) citric acid revealed the lowest pH (2.99) but, it illustrated the highest TSS and gel strength which were 65.67 Brix and 0.10 N, respectively. The addition of 50% (w/w) sucrose and 0.3% (w/w) citric acid gave the highest scores in the terms of color, flavor, appearance, spreadability, and overall acceptance for sensory evaluation which were 7.07, 6.83, 7.23, 6.90 and 6.83 scores, respectively.

Therefore the 50% (w/w) sucrose and 0.3% (w/w) citric acid were the optimum contents for production of star fruit jam.

Keywords : sucrose, citric acid, star fruit jam, gel strength

บทนำ

มะเฟืองมีชื่อสามัญว่า star fruit จัดอยู่ในวงศ์ Oxalidaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Averrhoa carambola* และมีชื่อพื้นเมือง คือ มะเฟือง (ทั่วไป) เฟือง (ภาคใต้) และหมากเฟือง (ภาคเหนือ) (กรกัญญาและคณะ, 2550) ซึ่งมีการบริโภคอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และทางใต้ของจีน ด้านการตลาดแบ่งมะเฟืองออกเป็น 2 ชนิด คือ มะเฟืองหวานและมะเฟืองเปรี้ยว (Yang et al., 2014) โดยทั่วไปมะเฟืองนิยมบริโภคสดหรือแปรรูปเป็นน้ำมะเฟืองหรือผลิตน้ำมะเฟืองในระดับอุตสาหกรรม (Auxiliadora-Martins et al., 2010) มะเฟืองมีสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญทั้งในเนื้อและน้ำมะเฟือง ได้แก่ กรดแอล-แอสคอร์บิก (L-ascorbic acid) อิพิเคทีชิน (epicatechin) กรดแกลลิกในรูปของแกลโลแทนนิน (gallotannin) และโปรแอนโธไซยานิดินสายเดี่ยวที่จับกับเคทีชินหรืออิพิเคทีชิน (Shui and Leong, 2004) มะเฟืองสุกให้พลังงานสูงและอุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ฟอสฟอรัส วิตามินซี และมีวิตามินบี 5 กรดโฟลิก และสังกะสี ซึ่งสามารถช่วยเสริมสร้างกระดูกและฟันให้แข็งแรงจากวิตามินซี นอกจากนี้ยังมีสารแอนไฮโดรบาราคอล (anhydrobarakol) ซึ่งมีสรรพคุณช่วยในการคลายความเครียด บรรเทาอาการจิตฟุ้งซ่าน และสารอัลคาลอยด์มีฤทธิ์กล่อมประสาททำให้นอนหลับสบายขึ้น และวิตามินบี 2 ช่วยควบคุมการเต้นของหัวใจให้สม่ำเสมอ (อภิญญา, 2550) ส่วนเนื้อผลมะเฟืองมีปริมาณเส้นใยไม่ละลายน้ำสูง เส้นใยเหล่านี้มีสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ สมบัติการอุ้มน้ำ สมบัติในการพองตัว การแลกเปลี่ยนสารมีประจุสูง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้เส้นใยมะเฟืองมีความสามารถในการดูดซับกลูโคสและลดการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส จึงควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือดหลังอาหารได้ (สุณานี, 2554) สำหรับผู้ป่วยที่รับประทานยาลดไขมันและยาคลายเครียดตามคำแนะนำแพทย์ ไม่ควรรับประทานมะเฟือง เนื่องจากในมะเฟืองมีฤทธิ์ต้านการทำงานของเอนไซม์ไซโทโครม พี 450 ซึ่งมีหน้าที่ในการกำจัดยาหลายชนิด และผู้ป่วยโรคไตและผู้ป่วยที่ต้องฟอกไตไม่ควรบริโภคมะเฟือง เนื่องจากมีออกซาเลตซึ่งเป็นสารสำคัญที่ทำให้เกิดพิษได้ (Yang et al., 2014) แต่การต้มเคี่ยวโดยใช้ความร้อนและใช้สารโซเดียมไบคาร์บอเนตเติมลงในอาหารจะช่วยให้ผลึกออกซาเลตเกิดการแตกหักทำให้มีความแหลมน้อยลงจึงลดความเป็นพิษได้ (เดชา, 2538) แยมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อผลไม้ชนิดเดียว หรือจากเนื้อผลไม้หลายชนิดผสมกัน เคี่ยวด้วยความร้อนจนมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ที่เรียกว่าเจล แยมจะเกิดเจลได้เมื่อมีความเข้มข้นของน้ำตาลร้อยละ 60-70 มีเพคตินเป็นส่วนผสมร้อยละ 0.5-1.0 และมีค่าพีเอชระหว่าง 2.8-3.5 โดยน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลักในการทำแยม จะให้รสหวาน ช่วยเพิ่มเนื้อแยม ปริมาณของน้ำตาลที่ใช้ในการทำแยมของผลไม้ชนิดหนึ่งๆ จะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความเปรี้ยวของผลไม้และปริมาณของเพคตินเป็นส่วนสำคัญ ถ้าผลไม้ชนิดใดมีเพคตินสูงจะใช้ปริมาณน้ำตาลต่อน้ำหนักผลไม้ในปริมาณที่ต่ำ (ธนูศักดิ์, 2543) กรดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเกิดเจลของแยม โดยการเติมกรดในผลิตภัณฑ์แยมเพื่อปรับให้พีเอชที่เหมาะต่อการเกิดเจลของเพคติน และยังช่วยรักษาสีไว้ด้วย ซึ่งหากพีเอชไม่เหมาะสมแม้จะมีปริมาณน้ำตาลและเพคตินที่พอเหมาะก็ไม่สามารถเกิดเจลได้ ซึ่งส่งผลต่อลักษณะปรากฏทางกายภาพ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความคงตัว ความยืดหยุ่น และการแตกตัวของแยมไม่ดี ลักษณะเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการประเมินคุณภาพการเกิดเจล (เจนจิราและคณะ, 2549) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาปริมาณซูโครสและปริมาณกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตแยมมะเฟือง

