

ชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแยมลูกหม่อน

Type and Sucrose Content on Antioxidant Activity of Mulberry Jam

ยุพรัตน์ โพธิ์เศษ¹ และเนวิชญาณี วุฒินิธิสานันท์²
Yuparat Potisate¹ and Newitchaya Wutthinithisanand²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลซูโครสในการผลิตแยมลูกหม่อน 5 สูตร ต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และคะแนนความชอบโดยการประเมินทางประสาทสัมผัส โดยแยมลูกหม่อนทั้ง 5 สูตร ได้แก่ สูตรไม่เติมน้ำตาล (สูตรที่ 1) สูตรที่เติมน้ำตาลทรายขาว 510 กรัม (43.81%) (สูตรที่ 2) สูตรที่เติมน้ำตาลทรายแดง 510 กรัม (43.81%) (สูตรที่ 3) สูตรที่เติมน้ำตาลทรายขาว 255 กรัม (28.17%) (สูตรที่ 4) และสูตรที่เติมน้ำตาลทรายแดง 255 กรัม (28.17%) (สูตรที่ 5) ผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมีค่ามากที่สุดในแยมลูกหม่อนสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยสูตรที่ 5 มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบความชอบ 7 ระดับ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับแยมลูกหม่อนสูตรที่ 4 และ 5 มากที่สุด ดังนั้นการเลือกใช้น้ำตาลทรายแดง 255 กรัม (ลดน้ำตาล 50%) เป็นสูตรเหมาะสมในการผลิตแยมลูกหม่อนเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาการผลิตแยมลูกหม่อนในเชิงพาณิชย์ต่อไป

คำสำคัญ: แยมลูกหม่อน ลดปริมาณน้ำตาล สารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก

Abstract

The objective of this research was to study the effects of sugar content of mulberry jam products on antioxidant activity and liking scores by sensory evaluation. The 5 mulberry jams variants were jam with no sugar (formula 1), jam with 510 g (43.81%) of refined sugar (formula 2), jam with 510 g (43.81%) of brown sugar (formula 3), jam with 255 g (28.17%) of refined sugar (formula 4), and jam with 255 g (28.17%) of brown sugar (formula no. 5), respectively. The results indicated that the highest total phenolic compounds occurred in the mulberry jams of formulas no. 4 and 5 ($P < 0.05$), whereas the antioxidant activity values were highest in formula no. 5. Sensory evaluation using the 7-hedonic scale method indicated that the panelists offered the highest acceptance scores for mulberry jam formulas no. 4 and no. 5. In conclusion, the research showed that for the product quantity tested, 255 g of brown sugar, which represented a 50% reduction in sugar content, proved to be the optimum amount of sugar to use, and the amount should be taken as a guideline for further development of commercial mulberry jam.

Keywords: mulberry jam, reduces sugar content, antioxidants, phenolic compounds

คำนำ

ในปัจจุบันกระแสการดูแลสุขภาพเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องมาจากการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable Diseases, NCDs) ซึ่งมีสาเหตุหลักจากการบริโภคและการใช้ชีวิตไม่สมดุล ทำให้เกิดอนุมูลอิสระในร่างกายเพิ่มขึ้น โดยมีการศึกษาพบว่าผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ที่ปลูกได้ในประเทศไทยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและยังเป็นแหล่งสารสำคัญทางชีวภาพหลายชนิดที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง ด้านการอักเสบ เสริมภูมิคุ้มกันของร่างกาย และสามารถป้องกันเซลล์จากการทำลายของอนุมูลอิสระ (เนตรนภา อุ่นทิ และฉัตรภา หัตถโกศล, 2562) ลูกหม่อน (mulberry) เป็นผลไม้ที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตในเขตอบอุ่นถึงเขตร้อน และถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ลูกหม่อนมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Morus alba* L. มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) (Duthie et al., 2000) เคอร์ซีติน (quercetin) เป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีคุณสมบัติลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดระดับไขมัน ลดความดันโลหิตสูง

¹ สาขาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

¹ Division of Food Safety, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

² สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ. เมือง จ. พะเยา 56000

² Division of Food Science and Technology, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Phayao 56000

