การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

The Optimum Conditions for the Production of Dried Osmotic Dehydrated Karanda (*Carissa carandas* L.)

ภาสุรี ฤทธิเลิศ[1*]
Pasuree Rittilert[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง โดยใช้ผลที่มีระยะกึ่งสุกแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8% (w/v) ในช่วงการเตรียมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการออสโมซิส และศึกษาปริมาณน้ำคั้นจากผลที่มีระยะสุกเติมลงในสารละลายออสโมติก ความเข้มข้น 0, 10, 15, 20 และ 25% (w/v) ด้วยกระบวนการออสโมซิสแบบเร็ว จากนั้นทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°C ความเร็วลมเฉลี่ย 4.2 m/s เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า การแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.6% สามารถปรับปรุงลักษณะปรากฏของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และมีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ 25% สามารถปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์สุดท้ายโดยมีคะแนนความชอบด้านสีสูงในระดับชอบมาก (8.15±0.87 คะแนน) และคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ($P\leq0.05$) นอกจากนี้การเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่จากผลสุกสามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดให้กับผลิตภัณฑ์สุดท้าย และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 CFU/g ยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินและปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

คำสำคัญ: มะม่วงหาวมะนาวโห่ การแช่อิ่มอบแห้ง แอนโทไซยานิน

Abstract

The purpose of this research was to produce osmotically dehydrated Karanda (*Carissa carandas* L.) The Karanda fruits at the half-ripened stage were soaked in calcium chloride concentrations of 0, 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8% (w/v) during the preparation of ingredients before the osmotic dehydration process. The Karanda fruit juices were studied from ripened stage fruits added to 0, 10, 15, 20, and 25% (w/v) osmotic solution using a fast osmotic dehydration process. Next, the fruits samples were dried at a temperature of 60°C in moving air that had an average air velocity of 4.2 m/s for 6 hours. The experimental results indicated that a soaking in 0.6% calcium chloride solution was able to improve the appearance of the finished products compared to control treatment, and resulted in overall preference score at the highest level with a statistical significance level of $P\leq0.05$. Furthermore, the addition of 25% Karanda juice improved the color of the finished products, resulting in color preference at a very high level (8.15±0.87 points) and the highest overall preference score ($P\leq0.05$). The addition of Karanda juice at the fully-ripened stage increased the total anthocyanin contents of the finished products. Total microbial count values were less than 25 CFU/g, and yeast and mold levels were less than 10 CFU/g. This study suggested that the addition of Karanda juice could be used to increase the anthocyanin content and improve the sensory quality of osmotically dehydrated Karanda.

Keywords: Karanda, osmotically dehydrated, anthocyanin

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 13180

[1] Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under The Royal Patronage, Klong Luang, Pathum Thani 13180

