

Received: March 20, 2024; Revised: September 6, 2024; Accepted: October 9, 2024

ผลของกระบวนการแช่แข็งต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสับประรดแช่อิ่มอบแห้ง Effect of osmosis dehydrated processing on quality and shelf life of dried sweetened pineapple product

วิภา ประพินอักษร¹ และนันทา เป็งเนตร์^{1*}
Wipa prapinagsorn¹ and Nantha Pengnet^{1*}

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์

¹Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit Province

*Corresponding Author E-mail Address : nantha.pen@uru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพและอายุการเก็บของสับประรดแช่อิ่มอบแห้งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลไม้แปรรูป อำเภอสี จังหวัดลำพูน โดยการนำสับประรดปัตตาเวียพันธุ์น้ำผึ้งจากแหล่งปลูกในเขตจังหวัดลำปางมาเปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มโดยใช้ชนิดของสารละลายและสภาวะในการแช่อิ่มต่างกันจำนวน 6 สิ่งทดลอง ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มที่ผู้ประกอบการเลือกคือ การใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 20 และระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ได้สับประรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีค่าสี L* สูงที่สุด โดยค่าเท่ากับ 70.44 มีค่าความแข็งเท่ากับ 4.97 N และปริมาณน้ำอิสระ (a_w) เท่ากับ 0.53 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) ในถุงพลาสติก PET/LLDPE แบบซิปล็อค พบว่า สับประรดแช่อิ่มอบแห้งมีอายุการเก็บรักษานาน 7 เดือน หากเก็บรักษานานเกินกว่า 7 เดือน มีผลทำให้สับประรดแช่อิ่มอบแห้งมีสีเหลืองคล้ำอมน้ำตาล มีกลิ่นของสับประรดอ่อนลง และเนื้อสัมผัสเหนียว กัดขาดยาก ผลของปริมาณน้ำอิสระและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าระหว่าง 0.43-0.66 และร้อยละ 4.31-6.87 ตามลำดับ คุณภาพด้านจุลินทรีย์ที่ระยะเวลาการเก็บนาน 8 เดือน พบว่า อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่ม (161/2558)

คำสำคัญ : กระบวนการออสโมซิส สับประรดแช่อิ่มอบแห้ง เนื้อสัมผัส อายุการเก็บรักษา

Abstract

This research aimed to study the effect on the quality and shelf life of the osmotically dehydrated pineapple process production of The Fruit Processing Community Enterprise Group, Li District, Lamphun, Thailand. Pattavia pineapples (*Ananas comosus* L. Merr) ver. honey ripeness degree harvested from the area crop of Lampang province. These experiments focused on comparing the steps of an osmotic dehydration process production. The varied solutions and optimizations of osmosis conditions were studied. The results showed that the production process in the osmosis process chosen by the operators was to use a solution of 80% sucrose and 20% glycerol and a 3 hr osmosis duration at 40-60°C. Dried pineapple osmosis has the highest L* value, with L to be 70.44. The hardness value and the water activity (a_w) were 4.97 N and 0.53, respectively. Results of shelf-life studies at room temperature (30°C) in a type of zip lock

PET/LLDPE plastic bag found that dried pineapple has a shelf life of 7 months. The product has the effect of causing dried pineapple to be sweetened to have a brownish-yellow color, a milder pineapple aroma, and a cohesive texture that is difficult to bite when the product has been kept for more than seven months. The effect of water activity and moisture content increased statistically significantly ($p \leq 0.05$) between 0.43-0.66 and 4.31-6.87%, respectively. The results microbial quality on shelf-life was found that the product kept at eight months to be safe according to the standards of community products of fruits and vegetable glaze (161/2015)

Keywords: Osmosis, Dried sweetened pineapple, Texture, Shelf-life

บทนำ

สับปะรดปัตตาเวียพันธุ์น้ำผึ้งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดลำปาง โดยมีการปลูกมากที่สุดในพื้นที่ อำเภอเมืองลำปาง อำเภอแจ้ห่ม อำเภอแม่เมาะ และอำเภอเสริมงาม ตามลำดับ ในอำเภอเมืองลำปางพบว่า ตำบลบ้านเสด็จ ตำบลบ้านแลง และ ตำบลบุญนาพัฒนา เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสับปะรดมากที่สุด รวมพื้นที่ปลูกประมาณ 21,002 ไร่ ผลผลิตรวม 79,808 ตัน (วันไชย และคณะ, 2560) ผลผลิตสับปะรดที่ได้จากการเพาะปลูกถูกส่งขายให้โรงงานอุตสาหกรรมและจำหน่ายเพื่อบริโภคผลสด โดยทั่วไปการซื้อขายสับปะรดแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) สับปะรดคุณภาพเนื้อ 1 ซึ่งมีน้ำหนักตั้งแต่ 1.3 กิโลกรัม มีเนื้อหวานฉ่ำ คัดเลือกผลที่สวยงามเพื่อส่งขายในตลาดทั่วไป 2) สับปะรดคุณภาพเนื้อ 1 เกรดพรีเมียร์ ซึ่งมีน้ำหนักผลตั้งแต่ 1.7 กิโลกรัมขึ้นไปส่งขายให้กับห้างสรรพสินค้า และ 3) สับปะรดคุณภาพเนื้อ 2 ซึ่งมีขนาดผลใหญ่ น้ำหนักเฉลี่ย 1.5-1.7 กิโลกรัม มีรสหวานปานกลาง ส่งให้กับร้านอาหาร ภัตตาคาร และโรงแรม นอกจากนี้ยังมีสับปะรดคุณภาพเนื้อ 3 หรือเรียกว่า สับปะรดเนื้อแคง ซึ่งมีรสอมเปรี้ยวอมหวานเหมาะสำหรับการแปรรูปเป็นอาหาร (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2565) ในด้านราคาสับปะรดปัตตาเวียที่เกษตรกรขายให้กับโรงงานพบว่า มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นปี 2564 และยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยสาเหตุหลักมาจากภาวะภัยแล้งและฝนทิ้งช่วงซึ่งส่งผลให้ผลผลิตออกสู่ตลาดลดลงไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงงานแปรรูปและตลาดต่างประเทศ ในไตรมาสแรกของปี พ.ศ. 2567 ราคาเฉลี่ยของสับปะรดปัตตาเวียที่เกษตรกรขายให้กับโรงงานอยู่ที่ 10.95 บาทต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นร้อยละ 48.17 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปี พ.ศ. 2566 นอกจากนี้ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 11.32 บาทต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.33 จากเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) ทั้งนี้จากภาวะเศรษฐกิจโลกในปี พ.ศ. 2567 ที่มีแนวโน้มการเติบโตชะลอตัวประกอบกับการที่ไทยถูกตัดสิทธิพิเศษทางภาษีศุลกากร (GSP) ส่งผลกระทบต่อส่งออกสับปะรดของไทยในอนาคต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการขยายตลาดส่งออกเพิ่มเติม รวมทั้งส่งเสริมการวิจัย พัฒนา และนวัตกรรมในการแปรรูปสับปะรดเพื่อเพิ่มมูลค่าและนำสิ่งเหลือใช้จากกระบวนการผลิตมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลไม้แปรรูป อำเภอสี จังหวัดลำพูน ได้พัฒนาการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งโดยการนำเอาภูมิปัญญาดั้งเดิมมาผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีตู้อบแห้ง การผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในกระบวนการเดิมใช้เวลาประมาณ 30-36 ชั่วโมงสำหรับการแปรรูปสับปะรดผลสดปริมาณ 1,500 กิโลกรัม ในกระบวนการผลิตแบ่งได้เป็นหลายขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมชิ้นสับปะรดใช้เวลา 6-8 ชั่วโมง ขั้นตอนการแช่สารเคมีใช้ระยะเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ขั้นตอนการแช่อิ่มในสารละลายน้ำเชื่อมใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง และขั้นตอนการอบแห้งใช้เวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง แม้ว่ากลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลไม้แปรรูปจะพยายามพัฒนาผลิตภัณฑ์ แต่สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ผลิตได้ยังไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่แข็งไม่นุ่ม โดยวัดค่าความแข็ง (Hardness) ได้เท่ากับ 11.27 นิวตัน (N) สีของผลิตภัณฑ์ไม่สวยงาม และยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่ม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับอายุการเก็บรักษาทำให้เกิดปัญหาในการวางแผนการผลิตและการจำหน่าย

กระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งนำหลักการของการออสโมซิส (Osmosis) มาใช้ในกระบวนการผลิต โดยการแช่ชิ้นผลไม้ในสารละลายออสโมติกที่มีความเข้มข้นสูง ได้แก่ น้ำตาล (กลูโคส ซูโครส และฟรุคโตส) หรือเกลือ ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการละลายสูง ราคาประหยัด และมีประสิทธิภาพที่ดีในการดึงน้ำออกจากชิ้นอาหาร อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงรสชาติของอาหารหลังการออสโมซิส นอกจากนี้ยังมีการนำซอร์บิทอล น้ำเชื่อมข้าวโพด น้ำเชื่อมกลูโคส และฟรุคโตโอลิโกแซ็กคาไรด์

มาใช้ร่วมด้วยเพื่อเสริมประสิทธิภาพในกระบวนการ (Sacchetti et al., 2001; Ferrari and Hubinger, 2008; Tortoe, 2010; Qiu et al., 2019; สุนัน และคณะ, 2563) หลักการของออสโมซิสอาศัยความแตกต่างของความดันออสโมติกระหว่างสารละลายกับอาหารทำให้เกิดแรงขับ (Driving force) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างสารละลายและอาหาร โดยในกระบวนการนี้จะเคลื่อนที่ออกจากชั้นอาหารผ่านเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable membrane) ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ไปสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นสูงที่ล้อมรอบอยู่ ในขณะเดียวกันจะเกิดการแพร่ของของแข็งจากสารละลายเข้าสู่ชั้นอาหารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้ได้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีคุณภาพและรสชาติที่ดี (Chandra and Kumari, 2015; สุนัน และคณะ, 2563) ในกรณีที่มีการใช้น้ำตาลซูโครสปริมาณมากเกินไปในกระบวนการแช่อิ่มส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหวานมากเกินไปและทำให้ผลิตภัณฑ์หลังผ่านกระบวนการอบแห้งมีลักษณะเหนียวและเนื้อสัมผัสแข็ง ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการสูญเสียน้ำในผลไม้มากเกินไปจากกระบวนการออสโมซิส ในด้านการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลไม้แช่อิ่มอบแห้งมีการนำสารดูดความชื้น (Humectant) มาใช้ร่วมกับน้ำตาลซูโครสในขั้นตอนการแช่อิ่ม โดยสารดูดความชื้นที่นิยมใช้คือ กลีเซอรอล ซึ่งมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส มีคุณสมบัติในการลดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity : a_w) ในอาหารและสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (ไพโรจน์, 2539) ในการเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทมวลสารที่สูงขึ้น ในการแช่อิ่มที่อุณหภูมิระหว่าง 30-60 องศาเซลเซียส สามารถดึงน้ำออกจากผลไม้ได้มากขึ้น เนื่องจากความร้อนช่วยลดความหนืดของสารละลายซูโครสและทำให้โครงสร้างบางส่วนของผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสและเพกติน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านอ่อนตัวลง ส่งผลให้สารละลายซูโครสซึมเข้าสู่เนื้อผลไม้ได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแช่อิ่มที่อุณหภูมิห้อง (Rahman and Lamb, 1991; Pokharkar, 2001; Ahmed et al., 2016)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มต่อคุณภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการนำไปใช้สำหรับการวางแผนการผลิตและการจำหน่าย รวมถึงงานวิจัยนี้สามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องผลผลิตสับปะรดมีมากเกินไปความต้องการของตลาดและผลผลิตสับปะรดราคาตกต่ำโดยการนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตได้

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ อุปกรณ์

สับปะรดปัตตาเวียพันธุ์น้ำผึ้ง ซึ่งจากเกษตรกรในจังหวัดลำปาง น้ำตาลทรายขาว กลีเซอรอล มอลโทเดกซ์ทริน และกรดมะนาว (กรดใช้กับอาหาร)

2. วิธีการทดลอง

1) การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตและคุณภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

