วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.1) January – April 2023 บทความวิจัย

ผลของสารเคลือบผิวต่อการทำแห้งด้วยลมร้อน คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงอบแห้ง

Effects of Coating Agents on Convective Drying, Physicochemical and Antioxidant Properties of Dried Mango

กุหลาบ สิทธิสวนจิก[1*], ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย[1], พีรยา โชติถนอม[2] และ วิมลศิริ โยธคล[1]

Kulab Sittisuanjik[1], Patiwit Loypimai[1], Pheeraya Chottanom[2] and Wimolsiri Yotakol[1]

[1] *สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา*

[2] *ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*

[1]Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

[2]*Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University*

Received : 4 April 2022

Revised : 3 May 2022

Accepted : 17 May 2022

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินผลของการเตรียมขั้นต้นโดยใช้สารเคลือบผิวต่อการทำแห้งด้วยลมร้อนและคุณลักษณะของมะม่วงอบแห้ง ชิ้นมะม่วงถูกกำจัดน้ำบางส่วนโดยแช่สารละลายซูโครสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสและเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพด หรือแป้งมันสำปะหลัง และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น (ควบคุม) ทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์อัตราส่วนความชื้น (moisture ratio, MR) และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (effective moisture diffusivity, D_{eff}) ระหว่างการทำแห้ง จากการทดลองพบว่าตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลังมีค่าอัตราส่วนความชื้น และ D_{eff} ที่สูง สารเคลือบผิวส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อบแห้ง มะม่วงที่ผ่านการกำจัดน้ำบางส่วนและไม่เคลือบผิวมีค่าความสว่างของสี (lightness) ค่าสีเหลือง (yellowness) และความเข้มของสี (chroma) สูงสุด ขณะที่ตัวอย่างควบคุมแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ของสีทุกค่าสูงสุด นอกจากนี้ยังสังเกต พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพดมีการปรับปรุงเนื้อสัมผัส ปริมาณความชื้น ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชิ้นมะม่วงที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นก่อนทำแห้งด้วยลมร้อนให้ผลเชิงบวกกับกระบวนการทำแห้ง เช่นเดียวกับการปรับปรุงพารามิเตอร์ด้านสี เนื้อสัมผัส สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ : สารเคลือบผิว ; การเตรียมขั้นต้น ; การทำแห้งด้วยลมร้อน ; มะม่วงอบแห้ง

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of edible coating pretreatment on convective drying and the characteristics of dried mango. Mango pieces were osmotically dehydrated in sucrose solution for 2 h and then coated with corn and cassava starch solution. The osmotically dehydrated sample (OD), osmotically dehydrated sample coated with corn starch (OD+CS) or cassava starch (OD+CSV) and without pretreatment (control) were hot air-dried at 70 ^{o}C for 10 h. The moisture ratio and effective moisture diffusivity (D_{eff}) were analyzed during air-drying. The results showed that the sample coating with cassava starch resulted in high moisture ratio and D_{eff} value in dried mango pieces. The coating agents affected the physicochemical and antioxidant properties of dried products. The osmotically dehydrated mango sample without coating showed the highest lightness, yellowness and chroma value. Whereas the control sample showed the highest change in all color parameters. Significant improvement in texture, moisture content, total carotenoid content, total phenolic content and antioxidant activity were observed in the sample coated with a corn starch. Furthermore, the mango pieces pretreatment before convective drying had a positive effect on the drying process, as well as the improved color parameter, texture, bioactive compounds and antioxidant activity when compared with the control sample.

Keywords : edible coating ; pretreatment ; convective drying ; dried mango

***Corresponding author. E-mail** : kulab.sj@gmail.com

บทนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่ปลูกมากชนิดหนึ่งในประเทศไทย มีปริมาณความชื้นสูง อายุในการเก็บรักษาสั้น ฤดูกาลที่มีปริมาณมากเกินความต้องการของผู้บริโภคทำให้ราคาต่ำและเกิดการเน่าเสียเป็นจำนวนมาก การทำแห้งจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความนิยมในการยืดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากวิธีการดังกล่าวสามารถลดกิจกรรมน้ำอิสระ (water activity, a_w) ของอาหารได้ รวมทั้งช่วยป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ กิจกรรมของเอนไซม์ และปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ปัจจุบันวิธีการทำแห้งด้วยลมร้อน (convective drying) นิยมนำมาใช้ในการแปรรูปผักและผลไม้ เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ สะดวก ง่ายต่อการใช้งาน แต่มีข้อด้อย เพราะส่งผลกระทบต่อคุณค่าทางด้านโภชนาการของอาหาร เช่น การสูญเสียวิตามินซีที่มีความไวต่อความร้อน แสง และออกซิเจน การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Silva *et al.*, 2015) และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส ดังนั้นผลไม้ที่จะนำมาผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยลมร้อนจำเป็นต้องมีการเตรียมขั้นต้น (pretreatment) เช่น การลวก ออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration) และการเคลือบผิว (coating) เพื่อรักษาคุณภาพด้านสี ปริมาณแคโรทีนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผักและผลไม้ (Islam *et al.*, 2019)

ออสโมติกดีไฮเดรชั่น (osmotic dehydration) เป็นการกำจัดน้ำออกจากอาหารบางส่วนทำให้ความชื้นเริ่มต้นในอาหารลดลง โดยอาศัยความแตกต่างของความดันไอภายในเนื้อเยื่ออาหารและสารละลายออสโมติกที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดแรงขับ (driving force) และการแพร่กระจายของน้ำจากเนื้อเยื่ออาหารสู่สารละลาย ข้อดีของกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชั่น คือ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล กำจัดน้ำออกจากอาหารได้มากขึ้น รักษาคุณภาพด้านสีของอาหาร และไม่สิ้นเปลืองพลังงาน (Bozkir & Ergün, 2020) มีรายงานของ Guiamba *et al.* (2016) ศึกษาการเตรียมมะม่วงโดยแช่ในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 45 ร่วมกับการเติมแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ก่อนนำไปทำแห้ง พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการทำแห้ง ป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี และคงไว้ซึ่งปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง

สารเคลือบผิว (coating agents) เป็นวัสดุชั้นบางใช้เคลือบที่ผิวอาหาร ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแพร่ผ่านของก๊าซป้องกันอาหารไม่ให้เสื่อมเสียทางด้านกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ลดการสูญเสียความชื้น การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บนผิวหน้าของอาหาร การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีที่เกิดจากแสงทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยา เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอาหาร หน้าที่เหล่านี้ของสารเคลือบผิวนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (Babiker & Eltoum, 2014) ในปัจจุบันสารเคลือบผิวที่นิยมนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น สารพอลิแซคคาไรด์ มีคุณสมบัติในการป้องกันก๊าซออกซิเจนที่เป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารระหว่างการทำแห้งด้วยลมร้อน นอกจากนี้สารเคลือบผิวต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรสชาติ มีความโปร่งแสงและปลอดภัย

