

ผลของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพกระท้อนลอยแก้ว

Effects of Citric Acid and Calcium Chloride on Product Quality of Santol, in Syrup

รุ่งโรจน์ ตับกลาง^{1*} บุญทริกา สุมะนา¹ และวรรณศิริ หิรัญเกิด

Rungroj Tubklang^{1*} Boondarika Sumana¹ and Wannasiri Hirankerd¹

Received: April 29, 2021; Revised: October 25, 2021; Accepted: November 25, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพกระท้อนลอยแก้ว โดยนำผลกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้าย (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) ที่มีอายุ 145 วันนับจากวันที่ดอกบานจากแหล่งปลูกเดียวกัน มาแช่ด้วยสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกที่มีปริมาณต่างกัน 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 และ 1.0 และแคลเซียมคลอไรด์ในปริมาณต่างกัน 3 ระดับ คือร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 เป็นเวลา 30 นาที ก่อนพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว ดำเนินการวิจัยด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 Factorial in Completely Randomized Design; CRD) ผลพบว่า แต่ละปัจจัยเดี่ยวและปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อคุณภาพของกระท้อนลอยแก้ว กล่าวคือ เนื้อกระท้อนที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 1.0 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5 มีคุณลักษณะทางกายภาพโดยรวมเหมาะสมมากกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขณะที่เนื้อกระท้อนที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 มีคุณลักษณะทางเคมีโดยรวมเหมาะสมมากกว่าชุดการทดลองอื่น ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบชิม ($n = 30$) ให้ความคะแนนความชอบรวมสูงสุดในผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วที่ผ่านการแช่เนื้อกระท้อนในสารละลายผสมที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 และปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 โดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง และไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วจากทุกสิ่งทดลอง ดังนั้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วที่ใช้ผลกระท้อนพันธุ์ปุยฝ้ายเป็นวัตถุดิบมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ควรทำการแช่ชิ้นเนื้อกระท้อนในสารละลายผสมที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 ก่อนนำไปแช่ในน้ำเชื่อม

คำสำคัญ : กรดซิตริก; แคลเซียมคลอไรด์; กระท้อนลอยแก้ว

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

¹ Faculty of Agro-Industrial Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

* Corresponding Author E - mail Address: rtubklang@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to investigate effects of citric acid and calcium chloride on product quality of Santol (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) in a syrup. *Sandoricum koetjape* fruit, 145 days from the date of flowering and from the same plantation, were soaked with a solution of two different levels of citric acid, 0.5 percent and 1.0 percent, and calcium chloride in three different levels: 0.5 percent, 1.0 and 1.5 percent, for 30 minutes before developing into a santol syrup product. This study was conducted, based on a design of 3^2 factorial, in completely randomized design (CRD). Results found that the main effect and interaction effect had a statistically significant impact on the quality of the santol in syrup product ($p \leq 0.05$). Immersion of santol pieces in a solution containing 1.0 % citric acid and 1.5 % calcium chloride, optimized the product's physical properties. On the other hand, immersion of santol pieces in a solution containing 0.5 % citric acid and 1.0 % calcium chloride, optimized the product's chemical properties. Sensory evaluation results indicated that panelists ($n = 30$) gave significantly highest liking scores for santol in syrup products where santol pieces were immersed in the solution containing 0.5 % citric acid and 1.0 % calcium chloride. Highest liking scores was in the like moderately level. No detrimental microorganisms were found in any of the products. This study therefore suggests that santol pieces should be immersed in a solution containing 0.5 % citric acid and 1.0 % calcium chloride, prior to development into a santol syrup product, for better product quality of santol in syrup and higher acceptability by consumers.