1.1 ขั้นตอนการเตรียมสับปะรด

สับปะรดปัตตาเวียพันธุ์น้ำผึ้ง เลือกซื้อสับปะรดจากเกษตรกรที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ในจังหวัดลำปาง คัดเลือกสับปะรดที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 1-1.5 กิโลกรัมต่อลูก มีความสุก 2-3 ตา วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (Total soluble solids) ระหว่าง ร้อยละ 12-14 เปอร์เซนต์บริกซ์ ด้วยเครื่องรีแฟรคโทมิเตอร์ (Refractometer) ยี่ห้อ Atago รุ่น PAL-1 ประเทศญี่ปุ่น ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำที่ผ่านการบำบัด นำมาปอกเปลือกและเจาะแกนกลางด้วยเครื่องเจาะแกนสับปะรด ตัดแต่งและหั่นเป็นแว่นความหนา 1.5-1.8 เซนติเมตร โดยประมาณ ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำและพักให้สะเด็ดน้ำ นำไปแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดอีก 1 ครั้ง และนำไปลวกในน้ำเดือดเป็นเวลา 1-2 นาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำเพื่อเตรียมตัวอย่างสำหรับการแช่อิ่ม

1.2 ขั้นตอนการเตรียมสารละลายแช่อิ่ม

นำสารดูดความชื้น ได้แก่ กลีเซอรอล และมอลโทเดกซ์ทริน (DE 10-12) มาทดแทนน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 20 ซึ่งสารละลายแช่อิ่มที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1) สารละลายน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 100 2) สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 20 และ 3) สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 15 และมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 5.0 นำสารละลายแช่อิ่มทั้ง 3 ชนิด มาเติมกรดซิตริก ร้อยละ 1.0 กวนให้ส่วนผสม

ละลายเข้ากันโดยให้ความร้อนขณะกวนที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จากนั้นพักให้สารละลายแช่เย็นมีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เตรียมไว้สำหรับแช่ส้ม โดยสารละลายแช่เย็นมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้อยู่ในช่วง 37-40 เปอร์เซ็นต์บริกซ์

1.3 การศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตและคุณภาพของสับปะรดแช่ส้มอบแห้ง

นำสารละลายแช่ส้มแต่ละชนิดที่เตรียมจากข้อ 1.2 มาทำการแช่ส้มสับปะรด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสับปะรดต่อสารละลายแช่ส้มเท่ากับ 1:2 ทำการแช่ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส โดยใช้หม้อต้มสแตนเลสและให้ความร้อนโดยใช้แก๊สหุงต้ม ควบคุมความแรงของไฟที่ระดับไฟอ่อนโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ควบคุมอุณหภูมิของสารละลายแช่ส้มให้อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดเวลาการแช่ส้มนาน 3 ชั่วโมง และทำการเปรียบเทียบกับส้มที่อุณหภูมิห้องนาน 12 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) (ดังตารางที่ 1) จากนั้นนำสับปะรดที่ผ่านกระบวนการแช่ส้มครบตามระยะเวลาที่กำหนดไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จนแห้งโดยกำหนดความชื้นของสับปะรดอบแห้งไม่เกินร้อยละ 12 เมื่อครบกำหนดระยะเวลาการอบแห้งแล้วนำสับปะรดออกจากตู้อบพักไว้ให้เย็นและเก็บตัวอย่างใส่ถุงออลูมิเนียมฟอยล์ปิดปากถุงให้สนิท ทำการตรวจคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่

1.3.1 ค่าสี $L^* a^* b^*$ Chroma และ Hue angle โดยการนำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ส้มอบแห้ง มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กและนำไปวัดค่าด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab ยี่ห้อ Colour Flex รุ่น Miniscan XE plus ค่าที่วัดได้แก่ ค่า $L^* a^* b^*$ และวิเคราะห์ค่าความอิ่มตัวของสี (Chroma) และค่าเฉดสี (Hue) ทำการวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ

1.3.2 ค่าเนื้อสัมผัส (Texture) โดยการนำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ส้มอบแห้งมาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Systems รุ่น TA.XT. plus ด้วยหัววัด (Probe) P/2 สภาวะที่ใช้ในการวัดเนื้อสัมผัส Test mode แบบ Compression โดยมี Pre-test speed เท่ากับ 2.0 มิลลิเมตร/วินาที Test speed เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร/วินาที Post-test speed เท่ากับ 10.0 มิลลิเมตร/วินาที Distance เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และ Trigger force เท่ากับ 5 กรัม ค่าที่ได้จากการวัดโดยทดสอบแรงกดสูงสุด (Maximum force) แสดงค่าความแข็ง (Hardness; N) และค่าความเหนียว (Adhesiveness, N.sec) ของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ส้มอบแห้ง ทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

1.3.3 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยนำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ส้มอบแห้งมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กใส่ภาชนะใส่ตัวอย่างและนำไปใส่เครื่องวัดค่า a_w (ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 3TE ประเทศสหรัฐอเมริกา) บันทึกค่าที่ได้โดยทำการวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ

ตารางที่ 1 กระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่ส้มสับปะรดที่แตกต่างกัน

สิ่งทดลอง	กระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่ส้ม	
	ชนิดสารละลายแช่ส้ม	สภาวะการแช่ส้ม
1	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 100	แช่ส้มนาน 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง
2	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 20	แช่ส้มนาน 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง
3	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 15 และมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 5	แช่ส้มนาน 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง
4	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 100	แช่ส้มนาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส
5	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 20	แช่ส้มนาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส
6	น้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 15 และมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 5	แช่ส้มนาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส

2) การศึกษาอายุการเก็บรักษามลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ส้มอบแห้ง

นำผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ส้มอบแห้งจากกระบวนการผลิตที่เหมาะสมมาศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยแยกบรรจุสับปะรดแช่ส้มอบแห้งปริมาณ 100 กรัมต่อถุง บรรจุในถุงพลาสติก PET/LLDPE แบบซีลล็อก จำนวน 50 ถุง สำหรับวิเคราะห์อายุการเก็บรักษา ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีในระหว่างการเก็บรักษาทุกเดือน ได้แก่ ลักษณะคุณภาพทางกายภาพด้วยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ค่า a_w

ด้วยเครื่องวัด a_w (ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น 3TE ประเทศสหรัฐอเมริกา) ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) คุณภาพจุลินทรีย์ เก็บตัวอย่างวิเคราะห์ทุก 2 เดือน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM online, 2001) *Escherichia coli* (BAM online, 2020) *Staphylococcus aureus* (BAM online, 2016) *Salmonella spp.* (ISO 6579 online, 2002) ปริมาณยีสต์และรา (BAM online, 2001)

3) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS สำเร็จรูป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัย

1. ผลของกระบวนการผลิตต่อคุณภาพทางกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

จากผลการศึกษากระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มทั้ง 6 สิ่งทดลอง พบว่า กระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มมีผลต่อค่าสี L^* a^* และ b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การแช่อิ่มสับปะรดในสารละลายน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 ร่วมกับกลีเซอรอล ร้อยละ 20 ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส (สิ่งทดลอง 5) มีค่าสี L^* สูงที่สุดเท่ากับ 70.44 สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีสีเหลืองออกสว่าง การแช่อิ่มนาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้องให้ค่าความสว่างของสีน้อยกว่าการแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส การใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล และมอลโทเดกซ์ทริน ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส (สิ่งทดลอง 6) มีผลให้ค่าสี a^* และ ค่า b^* สูงที่สุด โดยมีค่า a^* และ b^* เท่ากับ 6.11 และ 44.93 ตามลำดับ คุณลักษณะทางกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีสีเหลืองอมน้ำตาลเล็กน้อย ค่าความอิ่มตัวของสี (Chroma) พบว่า การใช้สารละลายผสมและแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ให้ค่า Chroma สูงกว่าการแช่อิ่มนาน 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ค่าเฉดสีหรือค่า Hue พบว่า การใช้สารละลายผสมและแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ให้ค่าเฉดสีน้อยกว่าการแช่อิ่มนาน 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 2) และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มในแต่ละสิ่งทดลองดังแสดงดังรูปที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* a^* b^* ค่า Chroma และค่า Hue ของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ใช้กระบวนการผลิตต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)	ความอิ่มตัวของสี (Chroma)	เฉดสี (Hue)
1	61.20 ^d ±0.82	4.82 ^b ±0.65	41.53 ^b ±1.59	41.81 ^b ±1.65	1.45 ^b ±0.01
2	67.14 ^b ±0.67	2.74 ^c ±0.34	36.38 ^c ±1.61	36.48 ^c ±1.63	1.49 ^a ±0.00
3	56.55 ^e ±0.18	3.27 ^c ±0.05	36.65 ^c ±0.21	36.79 ^c ±0.21	1.48 ^a ±0.00
4	67.59 ^b ±0.22	2.79 ^c ±0.95	36.78 ^c ±1.73	36.89 ^c ±1.79	1.49 ^a ±0.02
5	70.44 ^a ±0.19	5.26 ^{ab} ±0.05	39.63 ^b ±0.48	39.98 ^b ±0.48	1.44 ^b ±0.00
6	63.71 ^c ±0.41	6.11 ^a ±0.09	44.93 ^a ±0.51	45.34 ^a ±0.51	1.44 ^b ±0.00

หมายเหตุ : ^{a, b, c, d} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

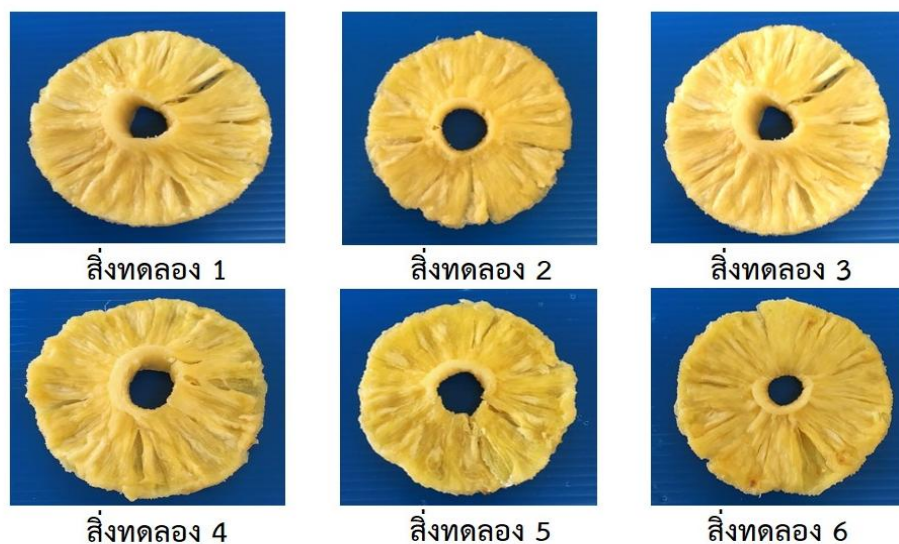
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส และค่า a_w ของผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มที่ใช้กระบวนการผลิตต่างกัน

สิ่งทดลอง	ค่าความแข็ง (นิวตัน)	ความเหนียว (นิวตัน/วินาที) ^{ns}	ค่า a_w
1	5.98 ^a ±0.89	-0.31±0.84	0.47±0.00 ^c

2	2.56 ^c ±0.18	-0.29±0.01	0.45±0.03 ^c
3	2.21 ^c ±0.06	-0.35±0.06	0.41±0.01 ^d
4	6.71 ^a ±0.20	-0.57±0.44	0.62±0.00 ^a
5	4.97 ^b ±0.17	-0.28±0.14	0.53±0.01 ^b
6	4.80 ^b ±0.88	-0.43±0.12	0.47±0.00 ^c

หมายเหตุ: a, b, c, d หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ; ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กระบวนการผลิตมีผลต่อค่าความแข็ง (Hardness) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สับปะรดแช่อิ่มในสารละลายน้ำตาลซูโครสอย่างเดียว (สิ่งทดลอง 1 และ 4) มีค่าความแข็งสูงสุด คือ 5.98 และ 6.71 นิวตัน ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างที่แช่อิ่มในสารละลายผสมที่ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 12 ชั่วโมง พบว่า มีค่าความแข็งน้อยกว่าตัวอย่างที่แช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ในด้านของความเหนียว (Adhesiveness) ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3) กระบวนการผลิตมีผลต่อค่า a_w พบว่า การใช้สารละลายผสมในการแช่อิ่มส่งผลต่อการลดลงของค่า a_w ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีค่า a_w ในช่วง 0.41-0.53 การใช้ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 12 ชั่วโมง ตัวอย่างมีค่า a_w น้อยกว่าตัวอย่างที่แช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส จากลักษณะทางกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ได้และจากการประเมินต้นทุนการผลิตของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง แต่ละกระบวนการผลิต ผู้วิจัยและผู้ประกอบการจึงเลือกกระบวนการผลิตในสิ่งทดลอง 5 คือ การแช่อิ่มสับปะรดในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 20 ใช้ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เนื่องจากได้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีค่าความสว่างของค่าสี L^* สูงที่สุด มีความแข็ง และค่า a_w น้อยกว่าตัวอย่างที่แช่อิ่มในสารละลายน้ำตาลซูโครสอย่างเดียว การใช้ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง จะมีต้นทุนการผลิตในส่วน of ค่าจ้างแรงงานน้อยกว่าการใช้ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 12 ชั่วโมง เนื่องจากการใช้ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง สามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนได้ผลิตภัณฑ์ให้เหลือประมาณ 24 ชั่วโมง จากเดิมที่ใช้ระยะเวลาในการผลิตทั้งหมดประมาณ 33 ชั่วโมง จึงเลือกกระบวนการผลิตดังกล่าวไปศึกษาอายุการเก็บรักษา