แป้งมันสำปะหลังมีศักยภาพในการนำมาเตรียมเป็นสารเคลือบบริโภคได้ เนื่องจากราคาไม่แพง ไม่มีกลิ่น ไม่มีสีและรสชาติ ปลอดภัย ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ มีความยืดหยุ่นดี และการซึมผ่านของน้ำต่ำ (Maran *et al.*, 2013) แป้งมันสำปะหลังที่ใช้เตรียมสารเคลือบผิวบริโภคได้มีทั้งแป้งดิบ (native starch) และแป้งดัดแปร (modified starch) อย่างไรก็ตามมักใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลไม้สด เช่น แบล็คเบอร์รี่ (Rodríguez *et al.*, 2020) และกล้วย (Li *et al.*, 2020) สำหรับ

การใช้ในผลิตภัณฑ์อบแห้ง มีการประยุกต์ใช้ในการเคลือบฟักทอง เพื่อลดการสูญเสียแคโรทีนอยด์และปรับปรุงคุณภาพด้านสีของฟักทองระหว่างการทำแห้ง (Lago-Vanzela *et al.,* 2013) นอกจากนี้แป้งข้าวโพดถือว่าเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบทางเลือกที่น่าสนใจในการนำมาศึกษาสารเคลือบบริโภคได้ในผลิตภัณฑ์อบแห้ง เนื่องจากราคาไม่แพง หาซื้อได้ง่าย สะดวกในการนำมาใช้ โดยก่อนหน้านี้มีการประยุกต์ใช้แป้งข้าวโพดในการเคลือบเลมอน สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 12 วัน (Ghosh *et al*., 2015) ใช้ในการเคลือบผิวแตงกวาช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและกรดแอสคอร์บิก การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาได้ 7 สัปดาห์ (Oluwaseun *et al*., 2013) ขณะที่ข้อมูลในการประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดในการเตรียมขั้นต้นผลไม้ก่อนนำไปทำแห้งยังมีจำกัด ประกอบกับการศึกษาที่ได้กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดมีศักยภาพในการนำมาเตรียมเป็นสารเคลือบผิวอาหารได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดฟิล์มได้ดี ป้องกันการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการและยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเตรียมมะม่วงโดยการกำจัดน้ำด้วยวิธีการออสโมติก (osmotic dehydration) ร่วมกับการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดก่อนนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์มะม่วงอบแห้ง และเป็นทางเลือกสำหรับผู้ผลิต เพราะในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพ และอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี การรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจนกระทั่งได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจึงจำเป็นต้องทำการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกและศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่นำมาศึกษาใช้มะม่วงเขียวเสวยสุก มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด อยู่ระหว่าง 15-16 องศาบริกซ์ (^{o}Brix) ขนาดสม่ำเสมอ มีน้ำหนัก 295 ± 10 กรัม และไม่มีตำหนิ ก่อนเตรียมวัตถุดิบทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี ดังนี้

1.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

1.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (AOAC, 2000)

1.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใช้ pH meter (Mettler Toledo S220)

1.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ใช้ Hand refractometer (Atago MASTER-53M, Japan)

1.5 ปริมาณแคโรทีนอยด์ ดัดแปลงวิธีการของ Volker *et al.* (2002)

1.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) (Loypimai *et al.,* 2010) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity (Loypimai *et al.,* 2010)

2. การเตรียมวัตถุดิบและการเคลือบผิวมะม่วง

นำมะม่วงที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาปอกเปลือก และหั่นชิ้นขนาด 3 เซนติเมตร × 3 เซนติเมตร × 3 มิลลิเมตร (กว้าง×ยาว×หนา) แช่ตัวอย่างในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักโดยปริมาตร) เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปแช่ในสารละลายซูโครสความเข้มข้น 60 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำไปเคลือบผิวด้วยสารละลาย

แป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง เตรียมสารเคลือบผิวโดยดัดแปลงวิธีของ Lago-Vanzela *et al.* (2013) สารเคลือบผิวทั้ง 2 ชนิด มีความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เติมสารละลาย Tween 20 ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร และกลีเซอรอล ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เพื่อลดแรงตึงผิวและช่วยในการเกาะติดที่ผิวของชิ้นมะม่วง ตามลำดับ ในการเคลือบผิวใช้เวลา 2 นาที จากนั้นวางชิ้นมะม่วงบนตะแกรงเป็นเวลา 20 นาที ก่อนนำไปทำแห้ง

3. การศึกษาจลศาสตร์การทำแห้ง

ชิ้นมะม่วงที่ผ่านการเตรียมในข้อ 2 มีทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง เพื่อใช้ในการทำแห้ง ประกอบด้วย ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส (OD) ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสแล้วทำการเคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด (OD+CS) หรือแป้งมันสำปะหลัง (OD+CSV) และตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น (Control) ทำการชั่งน้ำหนักสิ่งทดลองละ 500 กรัม ทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง ระหว่างนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุก 1 ชั่วโมง จนตัวอย่างมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 10 นำข้อมูลมาคำนวณอัตราส่วนความชื้น (moisture ratio, MR) และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (effective moisture diffusivity, D_{eff}) (Bozkir *et al.,* 2019)

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของมะม่วงอบแห้ง

4.1 ค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Minolta colorimeter (CR-400, Japan) รายงานค่าความสว่างของสี(L*), ค่าสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*), ความเข้มของสี (chroma) และการเปลี่ยนแปลงสีทั้งหมด (total color change, ΔE) (Bozkir & Ergün, 2020)

4.2 เนื้อสัมผัส

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของตัวอย่างมะม่วงอบแห้ง ด้วยเครื่อง TA. XT2i texture analyzer (Stable Micro System, UK) ใช้หัววัด P/2 วัดค่าแรงสูงสุดที่เกิดขึ้น รายงานเป็นค่าความแข็ง (g force)

5. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

5.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

5.2 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoids content) ดัดแปลงวิธีการของ Volker *et al. (*2002)

สกัดตัวอย่างด้วยสารละลายผสมระหว่างเฮกเซน (n-hexane) ความเข้มข้นร้อยละ 95 และอะซิโตน (acetone) (17 มิลลิลิตร : 3 มิลลิลิตร) จากนั้นเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบ / นาที ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที ปิเปตสารสกัด 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเฮกเซน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

5.3 คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

5.3.1 การเตรียมสารสกัด ดัดแปลงวิธีการของ Loypimai *et al.* (2009)

ชั่งตัวอย่าง 24 กรัม เติมเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Ultrasonic เป็นเวลา 10 นาที และทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 5000 รอบ/นาที กรองด้วยกระดาษ Whatman no.1 บรรจุสารสกัดในขวดสีชา เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

5.3.2 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) (Loypimai *et al.*, 2010)

ปิเปตสารสกัดที่เตรียมไว้ในข้อ 5.3.1 ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu (เจือจาง 10 เท่า) 800 ไมโครลิตร และโซเดียมคาร์บอเนท (sodium bicarbonate) ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 7.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 2 ชั่วโมง วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer เปรียบเทียบค่าที่ได้กับสารมาตรฐานกรดแกลลิก