*Corresponding author, Email: ypotisate@gmail.com

และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด และแอนโทไซยานิน (anthocynin) นอกจากนี้ยังพบว่าลูกหม่อนที่มีระยะผลสุกเพิ่มขึ้นปริมาณสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ จะเพิ่มขึ้น (Lazee et al., 2004; Claudin et al., 2005; Yang et al., 2010; Radojkovic et al., 2012) อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาหลายชนิด มีฤทธิ์เป็นยาระบายอ่อน ๆ แก้อาตุน้ำไม่ปกติ ขับร้อน ทำให้ชุ่มคอ และบำรุงไต ด้วยเหตุนี้ลูกหม่อนจึงถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น น้ำลูกหม่อนไวน์ แยม เยลลี่ หรือลูกอม (ลือชัย บุตรศุภ, 2555) ผลิตภัณฑ์แยมเป็นการถนอมรักษาและยืดอายุผลไม้ต่าง ๆ โดยอาศัยกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน คุณภาพของแยมจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สมดุลกัน 3 อย่าง คือ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด และปริมาณเพกทินที่จะทำให้เกิดเจลที่แข็งแรง ซึ่งน้ำตาลและกรดจะมีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างของแยม (มณัญญา คำศิริพิทักษ์ และคณะ, 2559) การผลิตแยมโดยทั่วไปมักมีส่วนผสมของน้ำตาลสูง โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 มีข้อกำหนดว่าแยมผลไม้ต้องมีปริมาณน้ำตาลอยู่ในช่วง 58-61% เพื่อเป็นการถนอมอาหารและการยืดอายุผลิตภัณฑ์ และกำหนดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) ต้องไม่น้อยกว่า 65% โดยน้ำหนักทั้งหมด (กระทรวงสาธารณสุข, 2543) การศึกษาอิทธิพลของกระบวนการผลิตเนื่องจากการใช้ความร้อนและระหว่างการเก็บรักษาต่อคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์แยมผลไม้ โดยพิจารณาจากคุณภาพ เช่น สี ความเป็นกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ เนื้อสัมผัส ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแอนโทไซยานิน เป็นต้น (Rababah et al., 2011) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์แยม มีอัตราการบริโภคที่เพิ่มสูงขึ้นทุก ๆ ปี เพราะเป็นอาหารที่สะดวกต่อการบริโภค และมีสารสำคัญที่ส่งผลเชิงสุขภาพ (วัชรารุณ ศรีสุธรรม, 2553) อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตโดยใช้ความร้อนมักจะส่งผลทำให้สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ถูกทำลาย เช่น โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล (Patras et al., 2011) Igual et al. (2013) ผลิตแยมองุ่นและบลูเบอร์รี่ พบว่ามีปริมาณสารฟอลิฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์แยมแครอทและแยมส้ม พบว่ามีการเพิ่มปริมาณสารฟอลิฟีนอลภายหลังแปรรูปแยม (Howard et al., 2010) มีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยม เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น Kamiloglu et al. (2005) มีการลดปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์แยมมะละกอ และได้รับการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบชิม (Teangpook and Paosantong, 2013) ปัจจุบันจะเห็นว่าการผลิตแยมลูกหม่อนมีการแปรรูปและวางจำหน่ายในท้องตลาดไม่มากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณน้ำตาลในแยมลูกหม่อนต่อคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระบางประการ เพื่อแสดงการคงปริมาณการมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระภายหลังผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนของแยมลูกหม่อน และการยอมรับของผู้บริโภคเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการลดปริมาณน้ำตาลผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบลูกหม่อน

ลูกหม่อน (*Morus alba* L.) พันธุ์เชียงใหม่ ความสุกเต็มที่ที่มีสีม่วงแดงออกดำทั้งลูก เก็บเกี่ยวจากแหล่งปลูกในจังหวัดเชียงราย นำมาล้างทำความสะอาด วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2005) วัดค่าสีความสว่าง (L^*) ความเป็นสีเขียว ($-a^*$) ความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความสดสีของสี (chroma*) (Hunter Lab, Color Quest XE, USA) จากนั้นเก็บรวบรวมแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีการผลิต

การผลิตแยมลูกหม่อน

นำลูกหม่อนแช่เยือกแข็งมาทำให้ละลายที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งตวงตามสูตรต่าง ๆ ดัง Table 1 และนำไปผลิตเป็นแยมลูกหม่อนดังขั้นตอนดัง Figure 1 แยมลูกหม่อนบรรจุในขวดแก้วปิดสนิทปริมาณ 220 กรัมต่อขวด เก็บอุณหภูมิตู้เย็น ($<10^{\circ}\text{C}$) จากนั้นนำแยมสูตรต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (AOAC, 2005) วัดค่าสีความสว่าง ความเป็นสีเขียว ความเป็นสีเหลือง (L^* a^* b^*) และค่าความสดสีของสี (chroma*) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด คุณสมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์

Table 1 Mulberry fruits jam formulations.