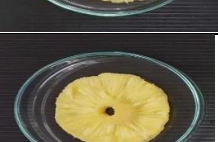
รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มที่แตกต่างกัน

2. ผลอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง

ผลจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาลิถภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติก PET/LLDPE แบบซิปล็อค และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส) ลักษณะคุณภาพทางกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บนาน 8 เดือน พบว่า การเก็บรักษานาน 6 เดือน สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งยังมีสีเหลือง รสชาติ และกลิ่นปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่ายไม่แข็ง และหากเก็บรักษาลิถภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งนานกว่า 7 เดือน สีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีสีเหลืองคล้ำอมน้ำตาล กลิ่นสับปะรดอ่อนลงและเนื้อสัมผัสกัดขาดยาก ดังแสดงในตารางที่ 4

ปริมาณความชื้น และค่า a_w ที่ระยะเวลาการเก็บรักษานาน 8 เดือน พบว่า ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าระหว่าง ร้อยละ 4.31-6.87 สำหรับค่า a_w มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 2-7 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าระหว่าง 0.43-0.61 ซึ่งค่า a_w ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บรักษาลิถภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งนาน 8 เดือน ส่งผลทำให้ค่า a_w เท่ากับ 0.66 (ตารางที่ 5) คุณภาพจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่ระยะเวลาการเก็บนาน 8 เดือน พบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในช่วง 2.0×10^1 cfu/g- 1.2×10^2 cfu/g; *Escherichia coli* น้อยกว่า 3 MPN/g, *Staphylococcus aureus* ยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 ลักษณะคุณภาพทางกายภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์	ลักษณะคุณภาพทางกายภาพ
0		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย ไม่แข็ง
1		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย ไม่แข็ง
2		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย ไม่แข็ง
3		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย ไม่แข็ง
4		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย ไม่แข็ง
5		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย ไม่แข็ง
6		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสกัดขาดง่าย
7		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลือง รสชาติ และกลิ่น ปกติ เนื้อสัมผัสเริ่มกัดขาดยากขึ้น

8		เป็นชิ้นวงกลมตรงกลางมีรู สีเหลืองคล้ำอม น้ำตาล รสชาติปกติกลิ่นสับปะรดอ่อนลง เนื้อสัมผัสกัดขาดยาก
---	---	--

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 8 เดือน

อายุเก็บรักษา (เดือน)	คุณภาพผลิตภัณฑ์	
	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่า a_w
0	4.31 ^h ±0.02	0.43 ^c ±0.00
1	4.39 ^h ±0.02	0.45 ^c ±0.01
2	4.92 ^g ±0.02	0.46 ^b ±0.00
3	5.17 ^f ±0.00	0.48 ^b ±0.01
4	5.27 ^e ±0.04	0.51 ^b ±0.00
5	5.36 ^d ±0.02	0.54 ^b ±0.01
6	5.57 ^c ±0.01	0.57 ^b ±0.00
7	6.38 ^b ±0.03	0.61 ^b ±0.01
8	6.87 ^a ±0.03	0.66 ^a ±0.00

หมายเหตุ : a, b, c, d, e, f, g, h หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 6 คุณภาพจุลินทรีย์ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 8 เดือน

อายุการเก็บ รักษา (เดือน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด* (cfu/g)	<i>E. coli</i> * (MPN/g)	<i>S. aureus</i> * (cfu/g)	<i>Salmonella</i> <i>spp.</i> * (/25 g)	ยีสต์และรา (cfu/g)
0	2.0×10	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10	Not detected	น้อยกว่า 10
2	1.0×10 ²	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	น้อยกว่า 10
4	3.5×10	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	น้อยกว่า 10
6	1.0×10 ²	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	น้อยกว่า 10
8	1.2×10 ²	น้อยกว่า 3	น้อยกว่า 10	Not detected	น้อยกว่า 10

* Estimated count

ที่มา: ผลการวิเคราะห์โดย สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

การอภิปรายผล

จากการศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มสับปะรด แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตในขั้นตอนการแช่อิ่มมีผลต่อค่าสี L^* a^* b^* ของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง การแช่อิ่มสับปะรดในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 กับกลีเซอรอล ร้อยละ 20 ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ได้สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีค่าสี L^* สูงที่สุด อาจเนื่องจากการใช้กลีเซอรอล ซึ่งเป็นของเหลวใส ไม่มีสี (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2567ก) ประกอบกับใช้ระยะเวลาในการแช่อิ่มสั้นจึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความเงาและมีความสว่างเพิ่มขึ้น การใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล ร้อยละ 15 และมอลโทเดกซ์ทริน ร้อยละ 5 ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อค่าสี L^* น้อยลง แต่เพิ่มค่าสี a^* ค่าสี b^* และค่าความอิ่มตัวของสี เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนที่ใช้ในการแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ประกอบกับสับปะรดโดยทั่วไปมีน้ำตาล ร้อยละ 12-15 และโปรตีน ร้อยละ 0.4 (Salvi and Rajput, 1995; สโรบล และชัย

รัตน์, 2554) ซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์หรือปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2567) ส่งผลให้ตัวอย่างสับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีสีเหลืองเข้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพริ้มเพรา และคณะ (2555) พบว่า สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่แช่ห่อด้วยสารละลายน้ำตาลทรายร่วมกับมอลโตเด็คซ์ทรินส่งผลให้ค่าสี L^* น้อยลง และเพิ่มค่า a^* และค่าสี b^* มากขึ้น