5.3.3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity

ปิเปตสารสกัดที่เตรียมไว้ในข้อ 5.3.1 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer คำนวณกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Loypimai *et al.*, 2010)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ

มะม่วงเขียวเสวยใช้ในการวิจัยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 75.52, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ร้อยละ 0.15, ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.53, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15.20 องศาบริกซ์ ปริมาณแคโรทีนอยด์ 38.68 ไมโครกรัมเบต้าแคโรทีน / กรัมตัวอย่าง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.45 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก / กรัมตัวอย่าง และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging เท่ากับ 0.95 กรัม / มิลลิลิตร ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Physicochemical properties of mango pulp

Parameters	Mean ± SD
Moisture content (%)	75.52 ± 0.39
Titratable acidity (%)	0.15 ± 0.04
pH	6.53 ± 0.04
Total soluble solids (^{o}Brix)	15.20 ± 0.27
Total carotenoid content (μg β-carotene / g sample)	38.68 ± 0.07
Total phenolic content (mg GAE / g dried sample)	0.45 ± 0.01
Antioxidant activity (IC_{50}, g / mL)	0.95 ± 0.01

2.จลศาสตร์การทำแห้ง

2.1 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้น (moisture ratio, MR) กับเวลาในการทำแห้งมะม่วง

จากการศึกษาอัตราส่วนความชื้นของมะม่วงตลอดกระบวนการทำแห้ง พบว่ามะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง การลดลงของความชื้นเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดตัวอย่างที่แช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว และตัวอย่างควบคุม ตามลำดับ (Figure 1)

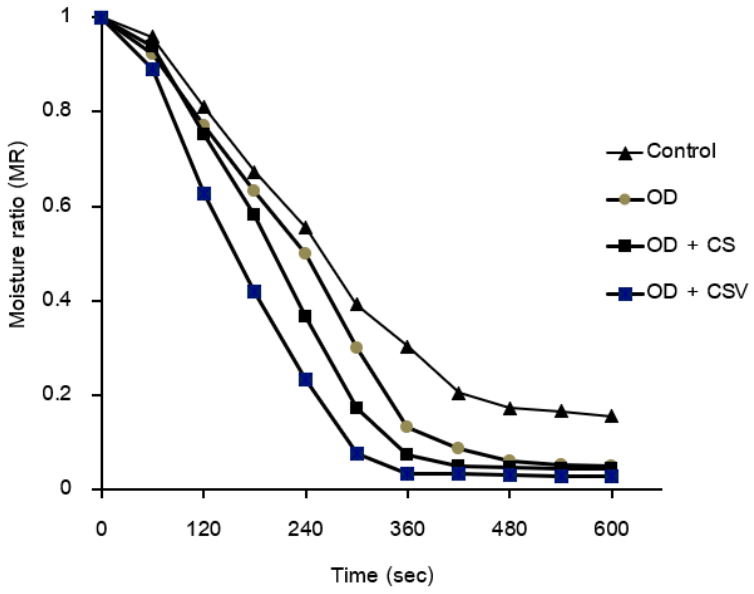

Figure 1 Effect of coating agents on moisture ratio (MR) of dried mango samples. Control: untreated sample; OD: osmotically dehydrated sample; OD+CS, OD+CSV: osmotically dehydrated sample coated with corn starch (CS) or cassava starch (CSV).

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้น (effective moisture diffusivity, D_{eff})

สารละลายที่ใช้ในการเตรียมขั้นต้นมะม่วงก่อนทำแห้งด้วยลมร้อนที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 2) โดยตัวอย่างมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสและเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นสูงสุด เท่ากับ 2.3690×10^{-8} ตารางเมตร / วินาที ตามด้วยตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสและเคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด การแช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว และตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 2.3325×10^{-8}, 5.1025×10^{-9} และ 2.1867×10^{-9} ตารางเมตร / วินาที ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Effective moisture diffusivity (D_{eff}) of dried mango samples during drying

Treatment	D_{eff} (m^2 / sec)
Control	$2.1867\times10^{-9} \pm 0.03^{d}$
OD	$5.1025\times10^{-9} \pm 0.01^{c}$
OD + CS	$2.3325\times10^{-8} \pm 0.12^{b}$
OD + CSV	$2.3690\times10^{-8} \pm 0.08^{a}$

Values within a column followed by the same lowercase letter are not significantly different at $p > 0.05$.
Control: untreated sample; OD: osmotically dehydrated sample; OD+CS, OD+CSV: osmotically dehydrated sample coated with corn starch (CS) or cassava starch (CSV).

3. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงอบแห้ง

3.1 ค่าสี

มะม่วงอบแห้งที่ใช้สารละลายในการเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนทำแห้งแตกต่างกันมีพารามิเตอร์ด้านสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างมะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส มีค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีเหลือง (b*), และค่าความเข้มสี (Chroma) สูงสุด เท่ากับ 71.10, 73.53 และ 12.05 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำสุด เท่ากับ 5.27 และ 11.91 ตามลำดับ (Table 3) ขณะที่ตัวอย่างควบคุม (Control) มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากสุด สอดคล้องกับ Figure 2 ที่มะม่วงอบแห้งตัวอย่างควบคุมมีสีเหลืองเข้มกว่ามะม่วงที่ผ่านการเตรียมโดยแช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลัง

Table 3 Color parameters of dried mango samples

Treatment	Color parameters				
	L*	a*	b*	Chroma	ΔE
Control	58.77 ± 0.59^{d}	8.48 ± 0.22^{a}	51.84 ± 1.03^{d}	7.10 ± 0.23^{d}	17.69 ± 0.60^{a}
OD	71.10 ± 0.40^{a}	5.27 ± 0.09^{d}	73.53 ± 0.64^{a}	12.05 ± 0.35^{a}	11.91 ± 0.57^{c}
OD + CS	64.00 ± 0.39^{b}	6.99 ± 0.08^{c}	72.22 ± 1.04^{b}	11.64 ± 0.23^{b}	13.82 ± 0.57^{b}
OD + CSV	61.31 ± 0.51^{c}	7.40 ± 0.10^{b}	67.77 ± 0.57^{c}	11.41 ± 0.34^{c}	13.16 ± 0.58^{b}

Values within a column followed by the same lowercase letter are not significantly different at $p > 0.05$.
Control: untreated sample; OD: osmotically dehydrated sample; OD+CS, OD+CSV: osmotically dehydrated sample coated with corn starch (CS) or cassava starch (CSV).

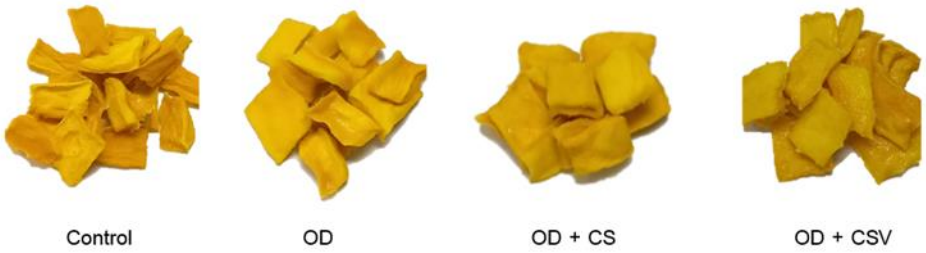

Figure 2 Effect of coating agents on color and appearance of dried mango samples. Control: untreated sample; OD: osmotically dehydrated sample; OD+CS, OD+CSV: osmotically dehydrated sample coated with corn starch (CS) or cassava starch (CSV).