Keywords: Citric Acid; Calcium Chloride; Santol in Syrup

บทนำ

ผลไม้ไทยหลายชนิดถูกจัดให้เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากได้รับความนิยมบริโภคและสามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายล้านบาท ผลไม้ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงและเป็นที่ยอมรับบริโภคในต่างประเทศมีหลายชนิด เช่น ลำไย ทุเรียน มังคุด ลิ้นจี่ มะม่วง ส้มโอ เงาะ สับปะรด มะพร้าว น้ำหอม และมะขาม และยังมีผลไม้ท้องถิ่นหรือผลไม้พื้นเมืองที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจในอนาคต โดยที่ปัจจุบันมีการบริโภคภายในประเทศมากกว่าการส่งออก เช่น กระท้อน ชมพู น้อยหน่า พุทรา มะปราง ฝรั่ง ลองกอง สละ ขนุน และกล้วย [1] แต่เนื่องจากประเทศไทยมีผลไม้มากมายหลายชนิด ทำให้มีผลผลิตของผลไม้ตลอดทั้งปี โดยบางช่วงของปีมีผลไม้ออกสู่ตลาดจำนวนมากทั้งชนิดและปริมาณ ทำให้เกษตรกรต้องเผชิญกับปัญหาผลผลิตล้นตลาด ราคาตกต่ำและประสบปัญหาเน่าเสีย การนำผลไม้ที่เผชิญกับภาวะล้นตลาดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ จึงนับเป็นทางเลือกที่ดีต่อการลดปัญหาดังกล่าวข้างต้น กระท้อน (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) เป็นผลไม้พื้นเมืองของชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ชนิดหนึ่งที่มีผลผลิตกระท้อน

ออกสู่ตลาดในช่วงเวลาเดียวกันกับที่ผลผลิตของผลไม้อื่น เช่น ทุเรียน เงาะ มังคุด มะม่วง ออกสู่ตลาดด้วย ส่งผลให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคผลไม้มากขึ้น และกระทบต่อราคาผลิตผลให้ต่ำลงในที่สุด การแปรรูปกระท้อนให้สามารถเก็บถนอมรักษาไว้ได้นาน ไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณที่เกินความต้องการบริโภคผลสดจนทำให้ราคาตกต่ำได้เท่านั้น แต่ยังช่วยทำให้มีผลิตภัณฑ์กระท้อนนอกฤดูกาล เพิ่มมูลค่าของกระท้อนให้สูงขึ้น และยังช่วยทำให้เกิดความหลากหลายในผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แปรรูปจากกระท้อนมีหลายชนิด เช่น กระท้อนแช่อิ่ม กระท้อนกวน กระท้อนหยี รวมถึงกระท้อนลอยแก้ว กระท้อนลอยแก้วเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่นำเนื้อกระท้อนมาตัดแต่งเป็นชิ้น แช่น้ำเชื่อม แล้วบรรจุในภาชนะเพื่ออำนวยความสะดวกและรสชาติหวานกรอบให้แก่ผู้บริโภค แต่มักพบปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสีเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (Enzymatic Browning Reaction) ซึ่งปัญหานี้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพลดลง โดยปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) ของสารประกอบฟีนอลที่มีเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase) และเปอร์ออกซิเดส (Peroxidase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาลในเนื้อเยื่อของผลไม้ และทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค [2] - [3] แม้ในปัจจุบันจะมีการใช้สารเคมีชนิดซัลไฟต์ (Sulfite) เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว แต่การบริโภคอาหารที่มีซัลไฟต์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณที่มากเกินไป อาจทำให้ผู้บริโภคบางคนเกิดอาการแพ้อย่างรุนแรงและอาจเสียชีวิตได้ [4] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาสารเคมีชนิดอื่นที่สามารถทดแทนการใช้สารกลุ่มซัลไฟต์ เช่น กรดซิตริก และแคลเซียมคลอไรด์ สำหรับป้องกันการเกิดสารประกอบสีน้ำตาลของเนื้อกระท้อน เนื่องจากกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายจากท้องตลาด และยังมีผลงานวิจัยบ่งชี้ว่า การใช้สารละลายกรดซิตริกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ [5] เช่น การใช้สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์แช่ผลลิ้นจี่สายพันธุ์ *Huaizhi* สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ 80 - 85 เปอร์เซ็นต์ และสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลิ้นจี่ได้ [6] การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์ แช่มะม่วงสุกที่หั่นเป็นชิ้นที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ลดการเกิดสีน้ำตาลได้ [7] และการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่ผลสาลี่หั่นเป็นชิ้น แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ [8] จากรายงานวิจัยที่กล่าวมา จึงเห็นได้ว่า ระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ โดยยังไม่มีรายงานระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมสำหรับเนื้อกระท้อน แต่อย่างไรก็ตาม ในเนื้อกระท้อนมีสารแทนนิน [9] ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์หรืออาจเป็นผลกระทบร่วมต่อปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาผลของปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว

1.1 การเตรียมกระท้อน นำผลกระท้อนสุกสายพันธุ์ปุยผ้าย (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) ที่มีขนาดน้ำหนักต่อผลอยู่ในช่วง 400 - 500 กรัม หรือมีอายุประมาณ 145 วันนับจาก

วันที่คอกบาน ซึ่งเปลือกมีสีเหลืองปนเขียวเล็กน้อย มาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือก คว้านเมล็ดออก หั่นและตากแห้งเป็นเส้นยาวประมาณ 5 เซนติเมตร และหนาประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปลวกในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 15 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ รอกการทดสอบต่อไป

1.2 การจัดสิ่งทดลอง นำกระทอนที่สะเด็ดน้ำแล้วไปแช่สารละลายผสมระหว่างกรดซิตริก และแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลานาน 30 นาที โดยการแปรความเข้มข้นของกรดซิตริกเป็น 2 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 และ 1.0 และแปรความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ทำการทดลองด้วยวิธีแฟคทอเรียล 3^2 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3^2 Factorial in Completely Randomized Design; CRD) ที่มี 3 ซ้ำ โดยมีเนื้อกระทอนที่ไม่ผ่านการแช่สารทั้งสอง เป็นชุดควบคุม

1.3 การทำผลิตภัณฑ์กระทอนลอยแก้ว นำกระทอนจากข้อ 1.2 บรรจุลงในขวดแก้ว ขนาดความจุ 16 ออนซ์ ขวดละ 265 กรัม จากนั้นเติมน้ำเชื่อมที่ผ่านการเตรียม โดยกำหนดให้มี ความหวานสุดท้าย (Cut Out Brix) เท่ากับ 20 องศาบริกซ์ และมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ลงใน ขวดแก้ว นำขวดแก้วที่บรรจุกระทอนในน้ำเชื่อมแล้วไปไล่อากาศ จนน้ำเชื่อมที่กึ่งกลางขวดแก้วมีอุณหภูมิ 85 องศา-เซลเซียส ปิดฝาทันที จากนั้นนำกระทอนในน้ำเชื่อมไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน เพื่อรอการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. การตรวจวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระทอนลอยแก้ว

2.1 การตรวจสอบทางกายภาพ แยกเนื้อและน้ำของผลิตภัณฑ์กระทอนลอยแก้วออกจากกัน พักไว้ 15 นาที เพื่อให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นสุ่มชิ้นเนื้อกระทอนในแต่ละสิ่งทดลองจำนวน 3 ชิ้น นำมาตรวจสอบ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสีด้วย Color Meter (KONICA MINOLTA รุ่น Chroma Meter CR-400, Japan) โดยแสดงค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ ซึ่งค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่าง ค่า $a^* = +$ แสดงถึงค่าสีแดง, $-$ แสดงถึงค่าสีเขียว และค่า $b^* = +$ แสดงถึงค่าสีเหลือง, $-$ แสดงถึง ค่าสีน้ำเงิน และวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Meter (Lloyd Instruments, รุ่น TA plus, Hampshire, UK.) โดยวัดค่าแรงตัด ทุกพารามิเตอร์ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง

2.2 การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี นำชิ้นเนื้อกระทอนในแต่ละสิ่งทดลองจำนวน 3 ชิ้น มาปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงเป็นเวลา 3 วินาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง (Whatman, England) จากนั้นนำน้ำที่กรองได้มาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี ได้แก่ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter (Consort รุ่น C3010, USA) วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Digital Hand Refractometer (ATAGO รุ่น MASTER - 3M, JAPAN) รวมถึงวัดปริมาณกรดตามวิธีมาตรฐาน AOAC [10]

2.3 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากทุกสิ่งทดลอง ไปทำการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธีตรวจนับจุลินทรีย์ มาตรฐาน (Standard Total Plate Count) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง (Standard Plate Count Agar; PCA) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง [10] และตรวจหาปริมาณยีสต์และราในอาหาร โดยเทคนิคการทาล์พเพลต (Pour Plate Technique) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอ (PDA หรือ Potato

Dextrose Agar) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง [10] คำนวณจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในหน่วยโคโลนีต่อกรัมของอาหาร (Colony Forming Unit/Gram; CFU/g)