*Corresponding author, Email: ps.rittilert@gmail.com

คำนำ

มะม่วงหาวมะนาวโห่ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Carissa carandas* L. มีชื่อสามัญ Karanda เป็นผลไม้โบราณพื้นเมืองที่สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ตลอดทั้งปี แต่จะมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ผลเป็นรูปทรงกลมรี ผิวเรียบ ผลอ่อนมีสีขาว รสเปรี้ยวมาก ผลแก่เป็นสีชมพูจนเป็นสีแดงเข้มจนเกือบดำ เมื่อผลสุกจัดเป็นสีม่วงดำ มีรสออกหวานเล็กน้อย (Maheshwari et al., 2012; Kumar et al., 2013) จากข้อมูลงานวิจัยมีการรายงานถึงองค์ประกอบทางพฤกษเคมี (phytochemical composition) ของมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยพบสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแอนโทไซยานิน (Sarkar et al., 2018) สุภาพร ฟักเงิน และศิรประภา มีรอด (2560) วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของลูกมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะผลสุกงอม (ผลมีสีม่วงเข้ม) พบแอนโทไซยานินได้ทั้งในเปลือกและเนื้อของมะม่วงหาวมะนาวโห่ โดยมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 2 ชนิด คือ ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ และเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 181.66 และ 157.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงมีประโยชน์ต่อร่างกาย จากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่ของ วชิราภรณ์ ผิวล่อง และคณะ (2556) พบว่าผลสุกให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงที่สุด ในขณะที่ผลดิบ (ผลมีสีขาวอมเขียว) มีปริมาณของวิตามินซีสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะผลกึ่งสุก (ผลมีสีขาวอมชมพู) และระยะผลสุก (ผลมีสีชมพูเข้มถึงม่วง) ผลไม้อบแห้งเป็นสินค้าส่งออกอีกชนิดหนึ่งที่มีแนวโน้มในการขยายการผลิตและการตลาดเพิ่มขึ้นสอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 การเกษตรสร้างมูลค่า (สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ, 2561) ผลไม้อบแห้งนอกจากจะใช้บริโภคโดยตรงเป็นอาหารว่างแล้ว ยังสามารถใช้เป็นองค์ประกอบของอาหารพร้อมรับประทาน (ready to eat fruit cereal) หรืออาหารเสริมสุขภาพประเภทมูสลี่ (muesli) และผลิตภัณฑ์อาหารประเภทอื่นด้วย เช่น ไอศกรีม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น ในการผลิตผลไม้อบแห้งเป็นวิธีการแปรรูปผลไม้สดให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน นิยมนำผลไม้มาผ่านกระบวนการแช่อิ่มก่อนการอบแห้ง โดยการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส (osmotic dehydration) โดยการแช่ผลไม้ในสารละลายน้ำตาลหรือเกลือ ซึ่งเป็นตัวถูกละลายที่มีความเข้มข้นสูงกว่าในตัวอย่าง น้ำในตัวอย่างจะเคลื่อนที่ออก ส่วนตัวถูกละลายในสารละลายจะเคลื่อนที่เพื่อลดปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความแตกต่างของแรงดันออสโมติก (Raoult-Wack, 1994) เพื่อลดปริมาณน้ำในชิ้นผลไม้ก่อนนำไปอบแห้ง จึงช่วยลดเวลาการอบแห้งลงได้ อีกทั้งยังทำให้เนื้อสัมผัสและรสชาติดีกว่าผลไม้อบแห้งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส อย่างไรก็ตามอาจทำให้รงควัตถุหรือสารสีในเนื้อเยื่อผลไม้แพร่ออกสู่สารละลาย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ภายหลังการแช่อิ่มมีสีซีด และอาจส่งผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนี้ในการรักษาคุณภาพของผลไม้แปรรูป มีการใช้แคลเซียมคลอไรด์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปมีเนื้อสัมผัสคงตัวและคงรูปดีขึ้น (Stanley et al., 1995) Luna-Guzman et al. (1999) ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ในการแช่แคนตาลูปหลังการตัดแต่ง พบว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1-5 ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่วนงานวิจัยของ รวงนลิน เทพนวล และคณะ (2563) ศึกษาการแช่สะตอสดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 1, 1.5 และ 2 (โดยน้ำหนัก) เป็นเวลา 5 นาที ก่อนการนำสะตอสดไปอบแห้ง พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสะตอออบแห้งด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ในการแช่มะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีระยะผลกึ่งสุกต่อคุณภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง และศึกษาการใช้ประโยชน์จากมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะผลสุก โดยศึกษาผลของปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่จากผลสุกในขั้นตอนการออสโมซิสต่อคุณภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

วิธีการศึกษา

ศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ใช้ในการทดลองเป็นผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีระยะการพัฒนาของผลหลังดอกบาน 59 วัน (ผลกึ่งสุกมีสีขาวปนชมพู) และระยะการพัฒนาของผลหลังดอกบาน 74-82 วัน (ผลสุกมีสีแดงเข้มจนถึงม่วงดำ) จากสวนของเกษตรกร ตำบลบางพลีน้อย อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ โดยบรรจุในถุงพอลิเอทิลีนลงในกล่องกระดาษ และขนส่งด้วยรถโดยสารประจำทาง เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง มายังคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จากนั้นนำมาล้างให้สะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปวัดค่าสีในระบบ CIE L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง color reader รุ่น CR-10 (ยี่ห้อ Minolta, Japan) ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter รุ่น Cyberscan (ยี่ห้อ Eutech, Singapore) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย digital refractometer (Model PASL-18S; Atago Co.,Ltd., Tokyo, Japan) อ่านค่าเป็น ºBrix

การศึกษาปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

การเตรียมมะม่วงหาวมะนาวโห่ ตามวิธีการของ ภาสุรี ฤทธิเลิศ (2560) โดยใช้ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีระยะการพัฒนาของผลหลังดอกบาน 59 วัน (ผลกึ่งสุกมีสีขาวปนชมพู) นำมาล้างน้ำให้สะอาด ผ่าครึ่ง แล้วคว้านเมล็ดออก แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) อัตราส่วนของมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อสารละลายเป็น 1:1 (w/v) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อล้างยางของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ ล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง แล้วผึ่งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่เตรียมได้มาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 (w/v) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปแช่อิ่มอบแห้ง โดยนำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์แต่ละความเข้มข้นมาเคี่ยวในน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล 35 บริกซ์ ด้วยไฟปานกลาง เป็นเวลา 30 นาที แล้วเติมน้ำตาลจนกระทั่งน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นเท่ากับ 65 บริกซ์ จากนั้นนำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ผ่านการแช่อิ่มแล้วไปล้างในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ผึ่งให้แห้ง และทำแห้งด้วยลมร้อน (hot air drying) โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer) (กล้วยน้ำไท, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมเฉลี่ย 4.2 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งไปวัดค่าสีในระบบ CIE L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง color reader รุ่น CR-10 (ยี่ห้อ Minolta, Japan) ค่าปริมาณน้ำอิสระ (water activity, a_w) โดยใช้เครื่อง Aqualab รุ่น 3 (Decagon, USA) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ใช้สเกลความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic rating scale) กำหนดให้ระดับคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด จนถึงระดับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 20 คน เป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

การศึกษาปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

การเตรียมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ ตามวิธีการของ ภาสุรี ฤทธิเลิศ (2560) โดยใช้ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่มีระยะการพัฒนาของผลหลังดอกบาน 74-82 วัน (ผลสุกมีสีแดงเข้มจนถึงม่วงดำ) นำมาล้างน้ำให้สะอาด ผ่าครึ่ง แล้วคว้านเมล็ดออก แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (w/v) อัตราส่วนของมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อสารละลายเป็น 1:1 (w/v) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อล้างยางของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ ล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง แล้วปั่นด้วยเครื่องปั่น รุ่น EM-SMART4 (ยี่ห้อ Sharp, ประเทศไทย) ที่ความเร็วระดับ 2 นาน 3 นาที กรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่

การแช่อิ่มอบแห้ง โดยนำมะม่วงหาวมะนาวโห่ระยะการพัฒนาของผลหลังดอกบาน 59 วัน (ผลกึ่งสุกมีสีขาวปนชมพู) ที่ผ่านการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเหมาะสมไปเคี่ยวในน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 0, 10, 15, 20 และ 25 (w/v) ตามขั้นตอนการแช่อิ่มอบแห้งดังกล่าว และประเมินคุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น

การศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

นำผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งที่ผู้บริโภคยอมรับมาทำการศึกษาผลิตภัณฑ์สุดท้ายทางด้านคุณภาพทางเคมี และจุลินทรีย์ โดยวัดปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-differential method) ตามวิธีการของสุภาพร ฟักเงิน และศิรประภา มีรอด (2560) ด้วยการสกัดตัวอย่างในสารละลายไฮโดรคลอริกในเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา (BAM, 2001)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และข้อมูลการประเมินทางประสาทสัมผัสด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 17

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่

ผลกึ่งสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสีขาวปนชมพู ทำให้มีค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) มากกว่าผลสุกซึ่งมีสีแดงอมดำ (Figure 1) โดยผลสุกมีความเปรี้ยวน้อยกว่าผลกึ่งสุก จึงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงกว่าผลกึ่งสุก และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้มากกว่าผลกึ่งสุก (Table 1) เนื่องจากตามระยะการพัฒนาของผลไม้ทั่วไป เมื่อผลเริ่มสุกค่า pH จะเพิ่มขึ้น ความเป็นกรดลดลง ความหวานจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการย่อยสลาย (hydrolysis) ของแป้งเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลตามกระบวนการสุกของผลไม้ (Fawole and Opara, 2013) ปริมาณกรดในผลไม้ส่วนใหญ่ที่ลดลง

เกิดเนื่องจากกรดจะถูกนำไปใช้เป็นสารประกอบของการหายใจ (respiratory substrates) และสร้างโครงคาร์บอน (carbon skeleton) ของการสังเคราะห์สารชนิดใหม่ในระหว่างการสุก (สังคม เตชะวงศ์เสถียร, 2542; Jiménes et al., 2011) ในทำนองเดียวกับการรายงานของ ธนิตชยา พุทธมี และคณะ (2561) พบว่า ผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาของผล เช่นเดียวกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะการพัฒนาของผล แต่เมื่อผลเริ่มสุก ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เริ่มลดลง และยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อผลสุกแก่

(A) (B)

Figure 1 Appearance of Karanda fruits (A) half-ripened and (B) fully-ripened stage.