3.2 เนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสารละลายต่างกันก่อนนำไปทำแห้ง พบว่าค่าความแข็งของตัวอย่างควบคุมมีค่าสูงสุด และแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่มะม่วงอบแห้งที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีค่าความแข็งต่ำกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง และตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 987.24, 1127.43, 1286.83 และ 1567.23 g force ตามลำดับ (Table 4)

3.3 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นของมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เท่ากับ ร้อยละ 5.42 และ 5.30 ตามลำดับ แต่แตกต่างจากตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส และตัวอย่างควบคุม มีปริมาณความชื้น เท่ากับ ร้อยละ 7.68 และ 7.82 ตามลำดับ (Table 4)

3.4 ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด

ปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นโดยแช่สารละลายซูโครส ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าตัวอย่างตัวอย่างควบคุม และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสูงสุด รองลงมา คือ ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสและตัวอย่างควบคุม ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 22.87, 21.16, 19.76 และ 16.68 ไมโครกรัม เบต้าแคโรทีน / กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ (Table 4)

3.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

มะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นต่างกันมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มะม่วงอบแห้งทุกตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างสด

(Table 1) ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีค่าสูงกว่าตัวอย่างที่แช่สารละลายซูโครส ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังและตัวอย่างควบคุม เท่ากับ 1.09, 0.94, 0.86 และ 0.70 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก / กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ (Table 4)

3.6 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging ของมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีค่าสูงสุด รองลงมา คือ ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง และตัวอย่างควบคุม มีค่าเท่ากับ 0.053, 0.068, 0.076 และ 0.099 กรัม / มิลลิลิตร (Table 4)

Table 4 Physicochemical properties and antioxidant activity of dried mango samples

Treatment	Parameters				
	Hardness (g force)	Moisture content (%)	TCC[A]	TPC[B]	$(IC_{50})^{C}$
Control	1567.23 ± 20.60[a]	7.82 ± 0.19[a]	16.68 ± 0.07[d]	0.70 ± 0.01[d]	0.099 ± 0.001[a]
OD	1127.43 ± 35.05[c]	7.68 ± 0.31[a]	19.76 ± 0.06[c]	0.94 ± 0.06[b]	0.068 ± 0.001[c]
OD + CS	987.24 ± 32.24[d]	5.42 ± 0.09[b]	22.87 ± 0.02[a]	1.09 ± 0.02[a]	0.053 ± 0.001[d]
OD + CSV	1286.83 ± 14.36[b]	5.30 ± 0.11[b]	21.16 ± 0.10[b]	0.86 ± 0.06[c]	0.076 ± 0.003[b]

Values within a column followed by the same lowercase letter are not significantly different at $p > 0.05$.

Control: untreated sample; OD: osmotically dehydrated sample; OD+CS, OD+CSV: osmotically dehydrated sample coated with corn starch (CS) or cassava starch (CSV).

[A] TCC represents total carotenoid content (μg β-carotene/ g sample)

[B] TPC represents total phenolic content (mg gallic acid equivalents (GAE) / g dried sample)

[C] Antioxidant activity (g/ mL)

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบ

ปริมาณความชื้นของวัตถุดิบมะม่วงเขียวเสวยมีค่าเท่ากับร้อยละ 75.52 ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Pinsirodom *et al.*(2018) พบว่าเนื้อมะม่วงเขียวเสวยสุกมีปริมาณความชื้นร้อยละ 75.98 แต่แตกต่างจาก Tasie *et al.* (2020) รายงานว่ามะม่วงมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 79.48 ถึง 83.62 ผลไม้ที่มีปริมาณความชื้นสูงอายุการเก็บรักษาจะสั้นและเน่าเสียเร็ว ในทางตรงกันข้ามเนื้อผลไม้ที่มีน้ำปริมาณมากนิยมนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณกรดของผลไม้มีบทบาทสำคัญต่อรสชาติและอายุการเก็บรักษา จากการศึกษา พบว่ามะม่วงเขียวเสวยมีค่า pH สูง และค่าความเป็นกรดต่ำ (6.53 และร้อยละ 0.15 ตามลำดับ) เนื่องจากกรดอินทรีย์จะถูกใช้ในการหายใจและสังเคราะห์ไปเป็นน้ำตาลในกระบวนการสุกของผลไม้ ก่อนหน้านี้มีการรายงานว่าเนื้อมะม่วงมีปริมาณกรดอยู่ระหว่าง

ร้อยละ 0.1 ถึง 0.4 (Rumainum *et al.*, 2018) โดยกรดอินทรีย์หลักที่พบในมะม่วง คือ กรดมาลิก กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก (Lui *et al.*, 2013) ขณะที่ Pinsirodom *et al.*(2018) พบว่าเนื้อมะม่วงเขียวเสวยสุกมีค่า pH และปริมาณกรดเท่ากับ 5.05 และร้อยละ 0.85 ตามลำดับ มะม่วงที่ใช้ในการศึกษามีปริมาณความชื้น ค่า pH และปริมาณกรดแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของสายพันธุ์ ฤดูกาล และพื้นที่ในการเพาะปลูก ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และระดับการสุก เป็นต้น

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solids, TTS) ของผลไม้เกิดจากคาร์โบไฮเดรตถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ จากการศึกษา พบว่าวัตถุดิบมะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด 15.20 องศาบริกซ์ (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมามีค่าต่ำกว่ารายงานของ Wongkhot *et al.* (2012) มีค่าอยู่ระหว่าง 18.42 ถึง 19.00 องศาบริกซ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระดับการสุก พื้นที่และสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดใช้ในการประเมินรสชาติของผลไม้ โดยรายงานเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่อปริมาณกรด (Rodríquez Pleguezuelo *et al.*, 2012) นอกจากนี้พารามิเตอร์ดังกล่าวเป็นค่าดัชนีในการกำหนดระดับการสุกของผลไม้และระยะเวลาในเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมทั้งมีความสำคัญต่อการแปรรูป การเก็บรักษา และคุณภาพของอาหาร (Abe-Inge *et al.*, 2018) เนื้อมะม่วงที่มีปริมาณน้ำตาลสูงเมื่อนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารช่วยลดปริมาณการเติมน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นผลไม้ที่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อบแห้งหากมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำจำเป็นต้องปรับปรุงเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับในผลิตภัณฑ์ เช่น การเตรียมวัตถุดิบขั้นต้นด้วยวิธีออสโมติกดีไฮเดรชั่น สามารถกำหนดปริมาณของแข็งทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ได้