2.4 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส นำผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วทุกสิ่งทดลองไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบฮิโดนิค 9 จุด หรือ 9-point hedonic scaling (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) โดยคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดำเนินการทดสอบภายใต้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD)

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) โดยใช้คอมพิวเตอร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองด้วยวิธีดัลแคนท์ (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณภาพทางกายภาพและเคมีของกระท้อนพันธุ์ปุ๋ยฝ้าย

เมื่อนำส่วนเนื้อของผลสดกระท้อนพันธุ์ปุ๋ยฝ้าย ซึ่งเป็นส่วนที่จะใช้ทำผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว มาตรวจสอบคุณภาพ พบว่าเนื้อกระท้อนพันธุ์ปุ๋ยฝ้ายมีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 65.47 2.51 และ 20.01 ตามลำดับ มีค่าเนื้อสัมผัสเท่ากับ 15.6 นิวตัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 7 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดซิตริก) 0.57 ผลที่ได้มีความแตกต่างจากการทดลองของ Chutichudet, P., Chutichudet, B., and Kaewsit, S. [11] ซึ่งรายงานไว้ว่ากระท้อนมี ค่า L^* a^* และค่า b^* อยู่ในช่วง -49.11 ถึง -36.65 14.71 ถึง -1.16 และ 37.96 ถึง 27.23 ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 2.00 - 3.00 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.90 - 15.05 องศาบริกซ์ และปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง (ร้อยละของกรดซิตริก) 0.63 ถึง 2.04 ความแตกต่างดังกล่าวจะนำไปสู่ผลของปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ที่แตกต่างกัน เช่น งานวิจัยของ Leawtargoon, V. [12] ที่พบว่า เนื้อมะม่วงสุกที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มมากขึ้นกว่าชุดควบคุม แต่เมื่อแช่ในสารละลายกรดซิตริก ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย เนื่องจากการแช่เนื้อผลไม้ในสารละลายทำให้ปริมาณกรดบางส่วนสูญเสียไปกับสารละลายที่แช่ ดังนั้นการแช่เนื้อผลไม้ในสารละลายกรดซิตริกและ/หรือแคลเซียมคลอไรด์เพื่อลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจำเป็นต้องมีข้อมูลทางกายภาพและเคมีภาพเบื้องต้น นำมาสู่การกำหนดปริมาณการใช้สารดังกล่าว

2. ผลของปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว

ผลการตรวจวัดคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วดังตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ (Interaction Effect) ระหว่างสองปัจจัย (ปริมาณกรดซิตริกและปริมาณแคลเซียมคลอไรด์) และยังมีผลกระทบจากแต่ละปัจจัยเดี่ยว (Main Effect) ต่อคุณภาพทางกายภาพทุกด้านของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว ผลิตภัณฑ์ที่ผ่าน

การแช่กรดซิตริกหรือแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับมีค่าความสว่างสูงกว่าชุดควบคุม โดยเมื่อปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่างเพิ่มมากขึ้น ขณะที่แคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อค่าความสว่างค่อนข้างน้อยกว่า ผลการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยพบว่า ค่าความสว่างสูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 1.0 ร่วมกับปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่กรดซิตริกหรือแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับมีค่าสีแดงสูงกว่าชุดควบคุม โดยค่าสีแดงจะลดลงเมื่อปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันค่าสีแดงเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยพบว่า ค่าสีแดงสูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ร่วมกับปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่กรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับมีค่าสีเหลืองสูงกว่าชุดควบคุม โดยค่าสีเหลืองจะลดลงเมื่อปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้น ขณะที่แคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อค่าสีเหลืองค่อนข้างน้อยกว่า เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยพบว่า ค่าสีเหลืองสูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 ร่วมกับปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0 และค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยพบว่า ค่าเนื้อสัมผัสสูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 1.0 ร่วมกับปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว (mean±S.D.)