วิธีดำเนินการวิจัย

ผลิตแยมมะเฟืองโดยมีส่วนผสมหลัก คือ เนื้อมะเฟืองร้อยละ 69 น้ำมะเฟืองร้อยละ 30 และเพคตินร้อยละ 1 ใช้มะเฟืองจากแหล่งปลูกในตำบลบางระกำ อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก มีระยะการสุกปานกลาง ลักษณะผลมะเฟืองมี สีเหลืองอมเขียว (ดัดแปลงจากคณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร, 2556) ดังภาพที่ 1 โดยแปรผันปริมาณซูโครส 2 ระดับ คือ ร้อยละ 40 และ 50 โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก และปริมาณกรดซิตริก 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.2 และ 0.3 โดยน้ำหนักของส่วนผสมหลัก มีทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง วางแผน

การทดลองโดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2 x 2 Factorial in Complete Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และประเมินทางประสาทสัมผัสของสิ่งทดลอง จากนั้นทำการวิเคราะห์ ANOVA ถ้ามีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ทางกายภาพ และประเมินทางประสาทสัมผัสดังนี้

1) การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดค่าพีเอช ด้วยเครื่องวัดพีเอช (pH-meter รุ่น Consort C830, Belgium) และปริมาณกรดทั้งหมดเทียบกับกรดซิตริก (AOAC, 2000)

2) การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid; TSS) ด้วย Hand refractometer วัดค่าสีระบบ L a* b* ด้วยเครื่องวัดสี Minolta ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (รุ่น TA. XT. Plus Stable Micro Systems Ltd., ประเทศอังกฤษ)

3) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด (ไพโรจน์, 2545) โดยผู้ชิมจำนวน 30 คน คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส การแผ่กระจาย ความหวาน ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบลอคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) จากนั้นทำการวิเคราะห์ ANOVA ถ้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นำมะเฟืองมาล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาด จากนั้นปอกส่วนสันของผลทิ้ง ตัดหัวตัดท้าย และนำเมล็ดออก

↓

หั่นมะเฟืองเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปปั่นให้ละเอียด แบ่งมะเฟืองที่ปั่นแล้วเป็น 2 ส่วน
ส่วนที่ 1 คั้นเฉพาะน้ำมะเฟืองตามส่วนผสม ส่วนที่ 2 ใช้เป็นมะเฟืองที่ปั่นละเอียด

↓

ชั่งส่วนผสมในการผลิตแยมมะเฟืองตามส่วนผสมข้างต้น

↓

แบ่งน้ำตาลประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลทั้งหมดผสมกับเพคตินให้เข้ากัน