การแช่ห่อในสารละลายน้ำตาลซูโครสอย่างเดียวส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีความแข็งสูงสุด การใช้สารละลายกลีเซอรอลและมอลโทเด็คซ์ทรินสามารถลดความแข็งของผลิตภัณฑ์ลงได้ เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการจับโมเลกุลของน้ำได้ดี กลีเซอรอลเป็นสารเก็บความชื้นป้องกันไม่ให้ผิวหน้าของอาหารแห้ง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2567) จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม และมอลโทเด็คซ์ทรินเป็นสารอิมัลซิฟิเคชันที่เพิ่มเนื้อผลิตภัณฑ์และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะอ่อนนุ่ม (Surojanametakul, 2003; Quek, 2007; กรรณิการ์, 2564) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคณิตดา และนันทวัน (2552) พบว่า การใช้สารละลายซูโครสส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีความแข็งสูงสุด การใช้สารละลายกลีเซอรอลสามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยการลดความแข็งของผลิตภัณฑ์ลงได้ เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการดึงน้ำให้อยู่ภายในเนื้อสับปะรดแช่ห่ออบแห้งได้มากทำให้สับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีความนุ่มมากขึ้น นอกจากนี้สุริเชษฐ์ และคณะ (2553) พบว่า การใช้สารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลในการแช่ห่อสับปะรดได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดอบแห้งที่มีเนื้อสัมผัสนุ่ม และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้บริโภคมากกว่าการใช้สารละลายซูโครสเพียงอย่างเดียว การแช่ห่อในสารละลายผสมที่ระยะเวลาแช่ห่อ นาน 12 ชั่วโมง พบว่า สับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีความแข็งน้อยกว่าตัวอย่างที่แช่ห่อนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส อาจเนื่องมาจากระยะเวลาแช่ห่อนานขึ้นจะช่วยให้กลีเซอรอลมีความสามารถในการดึงน้ำให้อยู่ภายในเนื้อสับปะรดแช่ห่ออบแห้งได้มากขึ้น ทำให้สับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีความนุ่มมากขึ้น

การใช้สารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสกับกลีเซอรอลยังส่งผลต่อการลดลงของค่า a_w ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณนิดา (2552) พบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลในการแช่ห่อมะม่วง พบว่า มะม่วงแช่ห่ออบแห้งมีค่า a_w และปริมาณความชื้นลดลง งานวิจัยของคณิตดา และนันทวัน (2552) พบว่า ค่า a_w ของสับปะรดแช่ห่ออบแห้งที่ใช้สารละลายผสมระหว่างซูโครสกับกลีเซอรอลมีค่าต่ำกว่าของสับปะรดแช่ห่ออบแห้งที่ใช้สารละลายซูโครสอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีความสามารถในการจับกับน้ำอิสระได้ดีกว่าซูโครส และสอดคล้องกับการวิจัยของนิราศ (2546) ที่พบว่า การใช้สารละลายกลีเซอรอลร่วมกับสารละลายซูโครสในการแช่ห่อสับปะรดสามารถลดค่า a_w ของสับปะรดแช่ห่อลงได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีการนำมอลโตเด็คซ์ทรินมาใช้ในการแช่ห่อสับปะรด พบว่า การใช้ระยะเวลาในการแช่ห่อนาน 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ส่งผลทำให้สับปะรดแช่ห่ออบแห้งที่ได้มีค่า a_w 0.55 (พริ้มเพรา และคณะ, 2555) ในขณะที่งานวิจัยนี้ใช้สารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลและมอลโตเด็คซ์ทริน โดยทำการแช่ห่อนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส พบว่า สับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีค่า a_w 0.47-0.53 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในงานวิจัยนี้ใช้ความร้อนร่วมในการแช่ห่อที่อุณหภูมิระหว่าง 30-60 องศาเซลเซียส ซึ่งผลการใช้ความร้อนร่วมทำให้สามารถลดความหนืดของสารละลายที่ใช้แช่ห่อและทำให้โครงสร้างบางส่วนของผนังเซลล์อ่อนตัวลงส่งผลให้สารละลายซึมเข้าสู่เนื้อผลไม้ได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแช่ห่อที่อุณหภูมิห้อง (Ahmed et al., 2016) การเพิ่มอุณหภูมิจึงสามารถช่วยลดระยะเวลาในการแช่ห่อให้สั้นลงได้ และจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการเพิ่มอุณหภูมิแช่ห่อ (สารละลายซูโครสอย่างเดียว) ที่ 60 องศาเซลเซียส สามารถลดเวลาในการแช่ห่อให้เหลือเพียง 5 ชั่วโมง ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสับปะรดแช่ห่ออบแห้งที่ผ่านการลดเวลาในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความหวาน และความชอบรวมไม่แตกต่างจากแบบธรรมดา (แช่ห่อนาน 96 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่แตกต่างในด้านลักษณะปรากฏ ซึ่งสับปะรดแช่ห่ออบแห้งที่ลดเวลามีลักษณะปรากฏเหี่ยว蔫 เสียวปร้าง และมีสีคล้ำมากกว่า (สุธีรา, 2540) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้สารละลายซูโครสอย่างเดียวในการแช่ห่อ ดังนั้นในงานวิจัยนี้พบว่า การนำสารดูดความชื้น ได้แก่ กลีเซอรอลและมอลโตเด็คซ์ทริน มาใช้ร่วมกับน้ำตาลซูโครสในขั้นตอนการแช่ห่อร่วมกับ การเพิ่มอุณหภูมิสามารถช่วยลดระยะเวลาในขั้นตอนการแช่ห่อให้สั้นลงได้และช่วยลดปัญหาด้านเนื้อสัมผัสและสีของผลิตภัณฑ์ได้

ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่ห่ออบแห้งที่บรรจุในถุงพลาสติก PET/LLDPE แบบซิปล็อค และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษาที่ประมาณ 7 เดือน โดยหากเก็บรักษานานกว่า 7 เดือน สีของสับปะรดแช่ห่ออบแห้งมีสีเหลืองคล้ำอมน้ำตาล อาจเนื่องจากสับปะรดมีน้ำตาลและโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ร้อยละ 0.4-0.6 สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) (Salvi and Rajput, 1995; สโรบล และชัยรัตน์, 2554) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน

หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2567ข) การเลือกใช้ถุงพลาสติก PET/LLDPE แบบซิปล็อคบรรจุสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากสามารถมองเห็นผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์มีราคาถูกอาจพบปัญหาเรื่องการซึมผ่านความชื้นจากบรรยากาศเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ และส่งผลให้กลิ่นสับปะรดอ่อนลงและเนื้อสัมผัสกัดคายาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัมผัสเหนียวขึ้น อาหารแห้งที่มีปริมาณน้ำน้อยเป็น Monolayer water เมื่อได้รับความชื้นเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนเป็น Multilayer adsorption และดูดซับน้ำเข้าไปในรูเล็ก ๆ ทำให้เกิดการละลายของตัวถูกละลายได้ น้ำจะถูกจับให้อยู่ในอาหารโดยวิธีทางกลทำให้ค่า a_w เพิ่มขึ้น (นิธิยา, 2545; ณัฐนิชา, 2560) การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท เช่น ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์จะเหมาะสมกับอาหารแช่อิ่มอบแห้ง เนื่องจากสามารถป้องกันการดูดความชื้นจากบรรยากาศและลดการปนเปื้อนจากภายนอกได้ โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารแช่อิ่มอบแห้งจะมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 6 เดือน ถึง 1 ปี (Sagar and Khurdiya, 1999; Ahmed et al., 2016) อย่างไรก็ตามพบว่า ในงานวิจัยนี้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งสามารถเก็บรักษาได้นาน 7 เดือน โดยปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง (136/2558) ที่กำหนดให้ปริมาณความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558ก) ปริมาณน้ำอิสระมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่ม (161/2558) ที่กำหนดให้ค่า a_w ในผักและผลไม้แช่อิ่มชนิดแห้งต้องไม่เกิน 0.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558ข) ซึ่ง a_w เป็นปัจจัยสำคัญต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารแช่อิ่มอบแห้ง (Ahmed et al., 2016) ค่า a_w น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.60 เป็นตัวบ่งชี้ถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีผลโดยตรงต่อการกำหนดอายุการเก็บรักษาอาหาร (รัตนกร และคณะ, 2566; พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2567ค) คุณภาพด้านจุลินทรีย์ในระยะเวลาเก็บรักษานาน 8 เดือน ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ยีสต์และรา และ *Salmonella spp.* พบไม่เกินกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่ม (161/2558) ที่กำหนดให้จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และ *Salmonella spp.* ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558ข) เนื่องมาจากในกระบวนการผลิตใช้กลีเซอรอลเป็นส่วนผสมในการแช่อิ่มซึ่งกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการลดค่า a_w ในอาหารและมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (ไพโรจน์, 2539; กรรณิการ์, 2564) และปฏิกิริยาทางชีวเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งที่ a_w ต่ำกว่า 0.6 (วิไล, 2552; พกาวดี และคณะ, 2566) ซึ่งสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่เก็บรักษานาน 7 เดือน ในงานวิจัยนี้มีค่าในช่วง 0.43-0.61 อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่น้ำตาลจะป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (รุ่งโรจน์ และคณะ, 2564)

บทสรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตมีผลต่อคุณภาพของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง กระบวนการผลิตที่เหมาะสมและผู้ประกอบการเลือก คือ การแช่อิ่มสับปะรดในสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครส ร้อยละ 80 ร่วมกับกลีเซอรอล ร้อยละ 20 ระยะเวลาแช่อิ่มนาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่มีค่าความสว่างสูงสุด ($L^* = 70.44$) เนื้อสัมผัสมีความแข็งน้อยกว่าชุดควบคุม และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองออกสว่างและมีเนื้อสัมผัสนุ่ม เมื่อนำไปศึกษาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 7 เดือน หากเก็บรักษานานกว่า 7 เดือน สีของสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งมีสีเหลืองคล้ำอมน้ำตาล กลิ่นสับปะรดอ่อนลงและเนื้อสัมผัสกัดคายาก ส่วนคุณภาพจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แช่อิ่ม (161/2558) จากงานวิจัยนี้วิสาหกิจชุมชนผลไม้แปรรูปอำเภอสี จันทลำนพูน สามารถนำสูตรและกระบวนการผลิตที่ได้จากการวิจัยไปใช้ผลิตและจำหน่ายเชิงพาณิชย์ได้ จากสับปะรดราคาขายส่งกิโลกรัมละ 8-13 บาท เมื่อนำมาแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งจะจำหน่ายได้กิโลกรัมละ 350-400 บาท อย่างไรก็ตามเมื่อคิดต้นทุนค่าวัตถุดิบในการผลิต ได้แก่ สับปะรด น้ำตาลซูโครส กลีเซอรอล วัตถุดิบอาหาร และแก๊สหุงต้มแล้วจะมีต้นทุนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งกิโลกรัมละ 150-185 บาท สามารถเพิ่มมูลค่าและสร้างรายได้ให้กับกลุ่มได้มากขึ้น และจากกระบวนการผลิตดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาในขั้นตอนการแช่อิ่มจากเดิมที่ใช้ระยะเวลาอย่าง 12 ชั่วโมงให้เหลือเพียง 3 ชั่วโมง รวมระยะเวลาที่ต้อง

ใช้ในการผลิตทั้งหมดจาก 33 ชั่วโมง เหลือเพียง 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตในส่วนของคุณค่าจ้างแรงงานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลไม้แปรรูป อำเภอสีลลดลงด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยแผนงานพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยีและวิจัยของภาคเอกชนในพื้นที่ (Industrial Research and Technology Capacity Development Platform : IRTC) ภายใต้การสนับสนุนตามกลไกอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลไม้แปรรูป อำเภอสีล จังหวัดลำพูน อาจารย์และนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่ให้ความร่วมมือในงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กรณิก อ่อนสำลี. (2564). การใช้สารชีวเมกเทนทีโนผลิตภัณฑ์มลเบอร์รี่กวน. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 15(1): 14-25.
- คณิตา พัฒนาภา และนันท์ ทอดไทย. (2552). อิทธิพลของสารออสโมซิสต่อคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งแช่อิ่มอบแห้ง. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร 17-20 มีนาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 688-695.
- ณัฐนิชา ทวีแสง. (2560). การศึกษาปริมาณผงฟักข้าวและวิธีการอบแห้งที่เหมาะสมในการผลิตปลาแผ่น. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 25(3): 412-423.
- เทคโนโลยีชาวบ้าน. (2565). ชื่อสับปะรดปัตตาเวียเหมือนกัน แต่รสชาติความอร่อยต่างกัน. ค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2566. https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_205445.
- นิธิยา รัตนพานนท์. (2545). เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- นิราศ กิ่งวาทิ. (2546). การใช้สารดูดความชื้นในการปรับปรุงคุณภาพสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ผกาวิ ภู่งจันทร์, ไพรัช ปรามย์, ไสร์จ วรรณอินเขต และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นอบกรอบ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์. 18(1): 55-67.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์. (2567ก). กลีเซอรอล. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2567. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/Glycerol>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์. (2567ข). ปฏิกริยาเมลลาร์ด. ค้นเมื่อ 28 มกราคม 2567. <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0397/maillard-reaction>
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนพานนท์. (2567ค). แอคติวิตีของน้ำ. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2567. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0277/Water Activity>
- พริ้มเพรา ตะมะพูน, อัจฉราลัย คำฟู และจิราภา พงษ์จันทา. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวแต่น้ำสับปะรดแช่อิ่ม. วารสารวิจัยและพัฒนาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 35(1): 75-91.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. (2539). อาหารกึ่งแห้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนามลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- รุ่งโรจน์ ตั๊กกลาง, บุญทริกา สมะนา และวรรณศิริ หิรัญเกิด. (2564). ผลของอุณหภูมิและเวลาทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระเทียมแช่อิ่มอบแห้ง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก. 14(1): 1-11.
- รัตนกร แสนทำพล, อภิชาติ สุวรรณชื่น และธรรมศาสตร์ จันทรัตน์. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพจากผักเคลที่เหลือทิ้งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพอเพียงก็เพียงพอ จังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์. 18(1): 157-172.