กรดซิตริก (ร้อยละ)	แคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)	ค่าสี			ค่าเนื้อสัมผัส (นิวตัน)
		L*	a*	b*	
0	0	25.65±0.17 ^f	4.00±0.05 ^c	15.86±0.11 ^g	1.09±0.01 ^g
0.5	0.5	37.93±0.01 ^c	6.93±0.15 ^d	18.29±0.09 ^f	2.22±0.00 ^f
0.5	1.0	37.90±0.10 ^c	7.57±0.12 ^b	20.97±0.10 ^a	2.39±0.01 ^c
0.5	1.5	37.72±0.18 ^d	7.82±0.07 ^a	19.82±0.07 ^b	2.73±0.01 ^d
1.0	0.5	38.25±0.04 ^b	6.95±0.05 ^d	18.88±0.04 ^d	2.85±0.00 ^c
1.0	1.0	39.01±0.02 ^a	7.08±0.03 ^{cd}	18.59±0.05 ^c	3.26±0.01 ^b
1.0	1.5	37.31±0.01 ^c	7.16±0.09 ^c	19.04±0.03 ^c	3.89±0.01 ^a

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า L* = ความสว่าง (lightness; 100 = สว่าง, 0 = เข้ม)

ค่า a* = + สีแดง, - สีเขียว

ค่า b* = + สีเหลือง, - สีน้ำเงิน

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่า เนื้อกระท้อนที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกกับแคลเซียมคลอไรด์ มีค่าความสว่างและค่าสีแดงสูงกว่าชุดควบคุม การเปลี่ยนแปลงด้านสีในครั้งนี้คาดว่าได้เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ เนื่องจากก่อนจะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้ว เนื้อกระท้อน

ได้ผ่านการลวก แช่ในกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ และนำไปฆ่าเชื้อต่อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งการลวกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และฆ่าเชื้อต่อที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสถูกทำลายลง [13] การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง จึงสันนิษฐานว่าเป็นเพราะในเนื้อกระท้อนมีสารแทนนิน [9] ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนจากการลวก เป็นผลทำให้เนื้อกระท้อนกลายเป็นสีแดง และเมื่อนำเนื้อกระท้อนมาแช่ในสารละลายที่มีแคลเซียมคลอไรด์ แทนนินที่อยู่ในเนื้อกระท้อนทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคลอไรด์สีของแทนนินจะเข้มขึ้น เนื่องจากคลอไรด์ สามารถออกซิไดซ์สารประกอบแทนนิน [14] ส่วนเหตุผลที่ค่าความสว่างของเนื้อกระท้อนในชุดทดลอง สูงกว่าชุดควบคุม คาดว่าเป็นเพราะแทนนินละลายออกมาอยู่ในน้ำเชื่อม ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สังเกตได้ว่า สีน้ำเชื่อมของผลิตภัณฑ์ในชุดทดลองเข้มมากกว่าชุดควบคุม เป็นเพราะแทนนินถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรด น้ำร้อน และเอนไซม์ [15] สอดคล้องกับข้อมูลด้านค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ที่พบว่า ชุดทดลอง มีความเป็นกรดสูงกว่าชุดควบคุมจึงเป็นสาเหตุให้แทนนินถูกไฮโดรไลซ์ออกมาอยู่ในน้ำเชื่อมมากกว่า และเป็นผลให้ชุดทดลองมีค่าความสว่างมากกว่าชุดควบคุม นอกจากนี้การศึกษานี้ยังพบว่า เนื้อกระท้อน ที่ผ่านการแช่ในสารละลายผสมระหว่างกรดซิตริกกับแคลเซียมคลอไรด์ มีค่าเนื้อสัมผัสสูงกว่าชุดควบคุม เนื่องจากแคลเซียมคลอไรด์มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงความแข็งแรงของเนื้อเยื่อผลไม้ โดยการทำปฏิกิริยาระหว่างเกลือแคลเซียมไอออนกับเพกทินทำให้เนื้อเยื่อของผลไม้มีความแข็งแรง [16] - [17] ผลการวิจัยนี้ บ่งชี้ว่า การเพิ่มปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ค่าเนื้อสัมผัส (ความคงตัว) เพิ่มขึ้น

ผลการตรวจวัดคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วดังตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ ความแปรปรวนพบว่า ปริมาณกรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์ที่ศึกษาในครั้งนี้ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเนื้อกระท้อน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลสด จะพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ในเนื้อกระท้อนที่ผ่านการแช่สารผสมทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นมาก เป็นเพราะผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วนี้ถูกแช่ ในน้ำเชื่อม ซึ่งในการศึกษานี้ได้กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีความหวานสุดท้ายเท่ากันในทุกสิ่งทดลอง (20 องศาบริกซ์) ดังนั้น TSS ที่วัดได้ในแต่ละสิ่งทดลองจึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่พบว่าเนื้อกระท้อนที่ผ่านการแช่กรดซิตริกและแคลเซียมคลอไรด์มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า ชุดควบคุม และมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นกรด สามารถลดค่าความเป็นกรด-ด่างให้ลดลง และทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น [18] - [19] และการลดลง ของค่าความเป็นกรด-ด่าง อาจเนื่องมาจากการแพร่จากเนื้อกระท้อนไปสู่ น้ำเชื่อม แคลเซียมคลอไรด์ แม้มีคุณสมบัติเป็นด่าง แต่เมื่อนำมาแช่เนื้อกระท้อนกลับพบว่ามีความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่าชุดควบคุม และมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าชุดควบคุม อธิบายได้ว่า แคลเซียมคลอไรด์เมื่อรวมตัวกับน้ำจะได้ แคลเซียมออกไซด์และกรดไฮโดรคลอริกส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรด-ด่างลดลง และมีปริมาณ กรดทั้งหมดมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีในการช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระท้อน แต่แคลเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลต่อปริมาณกรดทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมสารละลายน้ำเชื่อมได้มีการเติม กรดซิตริกทั้งในชุดควบคุมและชุดทดลองเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในมาตรฐานการผลิต เป็นผลให้ปริมาณกรดทั้งหมดในชุดทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นเหตุผลที่ปริมาณกรดทั้งหมด ของชุดทดลองสูงกว่าชุดควบคุมจึงเป็นผลมาจากการแช่ในกรดซิตริกมากกว่า อย่างไรก็ตาม ผลการตรวจวัด คุณภาพทางเคมีในตารางที่ 2 ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าชุดการทดลองใดดีที่สุด ขณะเดียวกันทุกชุดการทดลอง มีค่าคุณภาพทางเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลไม้ลอยแก้ว [20] งานวิจัยนี้เสนอแนะ

ให้แช่เนื้อกระต่อนในสารผสมระหว่างกรดซิตริกที่ปริมาณร้อยละ 0.5 ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ที่ปริมาณร้อยละ 1.0 เนื่องจากใช้สารเคมีในปริมาณที่น้อยสุดแต่ทำให้คุณภาพทางเคมีอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์กระต่อนลอยแก้ว (mean±S.D.)

กรดซิตริก (ร้อยละ)	แคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็ง ที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) ^{ns}	pH	ปริมาณกรดทั้งหมด (ร้อยละของกรดซิตริก)
0	0	20.33±0.12	3.23±0.03 ^a	0.31±0.01 ^c
0.5	0.5	20.53±0.12	2.00±0.02 ^c	0.51±0.01 ^a
0.5	1.0	20.60±0.20	1.90±0.01 ^c	0.49±0.01 ^b
0.5	1.5	20.53±0.12	1.87±0.01 ^f	0.51±0.01 ^a
1.0	0.5	20.60±0.20	2.06±0.01 ^b	0.50±0.01 ^{ab}
1.0	1.0	20.62±0.20	1.91±0.01 ^c	0.51±0.01 ^a
1.0	1.5	20.67±0.12	1.96±0.01 ^d	0.49±0.01 ^b

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวดิ่งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากการนำผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน แล้วสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ทั้งหมด ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สามารถยืนยันได้ว่า ผลิตภัณฑ์กระต่อนลอยแก้วจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท ผ่านการแปรรูปโดยใช้ความร้อนในระดับที่ทำลายจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ รวมถึงผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในระดับที่เชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น *Clostridium botulinum* ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ [21]

ผลการตรวจวัดคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กระต่อนลอยแก้วทั้ง 6 สิ่งทดลองดังตารางที่ 3 จากการทดสอบค่าเฉลี่ยโดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่าผู้ทดสอบชิม ($n = 30$) ให้คะแนนความชอบด้านรสชาติในทุกสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ให้คะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมในทุกชุดการทดลองมากกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) ผลการพิจารณาแต่ละปัจจัยเดี่ยวพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารละลายกรดซิตริกในระดับร้อยละ 0.5 - 1.0 และแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในระดับร้อยละ 0.5 - 1.5 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อเพิ่มปริมาณของกรดซิตริกจากร้อยละ 0.5 เป็นร้อยละ 1.0 มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านสีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ทำให้คะแนนความชอบรวมลดลง ($p \leq 0.05$) ขณะเดียวกันเมื่อเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคลอไรด์มากขึ้น (จากร้อยละ 0.5 เป็นร้อยละ 1.0 - 1.5) มีผลทำให้คะแนนความชอบด้านสีและความชอบรวมเพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองปัจจัย การศึกษานี้บ่งชี้ว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนน

ความชอบรวมสูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่สารผสมระหว่างกรดซิตริกที่ปริมาณร้อยละ 0.5 กับ แคลเซียมคลอไรด์ที่ปริมาณร้อยละ 1.0

ตารางที่ 3 คะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับของกระท้อนลอยแก้ว

กรดซิตริก (ร้อยละ)	แคลเซียม คลอไรด์ (ร้อยละ)	ลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส				
		สี	กลิ่น	รสชาติ ^{ns}	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	0	3.37±0.56 ^c	5.77±0.43 ^b	6.00±0.00	3.17±0.38 ^b	3.30±0.47 ^d
0.5	0.5	6.27±0.45 ^b	6.30±0.47 ^a	6.43±0.50	6.27±0.45 ^a	6.17±0.38 ^c
0.5	1.0	6.63±0.49 ^a	6.33±0.48 ^a	6.60±0.50	6.53±0.51 ^a	6.77±0.43 ^a
0.5	1.5	6.43±0.50 ^{ab}	6.33±0.48 ^a	6.43±0.50	6.53±0.51 ^a	6.53±0.51 ^b
1.0	0.5	6.30±0.47 ^b	6.23±0.43 ^a	6.23±0.43	6.40±0.50 ^a	6.30±0.47 ^c
1.0	1.0	6.43±0.50 ^{ab}	6.27±0.45 ^a	6.43±0.50	6.50±0.57 ^a	6.20±0.41 ^c
1.0	1.5	6.40±0.50 ^{ab}	6.10±0.31 ^a	6.43±0.50	6.47±0.68 ^a	6.13±0.35 ^c

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรชนิดต่างกันตามแนวตั้งแสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สรุป

จากงานวิจัยนี้พบว่า การเตรียมเนื้อกระท้อนเพื่อไปทำผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วด้วยการแช่ในสารละลายผสมของกรดซิตริกกับแคลเซียมคลอไรด์ทุกระดับความเข้มข้น ทำให้เนื้อกระท้อนมีคุณภาพความสว่าง ค่าสี และความแน่นเนื้อดีกว่าชุดควบคุม ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลงตามปริมาณสารทั้งสองที่เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม แต่ไม่มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์กระท้อนลอยแก้วที่ในกระบวนการผลิตได้นำเนื้อกระท้อนแช่สารละลายผสมของกรดซิตริกกับแคลเซียมคลอไรด์มากกว่าชุดควบคุม โดยคะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลาง โดยมีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุดในผลิตภัณฑ์ที่เนื้อกระท้อนผ่านการแช่สารละลายที่มีปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5 และมีปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.0