↓

นำมะเฟืองที่ปั่นละเอียดและน้ำมะเฟืองใส่กระทะทองเหลืองให้ความร้อนอุณหภูมิ 50-60 °C
พอเดือดค่อยๆ เติมส่วนผสมของน้ำตาลและเพคติน

↓

เติมน้ำตาลที่เหลือทั้งหมด คนจนน้ำตาลละลายหมด เติมกรดซิตริกและคนให้เข้ากัน

↓

เพิ่มความร้อนและวัดอุณหภูมิให้ได้ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นคนต่ออีก 5 นาที

↓

ครบกำหนดเวลา ยกกระทะทองเหลืองลงจากเตา และบรรจุลงขวดทันที

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตแยมมะเฟือง
ที่มา : ดัดแปลงจากคณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร (2556)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแยมมะเฟือง พบว่า การใช้ซูโครสร่วมกับกรดซิตริกไม่มีผลต่อค่าพีเอช แต่การใช้กรดซิตริกมีผลให้ค่าพีเอชของสิ่งทดลองทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ทุกสิ่งทดลองมีค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเกิดเจลของแยม คือ มีค่าพีเอชในช่วงระหว่าง 2.8-3.5 (ธนูศักดิ์, 2543) โดยการเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก มีค่าพีเอชสูงที่สุดเป็น 3.26 ส่วนการเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก มีค่าพีเอชต่ำที่สุดเป็น 2.99 แสดง

ดังตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมกรดซิตริกในปริมาณที่มากขึ้นมีผลให้ค่าพีเอชลดลง ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดเทียบกับกรดซิตริก พบว่า การเติมซูโครสร่วมกับกรดซิตริกไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมด แต่การเติมซูโครสและกรดซิตริกในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดของ ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเติมซูโครสร้อยละ 40 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุดเป็นร้อยละ 0.57 ส่วนการเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำที่สุดเป็นร้อยละ 0.33 ซึ่งสอดคล้องกับมีค่าพีเอชสูงที่สุด โดยการเติมกรดมักเติมในรูปของสารละลายและควรเติมหลังจากเคี่ยวส่วนผสมของน้ำผลไม้ เพคติน และน้ำตาลจนเกือบได้ที่แล้ว โดยปรับให้ค่าพีเอชให้อยู่ในช่วงที่เกิดเจลของแยมได้ดี ทั้งนี้เพื่อป้องกันการไฮโดรไลส์ของเพคติน และป้องกันไม่ให้แยมเปรี้ยวเกินไป ซึ่งการเติมกรดในปริมาณที่มากเกินไป ค่าพีเอชต่ำกว่าในช่วงที่กำหนดจะมีผลให้น้ำถูกบีบออกจากเจลเกิดของเหลวแยกออกจากเจล (สุนิตา, 2545)

ตารางที่ 1 ค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของแยมมะเฟืองที่มีปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่แตกต่างกัน

ปริมาณ (ร้อยละ)		ค่าพีเอช	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละ)
ซูโครส	กรดซิตริก		
40	0.2	3.26 ± 0.11^{a}	0.38 ± 0.01^{c}
40	0.3	3.00 ± 0.15^{b}	0.57 ± 0.02^{a}
50	0.2	3.26 ± 0.06^{a}	0.33 ± 0.00^{d}
50	0.3	2.99 ± 0.25^{b}	0.46 ± 0.22^{b}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ค่าความแข็งแรงของเจล ค่าสี L a^{*} และ b^{*} ของแยมมะเฟืองที่มีปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า การใช้ซูโครสร่วมกับกรดซิตริกมีผลต่อค่า TSS โดยการเติมซูโครสและกรดซิตริกในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลให้ค่า TSS แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณซูโครสและกรดซิตริกมีผลให้ค่า TSS สูงขึ้น และพบว่า การเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักมีค่า TSS สูงที่สุดเป็น 65.67 Brix ทั้งนี้เนื่องจากซูโครสเป็นของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ (นิธิยา, 2543) อีกทั้งการเพิ่มปริมาณกรดซิตริกมีผลให้เพคตินเพิ่มขึ้นจากการที่กรดช่วยเปลี่ยนโปรโตเพคตินให้เป็นเพคตินซึ่งสามารถละลายน้ำได้ และกรดทำให้น้ำตาลกลายเป็น invert sugar ช่วยป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล (กุลยา, 2533) ดังนั้นค่า TSS จึงเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ซูโครสร่วมกับกรดซิตริกมีผลต่อค่าความแข็งแรงของเจล โดยการใช้ซูโครสและกรดซิตริกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) การเติมซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักมีค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุดคือ 0.10 นิวตัน และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกสิ่งทดลอง ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 เนื่องจาก ถ้าเพิ่มปริมาณของซูโครสจะช่วยลดการแตกตัวของกลุ่มคาร์บอกซิลของเพคตินทำให้เกิดเจลได้ดี และพีเอชจะมีผลต่อปริมาณเพคตินที่ไม่แตกตัวและอัตราเร็วของการเกิดเจลทำให้เจลเกิดช้า ถ้าลดค่าพีเอชให้เหมาะสมก็จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลได้ (เจนจิราและคณะ, 2549) ซึ่งสอดคล้องกับค่า TSS สูงที่สุดเป็น 65.67 Brix และมีค่าพีเอชต่ำที่สุดเป็น 2.99 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดเจลของแยม

ตารางที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความแข็งแรงของเจล ค่าสี L a^{*} และ b^{*} ของแยมมะเฟืองที่มีปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่แตกต่างกัน

ปริมาณ (ร้อยละ)		TSS (Brix)	ความแข็งแรงของเจล (นิวตัน)	L	a^{*ns}	b^{*}
ซูโครส	กรดซิตริก					
40	0.2	60.60 ± 0.72^{d}	0.08 ± 0.001^{c}	37.73 ± 0.25^{a}	2.20 ± 0.10	9.50 ± 0.17^{a}
40	0.3	61.60 ± 0.53^{c}	0.09 ± 0.001^{b}	37.83 ± 0.58^{a}	2.00 ± 0.17	9.37 ± 0.23^{a}
50	0.2	63.13 ± 0.16^{b}	0.09 ± 0.000^{b}	36.97 ± 0.31^{b}	2.03 ± 0.58	9.03 ± 0.21^{b}
50	0.3	65.67 ± 0.42^{a}	0.10 ± 0.000^{a}	37.07 ± 0.32^{b}	2.07 ± 0.16	8.97 ± 0.10^{b}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงค่าสี L a^* และ b^* ของแยมมะเฟืองที่มีปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้ซูโครสร่วมกับกรดซิตริกไม่มีผลค่าสี L a* และ b* ($p > 0.05$) และพบว่า การเพิ่มปริมาณซูโครสและกรดซิตริกไม่มีผลต่อค่าสี a^* แต่ปริมาณซูโครสที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าสี L และค่าสี b^* ลดลง ทำให้แยมมีสีคล้ำและมีสีน้ำตาลมากขึ้น เนื่องจากน้ำตาลเกิดปฏิกิริยาคาราเมไลเซชัน เกิดจากการใช้ความร้อนสูงในการทำแยม ซึ่งเมื่อใช้ความร้อนสูงเป็นการสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (thermolysis) และเกิดพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล โดยปฏิกิริยานี้สารเริ่มต้นจะเป็นน้ำตาล (นิธิยา, 2543) โดยปริมาณซูโครสร้อยละ 50 มีปริมาณน้ำตาลมากสุดจะมีสีที่เข้มกว่าแยมมะเฟืองในสิ่งทดลองอื่น

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของแยมมะเฟืองที่มีปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่แตกต่างกัน พบว่า คะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะด้านความหวานและความเปรี้ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.37–5.67 คะแนน และช่วง 5.07–5.47 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับเฉยๆ ถึงชอบเล็กน้อย ดังตารางที่ 3 แต่พบว่า คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านค่าสี ลักษณะปรากฏ การแผ่กระจาย และความชอบโดยรวมของทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยแยมมะเฟืองที่มีการเติมปริมาณซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก ได้รับคะแนนความชอบในคุณลักษณะดังกล่าวสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 7.07 6.83 7.23 6.90 และ 6.83 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของแยมมะเฟืองที่มีปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่แตกต่างกัน