- วรรณนิดา แสงปัดสา. (2552). การแปรรูปส้มอบแห้งมะม่วง (*Mangifera Indica* Linn.) ที่เหมาะสมโดยใช้สารแทนไบซัลไฟต์และสารดูดความชื้นชนิดต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วิไล รังสาทอง. (2552). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. เท็กซ์แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น: กรุงเทพมหานคร.
- วันชัย คำเสน, อำนาจ ผัดวัง, ชูธง สัมมัตตะ, จิรพันธ์ ทาแกง, พงศกร สุรินทร์, สรายุทธ มาลัยพันธ์ุ, สุมิตรา สุป็นราช, ณัฏฐาณิลล ศรชฐปราโมทย์, ปิยะมาสฐ์ ตันท์เจริญรัตน์, ชนิชา จินาการ, ปญจพร ศรีชนาพันธ์ และวิชญ์ ช่างเนียม. (2559). การแปรรูปส้มอบแห้งด้วยรังสีแสงอาทิตย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร. 25(2): 122-130.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2558ก). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แห้ง. เอกสาร มผช.136/2558. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2567. <https://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx>
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2558ข). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผักและผลไม้แช่อิ่ม. เอกสาร มผช.161/2558. ค้นเมื่อ 7 มกราคม 2567. <https://tcps.tisi.go.th/public/StandardList.aspx>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). สับปะรดปัตตาเวียปีนี้ คาดว่าให้ผลผลิต 1.380 ล้านตัน ด้านราคายังสดใส ขยับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง. ค้นเมื่อ 28 สิงหาคม 2567. <https://www.oae.go.th/view/1/รายละเอียดข่าว/ข่าว%20สศก./44284/TH-TH>.
- สโรบล สโรชวิกิจิต และชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. (2554). ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับปะรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 34(3): 203-215.
- สุธีรา เลิศวุฒิชัยกุล. (2540). การลดเวลาในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุนัน ปานสาคร, จตุรงค์ ลังกาพันธ์, ศุภณัฐ พริกบุญจันทร์ และอาทิตย์พัฒน์ ศรีชุมพล. (2563). ผลของความเข้มข้นสารละลายออสโมติกต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของเมล่อนหลังการออสโมซิส. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 19(2): 132-143.
- สุริเชษฐ์ บิลหิมา, สรายุทธ ปลุกใจราษฎร์ และสิริมา ชินสาร. (2553). การกักตุนน้ำบางส่วนในสับปะรดด้วยวิธีออสโมซิสโดยใช้สารละลายซูโครส-กลีเซอรอลภายใต้สภาวะสุญญากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1): 41-44.
- Ahmed I., Qazi I. M. and Jamal S. (2016). Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. Journal of Innovative Food Science and Emerging Technologies. 34: 29-43.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Maryland: USA.
- Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. (2001). BAM Chapter 3 Aerobic Plate Count. Retrieved November 28, 2023. Accessed 7 January 2024. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. (2001). BAM Chapter 18 Yeasts, Molds and Mycotoxins. Retrieved November 28, 2023. Accessed 7 January 2024. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-18-yeasts-molds-and-mycotoxins>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. (2016). BAM Chapter 12 *Staphylococcus aureus*. Retrieved November 28, 2023. Accessed 7 January 2024. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-12-staphylococcus-aureus>
- Bacteriological Analytical Manual (BAM) Online. (2020). BAM Chapter 4 Enumeration of *Escherichia coli* and the coliform bacteria. Retrieved November 28, 2023. Accessed 7 January 2024. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>

- Chandra S. and Kumari D. (2015). Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(4): 552-561.
- Ferrari C.C. and Hubinger M.D. (2008). Evaluation of the mechanical properties and diffusion coefficients of osmodehydrated melon cubes. *International Journal of Food Science & Technology*. 43(11): 2065-2074.
- International Organization for Standardization (ISO) Online. (2002). ISO6579 Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal Method for the Detection of *Salmonella* spp. Retrieved November 28, 2023. Accessed 7 January 2024. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/42109/a683834b409e4b0aad71b39a406f9602/ISO-6579-2002-Amd-1-2007.pdf>
- Pokharkar S.M. (2001). Kinetic model for osmotic dehydration of green peas prior to air drying. *Journal of Food Science and Technology*. 38(6): 557-560.
- Qiu L., Zhanga M., Tang J., Adhikari B. and Cao P. (2019). Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review. *Food Research International*. 116: 90-102.
- Quek S.Y., Chok N.K. and Swedlund P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*. 46(5): 386-392.
- Rahman M.S. and Lamb J. (1991). Air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated pineapple. *Journal of Food Process Engineering*. 14: 163-171.
- Sagar V.S. and Khurdiya D.S. (1999). Studies on dehydration of dashehari mango slices. *Indian Food Packer*. 53(1): 5-9.
- Salvi M.J. and Rajput J.C. (1995). Pineapple in handbook of fruit science and technology: production composition, storage and processing in Salunkhe D.K. and Kadam S.S. (Eds.). Macel Dekker: New York. 1-6.
- Surojanametakul V. (2003). Glycerol: Food additives. *Food Journal (Thailand)*. 33(2): 87-89.
- Sacchetti G., Gianotti A. and Dalla R.M. (2001). Sucrose salt combined effect on mass transfer kinetics and product acceptability: Study on apple osmotic treatments. *Journal of Food Engineering*. 49: 163-73.
- Tortoe C. (2010). A review of osmodehydration for the food industry. *African Journal of Food Science*. 4: 303-324.