แคโรทีนอยด์เป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ มีบทบาทในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายและลดความเสี่ยงต่อโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคต้อกระจก และโรคจอประสาทตาเสื่อม มะม่วงส่วนใหญ่มีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด (Chen *et al*., 2004) ก่อนหน้านี้มีรายงานเกี่ยวกับปริมาณแคโรทีนอยด์ในมะม่วง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 15.1 มิลลิกรัม / 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (Rumainum *et al.*, 2018) และ 2.89 ถึง 10.33 มิลลิกรัม / 100 กรัม ตัวอย่าง (Muralidhara *et al.*, 2019) มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาครั้งนี้ (38.68 ไมโครกรัม / กรัม ตัวอย่าง) อาจเป็นผลมาจากสายพันธุ์ ระดับการสุก และแหล่งในการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน (Rumainum *et al.*, 2018)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืชได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สารประกอบฟีนอลิกที่พบส่วนใหญ่ในมะม่วง คือ กรดแกลลิก และแทนนิน (Pinsirodom *et al*., 2018) จากการศึกษา พบว่ามะม่วงเขียวเสวยสุกมีสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 0.45 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก / กรัม ตัวอย่างแห้ง สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ามะม่วงสุกมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด อยู่ระหว่าง 0.29 ถึง 0.83 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก / กรัม ตัวอย่างสด และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 0.2-2 มิลลิกรัม Trolox / กรัม น้ำหนักสด นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging (Pinsirodom *et al.*, 2018) แสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารสำคัญที่ส่งผลต่อ

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของมะม่วง ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะม่วงเกี่ยวข้องกับสภาวะในการเจริญเติบโต และสายพันธุ์ของมะม่วง เป็นต้น (Klepacka *et al.,* 2011)

2. จลศาสตร์การทำแห้งของมะม่วงอบแห้ง

การศึกษาชนิดของสารละลายที่ใช้ในการเตรียมขั้นต้นต่ออัตราส่วนความชื้น(moisture ratio, MR) ในระหว่างการทำแห้งมะม่วง พบว่าในช่วงแรกของการทำแห้งอัตราส่วนความชื้นในทุกสิ่งทดลองลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากภายในชิ้นมะม่วงมีความชื้นสูงทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลของน้ำที่อยู่ภายในออกไปที่บริเวณผิวหน้าชิ้นมะม่วงได้ง่าย และรวดเร็ว เมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มขึ้นอัตราการทำแห้งจะลดลง และความชื้นเคลื่อนที่ออกสู่ผิวด้านนอกลดลง ประกอบกับภายในโครงสร้างอาหารมีการยึดเกาะกันของน้ำและองค์ประกอบของอาหาร ทำให้น้ำในชิ้นอาหารมีความเป็นอิสระลดลง มะม่วงที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นโดยการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการทำแห้งสูงสุด และตัวอย่างควบคุมมีอัตราการทำแห้งต่ำสุด เนื่องจากในระหว่างการทำแห้งเกิดเปลือกแข็ง (case hardening) และการหดตัว(shrinkage) ที่ผิวหน้าของชิ้นมะม่วงมากกว่าตัวอย่างอื่น (Figure 2) ทำให้น้ำระเหยออกสู่ผิวด้านนอกได้ยาก ตัวอย่างที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของความชื้นสูง แสดงถึงการระเหยของน้ำที่ผิวหน้าอาหารได้ดี มีการแพร่กระจายของความชื้นจากภายในชิ้นอาหารสู่ผิวด้านนอกได้ง่าย ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นของผักและผลไม้ที่ผ่านการทำแห้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 10^{-8} ถึง 10^{-10} ตารางเมตร / วินาที (Salehi & Satorabi, 2021) ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจึงมีความสอดคล้องกับรายงานที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างของชนิดและสายพันธุ์วัตถุดิบ การเตรียมขั้นต้นวัตถุดิบก่อนการทำแห้ง โครงสร้างและองค์ประกอบของอาหาร สภาวะและวิธีการทำแห้ง

3. คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของมะม่วงอบแห้ง

สีของผลิตภัณฑ์อาหารมีบทบาทสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากลักษณะปรากฏเป็นสิ่งแรกที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคก่อนตัดสินใจซื้อ การเปลี่ยนแปลงสีของผลไม้อบแห้ง เกิดจากการสลายตัวของแคโรทีนอยด์และปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ได้สารสีน้ำตาลระหว่างการทำแห้ง มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรด ค่ากรด-ด่าง (pH) กรดอะมิโน และเวลาในการแปรรูป เป็นต้น (Babiker & Eltoum, 2014) จากการศึกษาการเตรียมขั้นต้นมะม่วงด้วยสารละลายต่างชนิดกันก่อนทำแห้ง พบว่าการแช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว และการแช่สารละลายซูโครสร่วมกับการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพดช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีของมะม่วงอบแห้งได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น (ควบคุม) มะม่วงที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสก่อนทำแห้งมีคุณภาพด้านสีดีกว่าทุกตัวอย่าง เนื่องจากมีค่า L* และ b* ที่สูง รวมทั้งมีค่า a* และ ΔE ต่ำสุด (Table 3) สอดคล้องกับ Hossain *et al.* (2021) ศึกษาการเตรียมขั้นต้นโดยใช้วิธีการออสโมติกดีไฮเดรชั่น พบว่าชิ้นส้มควาย (*Garcinia pedunculata* Roxb.) อบแห้ง ที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสก่อนทำแห้ง คุณภาพด้านสี (L*, a*, b* , Chroma และ ΔE) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่เตรียมขั้นต้น เนื่องจากที่ผิวอาหารจะถูกเคลือบด้วยสารละลายซูโครส ช่วยลดการสัมผัสอากาศระหว่างการทำแห้ง รวมทั้งยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Bozkir & Ergün, 2020) ที่เป็นสาเหตุหลักในการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ ขณะที่ตัวอย่างที่แช่สารละลายซูโครสร่วมกับการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดปรับปรุงคุณภาพสีของมะม่วงอบแห้งรองจากตัวอย่างที่แช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว เนื่องจากตัวอย่างที่แช่สารละลาย

ซูโครส ฟิล์มเคลือบที่ผิวชิ้นมะม่วงโปร่งแสง และมีความมันวาว ขณะที่การเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งทั้ง 2 ชนิด ฟิล์มจะแห้ง และไม่โปร่งแสง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Islam *et al.*(2019) ใช้แป้งมันฝรั่งร่วมกับการเติมเกลือแคลเซียมกลูโคเนตในการเคลือบผิวมะละกอก่อนนำไปทำแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส พบว่ามะละกอที่ผ่านการเคลือบผิวมีค่า L*, a*, b* และ Chroma สูงกว่าตัวอย่างควบคุม ขณะที่ Chottanom *et al.* (2020) ศึกษาการเคลือบผิวชิ้นแก่นตะวันด้วยสตาร์ชมันสำปะหลังและโซเดียมเคซิเนต (sodium caseinate) พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสีน้ำตาลของแก่นตะวันอบแห้ง เนื่องสตาร์ชมันสำปะหลังมีโปรตีนเหลืออยู่น้อยจึงลดการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่มีน้ำตาลรีดิวซ์และหมู่อะมิโนร่วมกับการให้ความร้อนทำให้เกิดปฏิกิริยาดังกล่าว อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุดเมื่อค่า a_w อยู่ระหว่าง 0.6-0.8

การประเมินคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของมะม่วงอบแห้ง พบว่าค่าความแข็ง (hardness) ของมะม่วงที่ทำการเตรียมขั้นต้นด้วยสารละลายต่างชนิดกันมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม การที่ตัวอย่างควบคุมมีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าทุกตัวอย่างเป็นผลมาจากการเกิดเปลือกแข็งที่ผิวหน้าของชิ้นมะม่วง และเกิดการหดตัวระหว่างการทำแห้ง (Figure 2) ขณะที่การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของมะม่วงอบแห้งที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียวเกิดจากการระเหยของน้ำที่เป็นส่วนประกอบในสารละลาย**ซูโครส** เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิสูงน้ำจะระเหยอย่างรวดเร็วทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แข็ง นอกจากนี้ตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังมีค่าความแข็งที่แตกต่างกัน อาจเกิดจากความหนาของชั้นฟิล์มที่เคลือบ และองค์ประกอบของสารเคลือบผิว เช่น หมู่ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ทำหน้าที่ในการป้องการแพร่ของความชื้นออกสู่ผิวด้านนอกของอาหาร การเคลือบผิวชิ้นมะม่วงด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดช่วยลดการเกิดเปลือกแข็งและการหดตัวของชิ้นมะม่วงได้มากที่สุด ดัง Figure 2 แสดงให้เห็นว่ามะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลังเกิดการหดตัวของชิ้นมะม่วงมากกว่าการเคลือบด้วยแป้งข้าวโพดจึงทำให้มีค่าความแข็งสูงกว่า ผลที่ได้มีแนวโน้มเช่นเดียวกับ Eyiz *et al.* (2020) ใช้คาร์บอกซิเมทิล เซลลูโลสเคลือบผิวผลไม้แบบแท่ง (fruit bars) พบว่ามีค่าความแข็งต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบผิวซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ขณะที่ Islam *et al.*(2019) ใช้แป้งมันฝรั่งเคลือบผิวมะละกอที่ความเข้มข้นต่างกันร่วมกับการเติมเกลือแคลเซียมกลูโคเนตก่อนนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเคลือบผิวและอุณหภูมิในการทำแห้งส่งผลให้ค่าความแข็งของมะละกออบแห้งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลไม้ที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสตาร์ชมันสำปะหลัง (Bierhals *et al*., 2011) แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท (Udomkun *et al*., 2014) ก็ให้ผลเช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการเคลือบผิวก่อนนำไปทำแห้งขึ้นอยู่กับชนิด ความเข้มข้นของสารเคลือบผิว คุณสมบัติของอาหาร และอุณหภูมิในการทำแห้ง

ปริมาณความชื้นเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความคงตัวของอาหาร การจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษามะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังก่อนนำไปทำแห้งด้วยลมร้อนมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม และที่แช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว (Table 4) เนื่องจากผ่านกระบวนการกำจัดน้ำบางส่วนก่อนนำมาเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งจึงทำให้ปริมาณความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกันและส่งผลต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์อบแห้ง การเกิดเปลือกแข็ง และการหดตัวในตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครส และตัวอย่างควบคุมระหว่างการทำแห้ง (Figure 2) ส่งผลต่อการระเหยน้ำออกจากชิ้นมะม่วง จึงทำให้มะม่วงอบแห้งมีปริมาณความชื้นสูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งทั้ง 2 ชนิด ปริมาณ

ความชื้นของมะม่วงอบแห้งที่ทำการศึกษามีค่าต่ำกว่ารายงานของ Islam *et al.*(2019) พบว่ามะละกออบแห้งที่ผ่านการเตรียมโดยใช้แป้งมันฝรั่งร่วมกับการเติมเกลือแคลเซียม กลูโคเนตเคลือบผิวมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 10.56 ถึง 13.78 และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม (ร้อยละ 9.43 ถึง 11.90) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากชนิด คุณสมบัติ และความเข้มข้นของสารเคลือบผิว องค์ประกอบและโครงสร้างของอาหาร รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทำแห้งที่แตกต่างกัน เช่น การใช้สารเคลือบผิวที่ความเข้มข้นสูง หมู่ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ของสารเคลือบจะป้องกันการแพร่ของความชื้นออกสู่ผิวด้านนอกของอาหาร และการใช้อุณภูมิในการทำแห้งในระดับที่ต่ำทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าการทำแห้งที่อุณภูมิสูง (Islam *et al.*, 2019)

แคโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุที่พบในมะม่วงให้สีเหลืองออกส้ม นอกจากนี้ยังเป็นโปรวิตามินเอ (pro-vitamin A) และมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ จากการศึกษา พบว่ามะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสและตัวอย่างควบคุม ตามลำดับ (Table 4) เนื่องจากสารเคลือบผิวอาหารช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การสลายตัวและการเกิดไอโซเมอไรเซชั่น (isomerization) ของแคโรทีนอยด์ระหว่างการทำแห้ง (Fratianni *et al.*, 2013) การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง อาจเกิดจากความสามารถในการก่อชั้นฟิล์มที่ผิวอาหารแตกต่างกันส่งผลต่อความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ของฟิล์มแต่ละชนิด คุณสมบัติของแป้งที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวยังขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะมิโลส/อะมิโลเพกติน และโครงสร้างทางกายภาพของเม็ดแป้ง เป็นต้น (Lago-Vanzela *et al.*, 2013) นอกจากนี้แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงเมื่อนำมาเตรียมเป็นสารเคลือบผิว ฟิล์มที่ได้จะมีความหนาแน่น (impact) อาจทำให้ฟิล์มแตกตัว และเกิดรูพรุนได้ (Garcia *et al.*, 1998) การศึกษาก่อนหน้านี้ของ Lago-Vanzela *et al.* (2013) พบว่าการใช้สารละลายสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรเคลือบผิวฟักทองช่วยลดการสัมผัสออกซิเจนของผลิตภัณฑ์และป้องกันการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ในระหว่างการทำแห้ง สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการเตรียมโดยการแช่สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าตัวอย่างควบคุม สอดคล้องกับรายงานของ Zzaman *et al.* (2021) ทำการเตรียมขั้นต้นสับปะรดโดยแช่ในสารละลายซูโครส และฟรุกโทสก่อนนำไปทำแห้ง พบว่าการสูญเสียสารเบต้า-แคโรทีนลดลง เป็นผลมาจากสารละลายน้ำตาลที่เคลือบอยู่บริเวณผิวสับปะรดทำหน้าที่ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของแคโรทีนอยด์