Table 1 Physicochemical properties of Karanda fruits half-ripened and fully-ripened stage.

Physicochemical properties	Fruit ripening stage	
	Half-ripened	Fully-ripened
pH	2.67[b]±0.01	3.49[a]±0.02
Total soluble solid (°Brix)	7.17[b]±0.06	11.50[a]±0.69
Color		
Lightness (L*)	55.00[a]±1.52	26.17[b]±0.45
Redness (a*)	27.20[a]±2.58	6.10[b]±1.47
Yellowness (b*)	13.40[a]±0.41	1.57[b]±0.53

[a-b] Different letters in the same row mean significantly different (P≤0.05).

ผลของปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

ลักษณะปรากฏของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง (Figure 2) พบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีสีไม่สม่ำเสมอ โดยเปลือกและเนื้อมีสีเหลืองปนชมพู เนื่องจากมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ใช้เป็นระยะผลสุกที่ผลมีสีขาวปนชมพู จึงทำให้มีสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีขาวปนชมพูด้วย โดย ธนิตชยา พุทธมี และคณะ (2561) รายงานว่า สีเปลือกของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่มีผลโดยตรงต่อการรับแสง บริเวณที่ได้รับแสงมากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีอย่างรวดเร็ว โดยเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีแดงในระยะผลสุก ทำให้สีเปลือกและสีเนื้อบางส่วนมีทั้งสีขาวและสีชมพู นอกจากนี้การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น การเกาะติดกันของเปลือกและเนื้อของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งจึงดีขึ้นที่ระดับการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6-0.8 อธิบายได้ว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์ช่วยให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงขึ้น โดยแคลเซียมคลอไรด์ไอออน (Ca^{2+}) สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพกทินที่อยู่บริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) บนสายพอลิกาแล็กทูโรไนด์ (polygalacturonide) และประจุคู่ของแคลเซียมไอออน โดยแคลเซียมไอออนทำหน้าที่ดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสายพอลิกาแล็กทูโรไนด์สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสายพอลิกาแล็กทูโรไนด์อีกสายหนึ่ง เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model ได้เป็นสารประกอบแคลเซียมเพกเทตซึ่งไม่ละลายน้ำ (Luna-Guzmán et al., 1999) และเชื่อมให้ผนังเซลล์ติดกัน เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ช่วยรักษาความคงรูปของเนื้อผลไม้ได้ ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Luna-Guzmán and Barrett (2000) ศึกษาผลของการแช่แคนตาลูปชนิดพร้อมบริโภค (fresh-cut) ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของแคนตาลูป พบว่าเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ซึมเข้าไปในเนื้อแคนตาลูปมีค่ามากขึ้นและมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

Figure 2 Appearance of osmotic dehydrated Karanda with different calcium chloride concentrations.

ค่าสี พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีค่า L* และ a* ลดลง ค่า b* มีค่าเข้าใกล้ความเป็นสีเหลืองมาก แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (Table 2) ส่วนค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีค่า a_w เท่ากับ 0.4 อาจเนื่องมาจากการแช่อิ่มเป็นการใช้สารละลายน้ำตาล ซึ่งน้ำตาลซูโครสทำหน้าที่เป็นสารละลายออสโมติก เมื่อความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการให้ความร้อน ส่งผลให้น้ำสามารถแพร่ออกมาจากชิ้นผลไม้ได้มากขึ้น ประกอบกับขั้นตอนการทำแห้งจึงช่วยลดความชื้นของชิ้นผลไม้จนถึงจุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ คือมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6

Table 2 Color and water activity (a_w) of osmotic dehydrated Karanda with different calcium chloride concentrations.

$CaCl_2$ (w/v%)	Color			a_w ns
	L* ns	a* ns	b* ns	
0	34.37±1.60	2.07±0.85	8.67±0.60	0.40±0.00
0.2	33.83±0.72	1.93±0.51	8.23±2.05	0.40±0.00
0.4	33.93±0.55	1.50±0.30	8.87±2.01	0.40±0.00
0.6	33.40±0.10	1.67±0.21	7.67±0.47	0.40±0.00
0.8	32.73±5.51	1.37±0.42	8.50±1.30	0.40±0.00

ns Means in the same column not significant different (P>0.05).