Formula	Type	Contents (g)			
		Mulberry fruits (% w/w)	Sugar (% w/w)	Water (% w/w)	Pectin (% w/w)
No. 1	Non	400g (61.16)	0 (0%)	250g (38.22)	4g (0.62)
No. 2	Refined sugar	400g (34.36)	510g (43.81)	250g (21.47)	4g (0.36)
No. 3	Brown sugar	400g (34.36)	510g (43.81)	250g (21.47)	4g (0.36)
No. 4	Refined sugar	400g (44.20)	255g (28.71)	250g (27.62)	4g (0.01)
No. 5	Brown sugar	400g (44.20)	255g (28.71)	250g (27.62)	4g (0.01)

การสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

การสกัดตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงวิธีของ Aydin and Gocmen (2015) โดยชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัม เติมน้ำ 60% (v/v) เมทานอล (RCL Lab Scan, Thailand) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร บดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่อง Homogenizer (Ystral, Laboratory Series X10, Germany) 2 นาที นำไปให้ความร้อนใน water bath (Mettler, WNB 14, Germany) ที่ 90°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร ด้วยเมทานอล เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิ -18°C

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ดัดแปลงวิธีของ Aydin and Gocmen (2015) โดยใช้วิธี Folin-ciocalteu โดยเจือจางตัวอย่างที่สกัด 10 เท่าด้วย 60% (v/v) เมทานอล เตรียมตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำละลาย Folin-ciocalteu เจือจางในอัตราส่วน 1:10 (v/v) ด้วยน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร จับเวลา 8 นาที เติมน้ำละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 7.5% (w/v) 2 มิลลิลิตร เก็บไว้ในที่มืด จับเวลา 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เทียบกับกราฟมาตรฐาน gallic acid รายงานผลในหน่วย mg GAE/100g โดยน้ำหนักแห้ง (d.b.)

การวิเคราะห์ความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ปิเปตตัวอย่างที่สกัด 0.077 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 3 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่น 0.077 มิลลิลิตร ผสมกับ DPPH 3 มิลลิลิตร เป็น blank จากนั้นคำนวณและรายงานผลเป็นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) (Aydin and Gocmen, 2015)

การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน

โดยการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบชิม (untrained panel) ทั้งหมด 30 คน ทั้งเพศหญิง และเพศชาย อายุระหว่าง 20-50 ปี มาทำการทดสอบชิม ใช้ 7 scale ได้แก่ 7 = ชอบมาก 6 = ชอบปานกลาง 5 = ชอบเล็กน้อย 4 = เฉย ๆ 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย 2 = ไม่ชอบปานกลาง และ 1 = ไม่ชอบมาก โดยให้พิจารณาลักษณะด้านสี กลิ่น ลักษณะการปาด และการชิมรส โดยเสิร์ฟเฉพาะแยมปริมาณ 30 กรัม เพื่อประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น ลักษณะการปาด และรสชาติของแยมลูกหม่อน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนที่มีปริมาณน้ำตาลแตกต่างกัน โดยพิจารณาจากผลของคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์เคมีและกายภาพของลูกหม่อน โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) การประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD หรือ RBD) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการทดลอง 3 ซ้ำ ข้อมูลวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