การเตรียมขั้นต้นโดยการเคลือบผิวให้ผลเชิงบวกกับมะม่วงอบแห้ง เกิดจากการช่วยลดการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิกระหว่างกระบวนการทำแห้ง จากการศึกษา พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยแป้งข้าวโพด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าตัวอย่างที่แช่สารละลายซูโครส ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลัง และตัวอย่างควบคุม ตามลำดับ อาจเป็นผลมาจากความสามารถในการก่อฟิล์มและการเกิดชั้นฟิล์มของสารละลายแต่ละชนิด (Lago-Vanzela *et al.*, 2013) ส่งผลต่อความสามารถในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ระหว่างการทำแห้ง เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การสลายตัวและเกิดไอโซเมอไรเซชั่น (isomerization) ขององค์ประกอบทางเคมีในอาหาร รายงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้นำแป้งชนิดต่างๆ มาใช้ในการเคลือบผิวอาหารก่อนนำไปทำแห้งเพื่อช่วยคงไว้ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกในผลิตภัณฑ์อบแห้ง เช่น การใช้แป้งมันฝรั่งเคลือบผิวมะละกอ ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและ

การสลายตัวเนื่องจากความร้อนของสารประกอบฟีนอลิก (Islam *et al.*, 2019) การเคลือบผิวชิ้นแก่นตะวันด้วยแป้งมันสำปะหลัง ทำให้สารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น 1.6-1.8 เท่า (Chottanom *et al.*, 2020) และการเคลือบผิวชิ้นมะเขือเทศด้วยกัมอารบิกส่งผลให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดภายหลังการทำแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกจากภายในโครงสร้างของอาหารระหว่างกระบวนการทำแห้ง (Babiker & Eltoum, 2014) เช่นเดียวกับการเตรียมขั้นต้นสับปะรดโดยการแช่ในสารละลายซูโครส และฟรุกโทสก่อนนำไปทำแห้ง พบว่าปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น (ควบคุม) เนื่องจากสารละ**ลายน้ำตาลเคลือบที่ผิวของชิ้นสับปะรด**ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนช่วยชะลอการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลิก อันมีสาเหตุมาจากความร้อนที่ใช้ในการทำแห้ง (Zzaman *et al.*, 2021) ถึงแม้ว่าพอลิแซคคาไรด์หลายชนิดที่นำมาเคลือบผิวอาหารมีความสามารถในการช่วยลดการสลายตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในระหว่างการทำแห้งอาหารได้ แต่ต้องใช้อุณหภูมิในการทำแห้งให้เหมาะสม เพราะอุณหภูมิในการทำแห้งที่สูงส่งผลกระทบต่อความคงตัวของสารประกอบฟีนอลิก (Krishnaiah *et al.*, 2015)

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH scavenging ของมะม่วงอบแห้ง ผลการศึกษามีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น มะม่วงอบแห้งที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเกิดชั้นฟิล์มของสารละลายที่ใช้เตรียมขั้นต้น และความสามารถในการป้องกันการสลายตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพระหว่างการทำแห้ง ก่อนหน้านี้ได้มีการประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลังในการเคลือบผิวชิ้นแก่นตะวันและฟักทอง (Chottanom *et al.*, 2020; Lago-Vanzela *et al.*, 2013) รวมทั้งการใช้แป้งมันฝรั่งเคลือบผิวชิ้นมะละกอก่อนนำไปทำแห้ง (Islam *et al.*, 2019) พบว่าผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างไม่เคลือบผิว ทั้งนี้เป็นผลมาจากการคงไว้ซึ่งปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่อยู่ในอาหาร เช่น สารประกอบฟีนอลิก แคโรทีนอยด์และกรดแอสคอร์บิก เป็นต้น เช่นเดียวกับการประยุกต์ใช้กัมอารบิกเคลือบผิวมะเขือเทศก่อนนำไปทำแห้งด้วยลมร้อน พบว่าความร้อนช่วยเพิ่มการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพออกจากเมทริกซ์ของมะเขือเทศ เช่น สารประกอบฟีนอลิก และไลโคพีน โดยความร้อนจะทำลายผนังเซลล์และลดแรงยึดเหนี่ยวของไลโคพีนกับโครงสร้างเนื้อเยื่อของมะเขือเทศทำให้ไลโคพีนมีความเป็นอิสระมากขึ้น ประกอบกับการเคลือบผิวด้วยกัมอารบิกลดการสูญเสียของกรดแอสคอร์บิกและฟลาโวนอยด์ในมะเขือเทศอบแห้ง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์หลังการทำแห้งมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (Babiker & Eltoum, 2014) สำหรับการเตรียมขั้นต้นผลไม้โดยใช้สารละลายน้ำตาล ได้แก่ ซูโครส และฟรุกโทส มีรายงานว่าผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการเตรียมขั้นต้น (Zzaman *et al.*, 2021) เป็นผลมาจากการปลดปล่อยสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกตรึงกับองค์ประกอบอื่น (bound phenolics form) ออกมาทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่สูง (Nora *et al.*, 2014)

สรุปผลการวิจัย

การเตรียมขั้นต้นมะม่วงโดยการแช่สารละลายซูโครส และการแช่สารละลายซูโครสร่วมกับการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งข้าวโพด และแป้งมันสำปะหลังก่อนทำแห้งช่วยปรับปรุงจลศาสตร์ในการทำแห้ง โดยมะม่วงที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการทำแห้ง และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ความชื้นสูงสุด สามารถลดระยะเวลาในการทำแห้งได้ ขณะที่ตัวอย่างที่ผ่านการแช่สารละลายซูโครสพียงอย่างเดียวช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสีทำให้

ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองสว่างและสีไม่คล้ำ การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารละลายแป้งข้าวโพดช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็งลดลง ลดการสูญเสียสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่สำคัญในมะม่วงระหว่างกระบวนการทำแห้ง เช่น แคโรทีนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิกได้สูงสุด รวมทั้งคงไว้ซึ่งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์อบแห้ง จากข้อมูลข้างต้นในการนำไปประยุกต์ใช้ควรทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารละลายชนิดต่างๆ และบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ประจำปีงบประมาณ 2560 และขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Abe-Inge, V., Agbenorhevi, J. K., Kpodo, F. M., & Adzinyo, O. A. (2018). Effect of different drying techniques on quality characteristics of African palmyra palm (*Borassus aethiopum*) fruit flour. *Food Research, 2*(4), 331–339.

AOAC. (2000). *AOAC Official methods of analysis (Association of Official Analytical Chemists, 17th ed)*. International Inc. Arlington Virginia, USA.

Babiker, E. E., & Eltoum, Y. A. I. (2014). Effect of edible surface coatings followed by dehydration on some quality attributes and antioxidants content of raw and blanched tomato slices. *Food Science and Biotechnology, 23*(1), 231-238.

Bierhals, V. S., Chiumarelli, M., & Hubinger, M.D. (2011). Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merril cv "Pérola"). *Journal of Food Science*, *76*(1), 62-72.

Bozkir, H., & Ergün, A. R. (2020). Effect of sonication and osmotic dehydration applications on the hot air drying kinetics and quality of persimmon. *LWT - Food Science and Technology*, *131*, 109704.

Bozkir, H., Ergun, A. R., Serdar, E., Metin, G., & Baysal, T. (2019). Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry, 54*, 135-141.