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังแสดงไว้ใน Table 3 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมผลิตภัณฑ์ที่แช่แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6 มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด โดยอยู่ในระดับชอบปานกลาง รวมถึงมีคะแนนประเมินด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัสสูงสุด เนื่องจากมะม่วงหาวมะนาวโห่มีเนื้อสัมผัสไม่แข็ง ไม่เหนียว และผลิตภัณฑ์มีเนื้อไม่หลุดออกจากเปลือก ส่วนการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.8 ผู้บริโภครายงานว่า ผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีเนื้อสัมผัสเหนียวและแข็ง ดังนั้นจึงเลือกการแช่มะม่วงหาวมะนาวโห่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6 ในการทดลองขั้นต่อไป

Table 3 Sensory evaluation of osmotic dehydrated Karanda with different calcium chloride concentrations.

$CaCl_2$ (w/v%)	Appearance	Color ns	Flavor ns	Taste ns	Texture	Overall liking
0	6.17^b±1.46	5.85±0.96	5.42±1.21	5.63±0.88	5.82^b±1.22	6.10^b±1.03
0.2	5.75^b±1.19	5.44±0.99	5.58±1.19	5.62±1.83	6.10^b±0.88	6.22^b±1.08
0.4	5.53^b±1.40	5.76±0.98	5.82±0.99	6.08±1.00	5.97^b±0.91	5.90^b±1.03
0.6	7.33^a±1.02	5.85±0.73	5.90±1.03	6.06±0.67	7.76^a±0.66	8.25^a±0.67
0.8	5.83^b±1.48	5.83±1.06	5.76±1.43	5.83±1.00	6.18^b±0.99	6.23^b±0.84

ns Means in the same column not significant different (P>0.05)

a-b Different letters in the same column mean significantly different (P≤0.05)

ผลของปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ต่อคุณภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

จากการแช่มะม่วงหาวมะนาวโห่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์สูงที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์มีสีไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยการแปรปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เป็น 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0, 10, 15, 20 และ 25 (w/v)

จากการทดลอง เมื่อเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ในขั้นตอนการเคี่ยวมะม่วงหาวมะนาวโห่ (การแช่อิ่มแบบเร็ว) พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีสีแดงเพิ่มขึ้นแต่มีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลง (Figure 3 และ Table 4) เนื่องจากการใช้น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่จากระยะผลสุก ผลมีสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีแดงเข้มอมม่วง ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำผลไม้เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกเพิ่มขึ้นด้วย ประกอบกับโครงสร้างของผนังเซลล์ผลไม้อ่อนตัวลงจากการให้ความร้อน ทำให้น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่แพร่เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ได้มากขึ้นด้วย ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของ Samborska et al. (2019) พบว่า การเติมน้ำเบอร์รี่หรือน้ำเบอร์รี่สกัดเข้มข้นลงในสารละลายน้ำตาลออสโมติกที่ใช้แช่ชิ้นแอปเปิล พบว่าเนื้อแอปเปิลมีสีคล้ำขึ้นเนื่องจากการดูดซึมแอนโทไซยานินของน้ำเบอร์รี่ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ส่วน Kowalska (2017) รายงานว่า อุณหภูมิสูง ทำให้เพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการทำแห้งด้วยการออสโมซิส และงานวิจัยของ Azoubel and Murr (2004) กล่าวว่า ระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิมีผลต่อการถ่ายเทมวลสารในระหว่างการออสโมซิส โดยการใช้สารละลายออสโมติกที่ความเข้มข้นสูง มีผลให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกภายในชิ้นผลไม้กับสารละลายภายนอกสูง จึงเกิดการถ่ายเทมวลสารได้ดีกว่าการใช้สารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่ำ

ค่าปริมาณน้ำอิสระ พบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.41-0.47 (Table 4) อาจอธิบายได้ว่าเป็นการแปรรูปโดยการทำแห้งด้วยลมร้อนร่วมด้วย ซึ่งความร้อนเป็น driving force ที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากเนื้อเยื่อด้านในของชิ้นผลไม้ออกสู่ด้านนอกแล้วระเหยไป จึงส่งผลให้มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มสูญเสียความชื้นไปได้มาก ทำให้ค่า a_w ของมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีค่าต่ำ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มชนิดแห้ง โดยมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558)