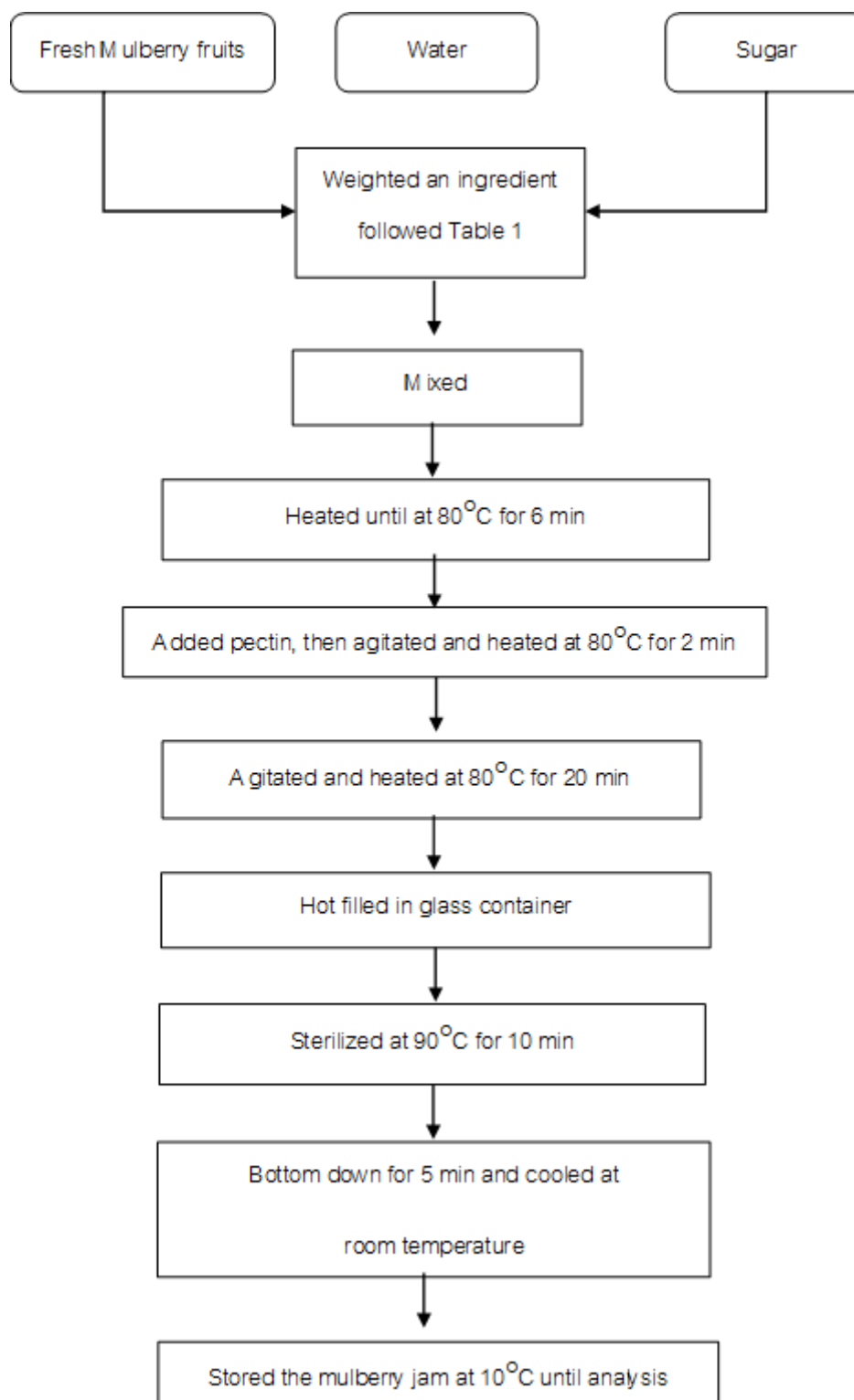


Figure 1 Processing flow diagram of mulberry jam.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลูกหม่อนสดพันธุ์เชียงใหม่เก็บเกี่ยวในระยะสุกเต็มที่ลักษณะผลสีม่วงแดงออกดำจากแหล่งปลูกเดียวกันในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ และสารสำคัญที่แสดงความสามารถเป็นสารต้านอนุมูลอิสระพบว่าลูกหม่อนผลสดมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 5.58 ไขมันร้อยละ 0.83 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 15.49 ความชื้นร้อยละ 63.47 เถ้าร้อยละ 6.57 และเส้นใยหยาบร้อยละ 8.27 (Table 2) ภายหลังจากการนำลูกหม่อนไปผลิตแยมลูกหม่อนจะเห็นว่า

ผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน (สูตรที่ 5) ยังคงปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.97 ไขมันร้อยละ 0.08 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.45 ความชื้นร้อยละ 81.93 เถ้าร้อยละ 6.02 และเส้นใยหยาบร้อยละ 1.54 โดยที่ปริมาณขององค์ประกอบทางอาหารเหล่านี้มีปริมาณลดลงเป็นผลสืบเนื่องจากการกระบวนการผลิตเป็นการใช้ความร้อนและมีการเติมน้ำ น้ำตาล และเพกทิน ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบต่าง ๆ เป็นโครงสร้างเชิงซ้อน ทำให้ปริมาณสารประกอบหลักของอาหาร เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เกิดเปลี่ยนแปลงไป (Schmidt et al., 2005)

Table 2 Chemicals, physicals, and some antioxidant properties of mulberry fruits (fresh and jam).

Properties	Fresh mulberry fruits	Mulberry fruits jam (Formula no. 5)
Chemical properties and some antioxidant		
pH	2.43±0.01	3.19±0.02
Total soluble solids (^o Brix)	10.67±0.02	51.00±0.00
Protein (% w.b.)	5.58±0.10	0.97±0.05
Fat (% w.b.)	0.83±0.09	0.08±0.03
Carbohydrate (% w.b.)	15.49±1.16	9.45±2.06
Moisture content (% w.b.)	63.47±0.42	81.93±0.74
Ash (% w.b.)	6.57±1.89	6.02±2.79
Fiber (% w.b.)	8.27±1.07	1.54±0.06
Antioxidant activity (% inhibition by DPPH assay)	56.46±4.13	73.24±0.23
Total phenolic content (mg GAE/100g d.b.)	133.00±7.46	186.89±4.30
Color values		
L* (lightness)	16.73±1.05	24.04±0.28
a* (redness-greenness)	2.87±0.76	1.01b±0.06
b* (yellowness-blueness)	-0.13±0.42	-0.94±0.05
Chroma*	2.87±0.77	1.38±0.07

Mean±standard deviation.

ลูกหม่อนผลสดมีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) ร้อยละ 56.46 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 133 mg GAE/100g d.b. (Table 2) และพบว่าค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% inhibition) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อน (สูตรที่ 5) มีค่า 73% และ 186.96 mg GAE/100g d.b. ตามลำดับ โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อาจเป็นผลมาจากกระบวนการใช้ความร้อนทำลายผนังเซลล์ของโครงสร้างพืช และมีส่วนผสมของเพกทินและน้ำตาลซูโครส ซึ่งจะถูกละลายด้วยความร้อนร่วมกับสภาวะความเป็นกรด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารพฤษเคมีที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างในรูปอนุพันธ์ต่าง ๆ หรือการรวมตัวเกิดโครงสร้างอนุพันธ์ของสารพฤษเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากขึ้นดังกล่าว (Howard et al., 2010; Igual et al., 2013)

สำหรับค่าสีลูกหม่อนผลสดแสดงด้วยค่า L* a* b* และ chroma* โดยที่ค่า L* คือค่าความสว่าง ค่า a* คือค่าที่แสดงสีแดง-สีเขียว ค่า b* คือค่าแสดงสีเหลือง-สีน้ำเงิน และค่า chroma* คือค่าความสดใสของสี ผลการทดลองพบว่าค่า L* เท่ากับ 16.73 ซึ่งเบนไปทางสีดำ ค่า a* เท่ากับ 2.87 เป็นค่าบวกซึ่งแสดงค่าสีแดง แสดงว่าลูกหม่อนมีลักษณะค่อนข้างไปทางสีแดง ค่า b* เท่ากับ -0.13 เป็นค่าลบซึ่งแสดงค่าสีน้ำเงิน แสดงว่าลูกหม่อนค่อนข้างไปทางสีน้ำเงิน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่า a* และ -b* จากค่า chroma* มีค่าเท่ากับ 2.87 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลหม่อนสุกที่มีสีม่วงแดงเข้มเกือบดำ