ปริมาณ (ร้อยละ)		คุณลักษณะ						
ซูโครส	กรดซิตริก	ค่าสี	กลิ่นรส	ลักษณะปรากฏ	การแผ่กระจาย	ความหวาน ns	ความเปรี้ยว ns	ความชอบโดยรวม
40	0.2	6.20 ± 1.27^{b}	5.53 ± 1.14^{b}	5.87 ± 1.41^{ab}	6.27 ± 1.57^{ab}	5.40 ± 1.59	5.13 ± 1.72	6.23 ± 1.19^{b}
40	0.3	5.97 ± 1.25^{b}	6.03 ± 1.27^{b}	6.13 ± 1.01^{b}	6.27 ± 1.46^{ab}	5.67 ± 1.60	5.47 ± 1.59	6.33 ± 1.09^{ab}
50	0.2	6.27 ± 1.28^{b}	5.60 ± 1.43^{b}	6.07 ± 1.36^{b}	6.03 ± 1.59^{b}	5.37 ± 1.47	5.07 ± 1.72	5.93 ± 1.28^{b}
50	03	7.07 ± 0.64^{a}	6.83 ± 0.70^{a}	7.23 ± 0.63^{a}	6.90 ± 0.88^{a}	5.60 ± 1.13	5.37 ± 1.24	6.83 ± 0.53^{a}

หมายเหตุ : อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณซูโครสและกรดซิตตริกที่เหมาะสมในการผลิตแยมมะเฟือง พบว่า ปริมาณซูโครสและกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตแยมมะเฟือง คือ การเติมปริมาณซูโครสร้อยละ 50 และกรดซิตริกร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก โดยมีค่าพีเอชต่ำสุดเป็น 2.99 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุดเป็น 65.67 Brix ค่าความแข็งแรงของเจลสูงที่สุดเป็น 0.10 นิวตัน และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านค่าสี กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ การแผ่กระจาย และความชอบโดยรวมสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรกัญญา อักษรเนียม วรรณภา เสนาดี อทิพัฒน์ บุญเพิ่มราศรี และอภิญญา นันทะโสภา. 2550. รู้เรื่องมะเฟืองผลไม้เมืองร้อนนอกสายตาของชาวโลก. วารสารเคหเกษตร. 31(6): 74–96.

กุลยา จันทร์อรุณ. 2533. เคมีอาหาร. อรมินทร์พิมพ์ : กรุงเทพมหานคร.

คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร. 2556. แยมผลไม้. โครงการอบรมทักษะความรู้ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมชุมชน คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร.

เจนจิรา ตันตินิริยะ นริศรา แซ่ล้อ และชญาณ์นันท์ ทองวานิช. 2549. การใช้สารให้ความหวานซูคราโลสทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์แยมส้มโอ. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม.

เดชา ศิริภัทร. 2538. บอน: ผักพื้นบ้านที่มากับความคัน. นิตยาสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 194.

ธนูศักดิ์ ยอดดำเนิน. 2543. การผลิตแยมโดยใช้เพคตินจากเปลือกส้มโอพันธุ์ท่าข่อย. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2543. เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์ : กรุงเทพมหานคร.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

สุณานี หวันตาหลา. 2554. มะเฟืองสารพัดประโยชน์. (ออนไลน์). http://www.foodsafetymobile.org/category/F2816897. (12 พฤศจิกายน 2556).

สุนิตา ศรีสมเดช. 2545. แยมลูกตาล. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลนยี สถาบันราชภัฏนครปฐม นครปฐม.

อภิญญา นันทะโสภา. 2550. การใช้ประโยชน์จากมะเฟืองที่เป็นมากกว่ารับประทานผลสด. วารสารเคหเกษตร. 31(6): 83–84.

AOAC (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed. Arling, VA, USA: AOAC International.

Auxiliadora-Martins M, Teixeira GCA, Soares da Silva G, Viana JM, Nicolini EA, Martins-Filho OA, Basile-Filho A. 2010. Severe encephalopathy after ingestion of star fruit juice in a patient with chronic renal failure admitted to the intensive care unit. Heart & Lung. 39(5): 448-452.

Shui G, Leong LP. 2004. Analysis of polyphenolic antioxidants in star fruit using chromatography and mass spectrometry. J. Chromatogr. A. 1022: 67–75.

Yang D, Xie H, Yang B, Wei X. 2014. Two tetrahydroisoquinoline alkaloids from the fruit of *Averrhoa carambola*. Phytochemistry Letters. 7: 217–220.