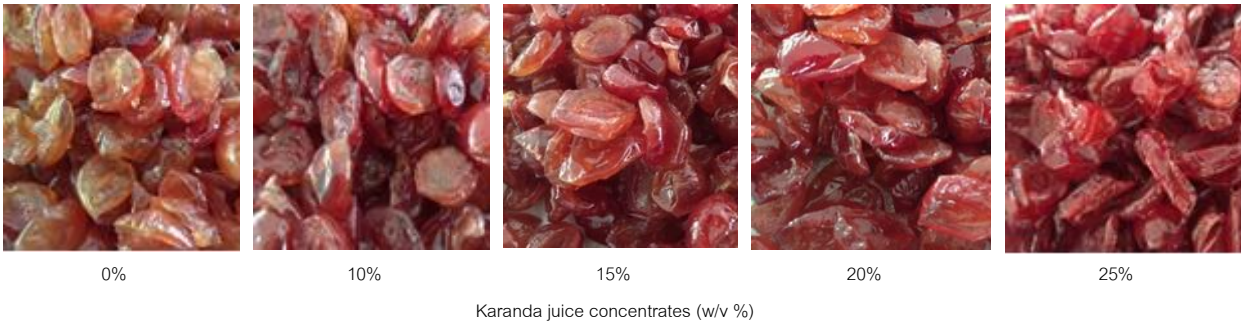

Figure 3 Appearance of osmotic dehydrated Karanda with different Karanda juice concentrations.

Table 4 Color and water activity (a_w) of osmotic dehydrated Karanda with different Karanda juice concentrations.

Karanda juice concentrates (w/v%)	Color			a_w
	L*	a*	b*	
0	41.40^{a}±0.17	2.53^{c}±0.86	4.10^{a}±1.44	0.41^{c}±0.01
10	40.73^{a}±0.61	3.83^{bc}±0.06	1.43^{b}±0.51	0.42^{bc}±0.01
15	40.10^{a}±1.59	5.07^{b}±0.76	2.63^{b}±0.42	0.44^{bc}±0.02
20	39.93^{a}±0.61	4.27^{ab}±0.46	2.03^{b}±0.30	0.45^{ab}±0.01
25	35.60^{b}±1.54	5.83^{a}±0.94	2.37^{b}±0.21	0.47^{a}±0.01

$^{a-c}$ Different letters in the same column mean significantly different ($P \leq 0.05$).

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 5) พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และด้านสีเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ในขณะที่คะแนนความชอบต่อรสชาติ พบว่า ผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวอมหวาน โดยคะแนนความชอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากระดับความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง อธิบายได้ว่าน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่มีรสเปรี้ยว สอดคล้องกับคุณภาพด้านความเป็นกรด-ด่างที่ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ เมื่อปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อรสเปรี้ยวและรสหวานของผลิตภัณฑ์แช่อิ่มอบแห้งได้ ส่วนด้านเนื้อสัมผัส พบว่ามะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีเนื้อสัมผัสนิ่ม ไม่เหนียวแข็ง ทั้งนี้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมต่อมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งที่มีปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 25 ในระดับคะแนนชอบปานกลางสูงที่สุด (P≤0.05)

Table 5 Sensory evaluation of osmotic dehydrated Karanda with different Karanda juice concentrations.

Karanda juice concentrates (w/v %)	Appearance	Color	Flavor ^{ns}	Taste	Texture ^{ns}	Overall linking
0	6.65^{b}±1.18	5.85^{c}±1.09	6.45±1.27	6.65^{b}±1.14	7.00±1.26	6.55^{b}±1.19
10	6.65^{b}±1.18	6.75^{b}±1.25	6.80±1.15	7.05^{ab}±1.00	6.70±1.22	7.05^{b}±1.23
15	6.95^{ab}±1.23	6.85^{b}±1.22	6.85±1.14	7.15^{ab}±1.09	6.70±1.13	6.90^{b}±1.12
20	7.20^{ab}±1.06	6.95^{b}±1.28	6.85±1.22	6.90^{ab}±1.25	6.85±1.04	6.90^{b}±1.25
25	7.55^{a}±1.00	8.15^{a}±0.87	6.70±0.98	7.40^{a}±1.14	6.35±1.22	7.80^{a}±1.15

^{ns} Means in the same column not significant different (P>0.05).