การผลิตแยมลูกหม่อน 5 สูตร โดยสูตรที่ 1 ไม่เติมน้ำตาล สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง สูตรละ 510 กรัม ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 เติมน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง สูตรละ 255 กรัม ตามลำดับ ดัง Table 1 นั้น พบว่าคุณภาพแยมเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 ได้กำหนดไว้ว่า ควรมีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5 โดยการใช้ น้ำตาลทรายแดง มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรดสูงกว่าน้ำตาลทรายขาว การใช้ น้ำตาลทรายแดงหรือน้ำตาลทรายขาวที่ปริมาณ ต่างกัน (510 และ 255 กรัม) มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้และค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ดังใน Table 3 นอกจากนี้ยังพบว่าแยมสูตรที่ 4 และสูตรที่ 5 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด ($P<0.05$) และสูตรที่ 1 มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกต่ำสุด ($P<0.05$)

Table 3 Chemical and some antioxidant properties of five mulberry fruits jam.

Properties	Results				
	Formula	Formula	Formula	Formula	Formula
	no. 1	no. 2	no. 3	no. 4	no. 5
pH	3.32 ^a ±0.05	3.11 ^{bc} ±0.03	3.23 ^{ab} ±0.05	3.05 ^c ±0.03	3.19 ^b ±0.02
Total soluble solids (°Brix)	11.00 ^d ±0.00	67.67 ^a ±0.58	64.50 ^b ±0.05	53.67 ^c ±2.08	51.00 ^c ±0.00
Antioxidant activity (% inhibition)	55.17 ^b ±1.85	49.62 ^b ±4.68	59.26 ^b ±5.32	60.86 ^b ±3.28	73.24 ^a ±0.23
Total phenolic content (mg GAE/100g d.b)	103.15 ^c ±14.52	150.60 ^b ±6.05	156 ^b ±0.05	190 ^a ±0.07	186.89 ^a ±4.30

Mean±standard deviation. The same letter in the same row are not significantly different at 5% level by DMRT.

ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนดังแสดงใน Table 4 สามารถสรุปได้ว่าผู้ทดสอบชิม จำนวน 30 คน ให้คะแนนการยอมรับรวม (overall acceptability) แยมลูกหม่อนสูตรน้ำตาลทรายและน้ำตาลทรายแดง 255 กรัม ในสูตรที่ 4 และ 5 มากที่สุด

Table 4 Sensory score of mulberry fruits jam.

Mulberry fruits jam	Sensory score						
	Color	Flavor	Sweetness	Sourness	Spreadable	Thickness	Overall acceptability
Formula no. 1	5.13 ^b ±0.14	4.33 ^b ±0.13	2.67 ^c ±0.23	3.03 ^b ±0.22	3.20 ^c ±0.19	3.40 ^b ±0.19	3.00 ^c ±0.24
Formula no. 2	5.61 ^a ±0.10	4.61 ^{ab} ±0.09	3.68 ^b ±0.17	3.43 ^b ±0.16	4.76 ^b ±0.15	4.37 ^{ab} ±0.14	3.95 ^{ab} ±0.18
Formula no. 3	5.12 ^b ±0.33	4.31 ^b ±0.31	3.73 ^b ±0.55	4.16 ^b ±0.53	5.29 ^a ±0.48	5.15 ^a ±0.47	3.79 ^b ±0.58
Formula no. 4	5.93 ^a ±0.33	5.03 ^a ±0.31	5.62 ^a ±0.55	4.65 ^a ±0.53	5.87 ^a ±0.48	4.60 ^a ±0.47	4.86 ^a ±0.58
Formula no. 5	5.35 ^{ab} ±0.16	4.58 ^{ab} ±0.14	4.59 ^a ±0.26	4.46 ^a ±0.25	4.62 ^b ±0.22	4.23 ^{ab} ±0.22	4.50 ^a ±0.27

Mean±standard deviation. The same letter in the same column are not significantly different at 5% level by DMRT.