Chen, J. P., Tai, C. Y., & Chen, B. H. (2004). Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Chromatography A, 1054,* 261-268.

Chottanom, P., Amornsin, A., Yodthava, N., & Wunnapong, S. (2020). Effect of edible coating on antioxidants and certain properties of dried Jerusalem artichoke. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *23*(3), 271-277.

Eyiz, V., Tontul, I., & Türker, S. (2020). The effect of edible coatings on physical and chemical characteristics of fruit bars. *Journal of Food Measurement and Characterization, 14*, 1775-1783.

Fratianni, A., Albanese, D., Mignogna, R., Cinquanta, L., Panfili, G., & Di Matteo, M. (2013). Degradation of carotenoids in apricot (*Prunus armeniaca* L.) during drying process. *Plant Foods Human Nutrition, 68*(3), 241–246.

Garcia, M. A., Martino, M. N., & Zaritzky, N. E. (1998). Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria x Ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46,* 3758-3767.

Ghosh, A., Dey, K., & Bhowmick, N. (2015). Effect of corn starch coating on storage life and quality of Assam lemon (*Citrus limon* Burn.). *Journal Crop and Weed, 11*(1), 101-107.

Guiamba, I., Ahrné, L., Khan, M. A. M., & Svanberg, U. (2016). Retention of β-carotene and vitamin C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid. *Food and Bioproducts Processing, 98,* 320–326.

Hossain, M.A., Dey, P., & Joy, R.I. (2021). Effect of osmotic pretreatment and drying temperature on drying kinetics, antioxidant activity, and overall quality of taikor (*Garcinia pedunculata* Roxb.) slices. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28,* 7269-7280.

Islam, M, Z., Saha, T., Monalisa, K., & Hoque, M. M.(2019). Effect of starch edible coating on drying characteristics and antioxidant properties of papaya. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *13,* 2951-2960.

Krishnaiah, D., Bono, A., Nandam, R. N., & Zahari, F. W. (2015). *MOJ Food Processing & Technology*, *1*(1), 1-4.

Klepacka, J., Gujska, E., & Michalak, J. (2011). Phenolic compounds as cultivar- and variety-distinguishing factors in some plant products. *Plant Foods Human Nutrition, 66,* 64-69.

Lago-Vanzela, E.S., do Nascimento, P., Fontes, E.A.F., Mauro, M.A., & Kimura, M. (2013). Edible coatings from native and modified starches retain carotenoids in pumpkin during drying. *LWT - Food Science and Technology, 50,* 420-425.

Li, S., Ma, Y., Ji, T., Sameen, D. E., Ahmed, S., Qin, W., Dai, J., Li, S., & Liu, Y. (2020). Cassava starch/ carboxymethylcellulose edible films embedded with lactic acid bacteria to extend the shelf life of banana. *Carbohydrate Polymers, 248,* 116805.

Liu, F.X., Fu, S.H., Bi, X.F., Chen, F., Liao, X.J., Hu, X.S., & Wu, J.H. (2013). Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China. *Food Chemistry*, *138*, 396-405.

Loypimai, P., Moongngam, A., & Chotthanom, P. (2009). Effects of ohmic heating on lipase activity bioactive compounds and antioxidant activity of rice bran. *Austalian Journal of Basic and Applied Science, 3,* 3642-3652.

Loypimai, P., Sinsiri, N., & Sinsiri, W. (2010). Antioxidant activity and total phenolics in Sugarcane (*Saccharum officinarum* "KhonKaen 1") juice. *Agricultural Science, 41(1),* 126-129.

Maran, J.P., Sivakumar, V., Sridhar, R., & Thirugnanasambandham, K. (2013). Development of model for barrier and optical properties of tapioca starch based edible films. *Carbohydrate Polymer*s, *92,*1335 -1347.

Muralidhara, B.M., Veena, G.L., Bhattacherjee, A.K., & Rajan, S. (2019). Antioxidants in ripe peel and pulp of twelve mango (Mangifera indica) cultivars. *Indian Journal of Agricultural Sciences, 89*(10), 1582-1584.

Nora, C.D., Muller, C.D.R., de Bona, G.S., Rios, A.D.O., Hertz, P.F., de Jong Jablonski, A., & Flores, S.H. (2014). Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleyanum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis, 34* (1), 18-25.

Oluwaseun, A.C., Kayode, A., Bolajoko, F.O., Bunmi, A.J., & Olagbaju, A.R. (2013). Effect of edible coatings of carboxy methyl cellulose and corn starch on cucumber stored at ambient temperature. *Asian Journal Agriculture and Biology, 1*(3), 133-140.

Pinsirodom, P., Taprap, R., & Parinyapatthanaboot, T. (2018). Antioxidant activity and phenolic acid composition in different parts of selected cultivars of mangoes in Thailand. *International Food Research Journal, 25*(4), 1435-1443.

Rodríguez, M. C., Yepez, C. V., Gonzalez, J. H. G., & Ortega-Toro, R. (2020). Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. *Heliyon, 6,* e03974.

Rodríguez Pleguezuelo, C. R., Durán Zuazo, V. H., Muriel Fernández, J. L., & Franco Tarifa, D. (2012). Physico-chemical quality parameters of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in a Mediterranean subtropical climate (SE Spain). *Journal of Agricultural Science and Technology, 14*(2), 365-374.

Rumainum, I. M., Worarad, K., Srilaong, K., & Yamane, K. (2018). Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars. *Agriculture and Natural Resources, 52,* 208-214.

Salehi, F., & Satorabi, M. (2021). Influence of infrared drying on drying kinetics of apple slices coated with basil seed and xanthan gums. *International Journal of Fruit Science, 21*(1), 519–527.

Silva, K. S., Garcia, C. C., Amado, L. R., & Mauro, M. A. (2015). Effects of edible coatings on convective drying and characteristics of the dried pineapple. *Food Bioprocess Technology, 8,* 1465–1475.

Tasie, M. M., Alemimi, A. B., Ali. R. M., & Takeoka, G. (2020). Study of physicochemical properties and antioxidant content of mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Eurasian Journal of Food Science and Technology, 4*(2), 91-104.

Udomkun, P., Mahayothee, B., Nagle, M., & Müller, J. (2014). Effects of calcium chloride and calcium lactate applications with osmotic pretreatment on physicochemical aspects and consumer acceptances of dried papaya. *International Journal of Food Science & Technology, 49*(4), 1122-1131.

Volker, B., Puspitasari-Nienaber, N. L., Ferruzzi, M.G., & Schwartz, S.J. (2002). Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrica isomers of α-carotene, β-carotene, lycopene and zeaxanthin. *Food Chemistry, 50,* 221-226.

Wongkhot, A., Rattanapanone, N., & Chanasut, U. (2012). BrimA, total acidity and total soluble solids correlate to total carotenoid content as indicators of the ripening process of six Thai mango fruit cultivars. *Chiang Mai University* Journal of Natural Sciences, *11*(1), 97-103.

Zzaman, W., Biswas, R., & Hossain, M.A. (2021). Application of immersion pre-treatments and drying temperatures to improve the comprehensive quality of pineapple (*Ananas comosus*) slices. *Heliyon, 7,* e05882.