$^{a-b}$ Different letters in the same column mean significantly different (P≤0.05).

คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง

ผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีแอนโทไซยานิน โดยแอนโทไซยานินมีโครงสร้างเป็นแบบ C6-C3-C6 ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ของ 2-phenylbenzopyryliym หรือ flavylium cation โดยปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด วิเคราะห์ได้จากแอนโทไซยานิน 2 ชนิด ที่พบมากในเนื้อเยื่อพืช คือ ไซยานิดินและเพลาร์โกนิดิน (Anderson, 2006) แอนโทไซยานินที่พบในผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ในปริมาณมาก คือ cyanidin-3-O-rhamnoside, pelargonidin-3-O-glucoside และ cyanidin-3-O-glucoside (Kamlesh et al., 2010) ซึ่งการใช้น้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่จากผลสุกร้อยละ 25 (สูตรที่ได้รับการยอมรับ) ทำให้ผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (Table 6) อาจเป็นผลมาจากการดูดซึมแอนโทไซยานินที่มีในน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่เข้าสู่เนื้อเยื่อของชิ้นผลไม้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใน Table 4 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดง (a*) มากขึ้น ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในทำนองเดียวกับงานวิจัยของวชิราภรณ์ ผิวล่อง และคณะ (2556) พบว่า แอนโทไซยานินในผลมะม่วงหาวมะนาวโห่สุกมีปริมาณสูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับสีของผลที่มีความเป็นสีแดงที่มากขึ้น

Table 6 Anthocyanin content of osmotic dehydrated Karanda products.

Samples	Anthocyanin contents	
	Cyanidin-3-glucosides (mg/l)	Pelagonidin-3-glucosides (mg/l)
Control	45.77±7.16	24.32±3.80
Optimal formula	74.23±21.11	39.45±11.42

คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ (Table 7) พบว่า มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 25 CFU/g ยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g สอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 4 ซึ่งมีค่า a_w ต่ำ มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยคุณภาพทางจุลินทรีย์อ้างอิงตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่มชนิดแห้ง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558) ซึ่งระบุไว้ว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^6$ CFU/g ยีสต์และราต้องไม่เกิน $1x10^3$ CFU/g

Table 7 Total microbial count, yeast and mold of osmotic dehydrated Karanda products.

Samples	Total microbial count (CFU/g)	Yeast and mold (CFU/g)
Control	<25	<10
Optimal formula	<25	<10

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้ในการแช่มะม่วงหาวมะนาวโห่ เพื่อผลิตมะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้ง พบว่าการใช้แคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.6 ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงสุดในระดับคะแนนชอบมาก เมื่อศึกษาปริมาณน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่จากผลสุกเติมลงในส่วนผสม พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความชอบรวมสูงสุดที่ระดับปานกลางสูงที่สุด การเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ร้อยละ 25 ผลิตภัณฑ์มีสีแดงสม่ำเสมอ มีปริมาณไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ และเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ เท่ากับ 74.23±21.11 และ 39.45±11.42 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จึงกล่าวได้ว่าการเติมน้ำมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ได้จากผลสุกนั้น ช่วยเพิ่มสีธรรมชาติและเพิ่มสารพฤกษเคมีให้กับผลิตภัณฑ์มะม่วงหาวมะนาวโห่แช่อิ่มอบแห้งได้ อย่างไรก็ตามในการแช่อิ่มอบแห้งนั้นใช้น้ำตาลปริมาณมาก ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอาจใช้น้ำตาลชนิดอื่นทดแทนน้ำตาลทราย เช่น สารในกลุ่มพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ เนื่องจากสารในกลุ่มนี้มีระดับความหวานน้อยกว่า ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหวานลดลง และอาจช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งได้

เอกสารอ้างอิง

ธนิตชยา พุทธมี, ภาวินีย์ ผิวจันทร์, มาริษา รัตนโชติ และรุศมา มฤบดี. 2561. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลมะม่วงหาวมะนาวโห่ในระยะการพัฒนาผล. *แก่นเกษตร* 46(1)(พิเศษ): 1254-1258.