สรุปผลการศึกษา

ลูกหม่อนสดมีองค์ประกอบทางอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใยหยาบ และปริมาณเถ้า มีปริมาณลดลงเมื่อผลิตแยมลูกหม่อน มีค่าสีเป็นสีม่วงเกือบดำตามลักษณะพฤกษศาสตร์ มีคุณสมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อนำลูกหม่อนสดไปผลิตเป็นแยม ผลการคัดเลือก

สูตรการผลิต 5 สูตร พบว่าสูตรที่ 5 (น้ำตาลทรายแดง 255 กรัม) เป็นสูตรที่เหมาะสม มีค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด และมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรการผลิตอื่น ๆ นอกจากนั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์แยมลูกหม่อนนี้ยังเป็นที่กำหนดได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 213 พ.ศ. 2543 ว่าควรมีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 2.8 ถึง 3.5 ดังนั้นข้อมูลของงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการผลิตแยมลูกหม่อนในเชิงการค้าและยังเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าลูกหม่อนสดได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. 2543. แยม เยลลี่และมาร์มาเลด. นนทบุรี: สำนักงานอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.
- เนตรนา อุ่นทิ และฉัตรภา หัตถโกศล. 2562. ประโยชน์ต่อสุขภาพของผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ที่ปลูกได้ในประเทศไทย. *วารสารโภชนาการ* 54(2): 94-105.
- มนัญญา คำวิระพิทักษ์, พะยอม รอดเล็ก, มรกต กิจเจา, สุวิญา สิงห์ทอง, เบญจางค์ อัจฉริยะไพธา, จุฑารัตน์ พงษ์โนรี, กนกวรรณ ปุณณะตระกูล และคณะ. 2559. ผลของสารให้ความหวานฟรุคโตสไซรัปและซูคราโลสที่มีผลต่อคุณลักษณะบางประการของแยมผลไม้ผสม. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์* 11(2): 16-23.
- ลือชัย บุตรคุป. 2555. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันในผลหม่อนสายพันธุ์ต่าง ๆ. *วารสารวิจัยเพื่อชุมชน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม* 1(2): 31-47.
- วัชรารุณ ศรีสุธรรม. 2553. *อาหารเพื่อมนุษยชาติ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- AOAC. 2005. *Official method of analysis of AOAC international*. 17th ed. Horwitz, William: Association of Official Analytical Chemists. Inc.
- Aydin, E., and Gocmen, D. 2015. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT-Food Science and Technology* 60: 385-392.
- Claudin, M., Andrzej, M., and Augustia, S. 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular disease. *Current Opinion in Lipidology* 16: 77-84
- Duthie, G. G., Duthie, S. J., and Kyle, J. A. M. 2000. Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *Nutrition Research Reviews* 13: 79-106.
- Howard, L. R., Castrodale, C., Brownmiller, C., and Mauromoustakos, A. 2010. Jam processing and storage effects on blueberry polyphenolics and antioxidant capacity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 25: 4022-4029.
- Igual, M., Garcia-Martinez, E., Camacho, M. M., and Martinez-Navarrete, N. 2013. Jam processing and storage effects on β -carotene and flavonoids content in grapefruit. *Journal of Functional Foods* 5: 736-744.
- Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Camp, J. V., and Capanoglu, E. 2015. Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry* 186: 74-82.
- Lazee, M. C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A. I., Stivala, L. A., and Bianchi, L. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *Carcinogenesis* 25: 1427-1433.
- Patras, A., Brunton, N., and Tiwari, B. K. 2011. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and color in strawberry jam during storage. *Food Bioprocess Technology* 4: 1245-1252.
- Rababah, T. M., Al-Mahasneh, M. A., Kilani, I., Yang, W., Nihamad, M. N., Ereifej, K., Al-udatt, M. et al. 2010. Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food Agriculture* 91: 1096-1102.
- Radojkovic, M. M., Zekovic, Z. P., Vidovic, S. S., Kocar, D. D., Pavle, Z., and Maskovic, P. 2012. Free radical scavenging activity and total phenolic and flavonoid contents of mulberry (*Morus spp.* L., Moraceae) extracts. *Hemijiska Industrija* 66: 547-552.
- Schmidt, B. M., Erdman, J. W., and Lila, M. A. 2005. Effects of food processing on blueberry antiproliferation and antioxidant activity. *Journal of Food Science* 70: s389-s394.
- Teangpook, C., and Paosantong, U. 2013. Production and shelf-life of low sucrose lime juice papaya jam. *Pakistan Journal of Nutrition* 12(9): 870-878.
- Yang, X., Yang, L., and Zheng, H. 2010. Hyperlipidemia and antioxidant effects of mulberry (*Morus alba* L.) fruit in hyperlipidemia rats. *Food and Chemical Toxicology* 48: 2374-2378.

วันรับบทความ (Received date) : 11 ต.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 24 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 2 พ.ค. 64