References

- [1] Thitametho, T. and Posing, P. (2021). Cultural Product Development Into the World Trade Center. **Journal of Research and Development Institute, Rajabhat Maha Sarakham University**. Vol. 8, Issue 1, pp. 543-557
- [2] Bepete, M., Nenguwo, N., and Jackson, J. E. (1994). The Effect of Sucrose Ester Coating on Ambient Temperature Storage of Several Fruits. **ACIAR Proceedings**. No. 50, pp. 427-429
- [3] Siriphanich, J. (2001). **Postharvest Physiology of Fresh Fruits and Vegetables**. Kasetsart University Press, Bangkok. p. 364
- [4] Taylor, S. L., Higley, N. A., and Bush, R. K. (1986). Sulfite in food: Uses, Analytical Method, Residues, Fate, Exposure Assessment, Metabolism, Toxicity and Hypersensitivity. **Advances in Food Research**. Vol. 30, pp. 1-71. DOI: 10.1016/s0065-2628(08)60347-x
- [5] Vamos-Vigyazo, L. (1995). **Prevention of Enzymatic Browning in Fruits and Vegetables: A Review of Principles and Practice**. In Enzymatic Browning and Its Prevention. (Lee, C. Y. and Whitaker, J. R. eds.) pp. 49-63. ACS Symp. Ser. 600. Washington, D.C.
- [6] Jiang, Y. and Fu, J. (1998). Inhibition of Polyphenol Oxidase and the Browning Control of Litchi Fruit by Glutathione and Citric Acid. **Food Chemistry**. Vol. 62, Issue 1, pp. 49-52. DOI: 10.1016/s0308-8146(97)00144-1
- [7] Trindade, P., Beirao-da-Costa, M. L., Moldao-Martins, M., Abreu, M., Goncalves, E. M., and Beirao-da-Costa, S. (2003). **The Effect of Heat Treatments and Calcium Chloride Application on Quality of Fresh-Cut Mango**. Access (10 October 2021). Available (http://www.actahort.org/books/599/599_78.htm)
- [8] Rosen, J. C. and Kader, A. A. (1989). Postharvest Physiology and Quality Maintenance of Sliced Pear and Strawberry Fruits. **Journal of Food Science**. Vol. 54, Issue 3, pp. 656-659. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1989.tb04675.x
- [9] Anantachoke, N., Lomarat, P., Praserttirachai, W., Khammanit, R., and Mangmool, S. (2016). Thai Fruits Exhibit Antioxidant Activity and Induction of Antioxidant Enzymes in HEK-293 Cells. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. Vol. 2016, Article ID 6083136, p. 14. DOI: 10.1155/2016/6083136
- [10] AOAC. (2000). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. Washington, D.C., USA.
- [11] Chutichudet, P., Chutichudet, B., and Kaewsit, S. (2008). An Analysis on Quality, Colour, Tissue Texture, Total Soluble Solid Content, Titratable Acidity and pH of Santol Fruits (*Sandoricum koetjape* Burm.F.) Merr. Pui Fai Cultivar, Grown in Northern Thailand. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. Vol. 11, Issue 10, pp. 1348-1353. DOI: 10.3923/pjbs.2008.1348.1353

- [12] Leawtargoan, V. (2005). **Effect of Calcium Chloride and Citric Acid on Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activities in Ripened Mango Fruit 4 Varieties**. Master Thesis. Department of Food Science and Technology, Faculty of science, Chiang Mai University.
- [13] Leesuksawat, W., Jangchud, A., and Therdthai, N. (2011). Effect of Blanching on Polyphenol Oxidase Activity Enzyme in Mangosteen and Effect of Sucrose Syrup Incorporated with Citric Acid in Mass Transfer During Osmosis. In **Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry**. pp. 508-514
- [14] Borisova, M. B., Kataev, A. A., and Siivozhelezov, V. S. (2019). Action of Tannin on Cellular Membranes: Novel Insights from Concerted Studies on Lipid Bilayers and Native Cells. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes**. Vol. 1861, Issue 6, pp. 1103-1111. DOI: 10.1016/j.bbamem.2019.03.017
- [15] Keller, M. (2000). **Tannin Removal**. Access (10 October 2021). Available (<https://www.wwdmag.com/membrane-technology/tannin-removal>)
- [16] Aguayo, E., Escalona, V. H., and Art'es, F. (2008). Effect of Hot Water Treatment and Various Calcium Salts on Quality of Freshcut 'Amarillo' Melon. **Postharvest Biology and Technology**. Vol. 47, pp. 397-40. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.08.001
- [17] Saelim, K. and Lueangprasert, K. (2016). Effects of Treatment of Calcium Chloride Solution on Quality of Fresh-Cut Cantaloupe During Storage. **Songklanakarin Journal of Plant Science**. Vol 3, Issue 1, pp. M07/66-7
- [18] Martinez, M. and Whitaker, J. R. (1995). The Biochemistry and Control of Enzymatic Browning. **Trends in Food Science and Technology**. Vol. 6, Issue 6, pp. 195-200. DOI: 10.1016/S0924-2244(00)89054-8
- [19] Maketup, P. and Krajayklang, M. (2016). Effect of Citric Acid on Storage Quality of Fresh-Cut Huaimun Pineapple. In **The National and International Graduate Research Conference 2016**. Khon Kaen University, Thailand, pp. 1459-1469
- [20] Thai Industrial Standards Institute. (2004). **Thai Community Product Standard (TCPS 715/2547; Loi Kaew fruit)**. Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry.
- [21] Srichayet, P. (2019). Principles of Food Processing to Extend Product's Shelf Life. **Food Journal**. Vol. 49, Issue 1, pp. 12-19