ภาสุรี ฤทธิเลิศ. 2560. *คู่มือการแปรรูปผลไม้แช่อิ่มอบแห้ง: มะม่วงหาวมะนาวโห่*. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

รวงนลิน เทพนวล, อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร, พราวตา จันทโร, อรุโณทัย เจือมณี และศิริพร ทวีโรจนาการ. 2563. ผลของการเตรียมตัวอย่างเบื้องต้นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สะตออบแห้ง. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)* 12(23): 103-113.

วชิราภรณ์ ผิวล่อง, สุรศักดิ์ สัจจบุตร, ศิริลักษณ์ สิงห์เพชร และจารุรัตน์ เอี่ยมศิริ. 2556. อิทธิพลของระยะเวลาสุกต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของมะม่วงหาวมะนาวโห่. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 44(2)(พิเศษ): 337-340.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2542. *วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวของพืช*. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่ม มผช. 161-2558. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0161_58(ผักและผลไม้แช่อิ่ม).pdf. (7 กันยายน 2562).

สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. 2561. ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580 (ฉบับย่อ). สำนักงานเลขานุการของคณะกรรมการยุทธศาสตร์ชาติ. https://www.nesdb.go.th/download/document/SAC/NS_SumPlanOct2018.pdf. (7 กันยายน 2562).

สุภาพร ฟักเงิน และศิรประภา มีรอด. 2560. การสกัดแยกหาปริมาณแอนโทไซยานินจากลูกมะม่วงหาวมะนาวโห่. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*. น. 1002-1011. มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, กำแพงเพชร.

Anderson, O. M., and Markham, K. R. 2006. *Flavonoids-chemistry, biochemistry, and applications*. New York: CRC Taylor and Francis Group.

Azoubel, P., and Murr, F. E. Z. 2004. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering* 61: 291-295.

BAM. 2001. Bacteriological Analytical Manual (BAM). USA. https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam. (5 August 2018).

Fawole, O. A., and Opara, U. L. 2013. Effects of maturity status on biochemical content, polyphenol composition and antioxidant capacity of pomegranate fruit arils (cv. 'Bhagwa'). *South African Journal of Botany* 85: 23-31.

Jiménez, A. M., Sierra, C. A., Rodríguez-Pulido, F. J., González-Miret, M. L., Heredia, F. J., and Osorio, C. 2011. Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo edulis) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International* 44(7): 1912-1918.

Kamlesh, P., Jale, R., Singh, M., and Kuma, R. 2010. Non-destructive evaluation of dimensional properties and physical characterization of Carissa carandas fruits. *International Journal of Emerging Science* 2: 321-327.

Kowalska, H., Marzec, A., Kowalska, J., Ciurzynska, A., Czajkowska, A., Czajkowska, K., Cichowska, J., Rybak, K., and Lenart, A. 2017. Osmotic dehydration of Honeoye strawberries in solutions enriched with natural bioactive molecules. *LWT Food Science and Technology* 85: 500-505.

Kumar, S., Gupta, P., and Gupta, K. L. V. 2013. A critical review on Karamarda (*Carissa carandas* Linn.). *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archive* 4(4): 637-642.

Luna-Guzmán, I., Cantwell, M., and Barrett, D. M. 1999. Fresh-cut cantaloupes: Effect of $CaCl_2$ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology* 17: 201-213.

Luna-Guzmán, I., and Barrett, D. M. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19: 61-72.

Maheshwari, R., Sharma, A., and Verma, D. 2012. Phyto-therapeutic Significance of Karaunda. *Bulletin of Environment Pharmacology and Life Sciences* 1(12): 34- 36.

Raoult-Wack, A. L. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science and Technology* 5: 255-260.

Samborska, K., Eliasson, L., Marzec, A., Kowalska, J., Piotrowski, D., Lenart, A., and Kowalska, H. 2019. The effect of adding berry fruit juice concentrates and by-product extract to solution on osmotic dehydration and sensory properties of apples. *Journal of Food Science and Technology* 56(4): 1927-1938.

Sarkar, R., Kundu, A., Banerjee, K., and Saha, S. 2018. Anthocyanin composition and potential bioactivity of karonda (*Carissa carandas* L.) fruit: An Indian source of biocolorant. *LWT-Food Science and Technology* 93: 673-678.

Stanley, D. W., Bourne, M. C., Stone, A. P., and Wismer, W. V. 1995. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. *Journal of Food Science* 60: 327-333.

วันรับบทความ (Received date) : 25 ธ.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 9 ธ.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 4 ส.ค. 64