



การยืดอายุการเก็บรักษาผลมะเขือเทศจากสารเคลือบผิวจากหัวบุกที่รับประทานได้

อโนดา รัชเวทย์^{1*} และอติณัฐ จรดล²

The Storage-life Extended of Tomatoes by Coating with an Edible Konjac Films

Anodar Ratchawet^{1*} and Atinut Joradol²

¹ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ถ.โชตนา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

²ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ถ.โชตนา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

¹Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiangmai Rajabhat University, Chotana Rd., Muang District, Chiangmai, 50300.

²Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Chiangmai Rajabhat University, Chotana Rd., Muang District, Chiangmai, 50300.

* Corresponding author. E-mail address: anodar@gmail.com, atinut_j@hotmail.com

Received: 4 April 2016; Accepted: 16 June 2016

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ที่สกัดได้จากหัวบุกต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส โดยใช้หัวบุกพันธุ์พื้นเมือง (*A. krausei* Engl.) โดยใช้ตัวทำละลายเอทานอล 95% ในการสกัดผงบุกจากหัวบุก มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 16.00 จากนั้นทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มจากผงบุกที่สกัดได้ เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปเคลือบผิวผลไม้ โดยทำการเลือกสภาวะที่ดีที่สุดต่อการเตรียมฟิล์ม จากนั้นได้ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยสารละลายบุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพมะเขือเทศ โดยทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารเคลือบผิวจากผงบุกต่อการชะลอการสุกและชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส โดยมีความเข้มข้นของสารละลายบุก 3 ความเข้มข้นได้แก่ 1.00%, 1.15%, 1.30% w/v และชุดควบคุม คือไม่เคลือบผิว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส จากการวิจัยพบว่าผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่มีความเข้มข้น 1.15% w/v สามารถช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก และช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ดีที่สุด รวมถึงการประเมิน การยอมรับคุณภาพด้านรสชาติ ลักษณะที่ปรากฏภายนอกและการประเมินคุณภาพโดยรวม ได้รับการยอมรับมากกว่าทุกชุดของการทดลอง แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และค่าความแน่นเนื้อ รองลงมาคือ ผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่มีความเข้มข้น 1.00%, 1.30% w/v และ มะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ไม่เคลือบผิว ตามลำดับ ดังนั้นการเลือกใช้สารละลายบุกที่มีความเข้มข้น 1.15 % เป็นสารเคลือบ ซึ่งเป็นสารที่สกัดได้จากธรรมชาติ เป็นสารที่หาได้ง่ายและมีใช้ตลอดปี และให้คุณสมบัติคงที่ในการเคลือบผิว รวมทั้งเป็นสารเคลือบผิวที่สามารถรับประทานได้ จึงน่าจะเป็นแนวทางที่เลือกนำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพของมะเขือเทศ เพื่อเป็นการลดการสั่งซื้อสารเคลือบจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

คำสำคัญ: หัวบุก สารเคลือบผิวที่รับประทานได้ มะเขือเทศ อายุการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อ

Abstract

The aim of this research was to study the effect of edible coatings from edible Konjac films for extending storage-life of tomatoes at the stored temperature 28 ± 3 ° C. The local Konjac corms, (*A. krausei* Engl.) were extracted by using 95% of Ethanol as the solvent. The optimum conditions in the film forming from extracted Konjac powder were selected. The determination of the appropriate concentration of the coating solution from Konjac powder to reduce the ripening and weight loss of tomatoes var. Thomas had been done. The three concentrations of Konjac powder solution were 1.00%, 1.15%, 1.30% w / v and the uncoated control. All of them stored at 28 ± 3 ° C. The result showed that the tomatoes had been coated with a solution of Konjac powder at concentration 1.15% w / v is the optimum concentration in reducing the rate of weight loss and the skin color change of tomatoes consistent with evaluated by tasting, appearance and overall quality. However, there had no effect in soluble solids, the titratable acidity and the firmness of tomatoes. The minor treatments were the tomatoes that coated



with a solution of Konjac powder at a concentration of 1.00%, 1.30% and uncoated tomatoes, respectively. Coating fruits with edible polymer could be a low cost tool for preservation with additional benefits over natural products, such as the year-round availability of the coatings and the constant quality and stability of the film from batch to batch. The edible coated would be the alternative way to preserve the quality of tomatoes and to reduce in buying coatings materials from abroad and also friendly to the environment.

Keywords: Konjac, Edible coatings, tomatoes, storage-life properties, firmness, soluble solids, the titratable acidity

ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นผักหรือผลไม้ส่งออกสู่ตลาดในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก แต่ปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมส่งออกผักและผลไม้ คือ อายุของการเก็บรักษาของผักและผลไม้สั้น เกิดการสูญเสียผลผลิตก่อนถึงมือผู้บริโภค (Postharvest Technology Innovation Center, 2003) โดยการเก็บรักษาผักผลไม้สดมีเป้าหมายเพื่อยืดอายุผักผลไม้ออกไปให้นานที่สุด ซึ่งการเก็บรักษาที่จะประสบความสำเร็จ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวตามอายุของผลไม้ที่เหมาะสม ด้วยความประณีตและรวดเร็ว รวมทั้งการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม เพื่อคงความสดของผักและผลไม้ ในขณะเดียวกันก็ชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นในการเก็บเกี่ยวจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเก็บรักษาผลผลิตสด ดังนี้ อุณหภูมิ ความชื้น องค์ประกอบของบรรยากาศ (Siripanich, 2006) การเคลือบผิวผลไม้เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวจะถูกนำมาใช้ทดแทนชั้นของไขธรรมชาติ ที่อาจหลุดหายไปในขณะที่ทำการเก็บเกี่ยว หรือล้างทำความสะอาด โดยการขาดไขมันจะทำให้ผลผลิตเกิดการสูญเสียน้ำและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆ เร็วขึ้น (Rodprasert, 2004) ต้นบุกเป็นไม้ที่มีหัว เป็นพืชที่รู้จักกันมาแต่โบราณกาลแล้ว มีการใช้ประโยชน์จากพืชนี้ทั้งก้าน และหัวบุกเป็นพืชพื้นเมืองของไทยมากขึ้นในที่ชื้น ลำต้นมีลายขาวๆ มีหนามเล็กๆ มียางซึ่งหากถูกแล้วจะคัน หัวบุกมีขนาดใหญ่ เนื้อมีสีขาวอมเหลือง ละเอียดยเป็นเมือกเส้น สามารถนำมารับประทานได้ทั้งใบและหัว หัวบุกมีแป้งประมาณร้อยละ 67 มีโปรตีนร้อยละ 5-6 สารแป้ง

ที่อยู่ในหัวบุกเรียกว่า กลูโคแมนแนน (Kateprasert & Kateprasert, (1998); Aunatiganon, 2000) โดยกลูโคแมนแนน เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตจัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสแมนโนสและฟรุคโตส มีลักษณะขุ่นหนืด เป็นใยอาหาร (dietary fiber) มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก มีความหนืดมากที่สุดในกลุ่มใยอาหาร เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลสามารถทำให้เกิดเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (thermo irreversible gel) นอกจากนี้กลูโคแมนแนนยังสามารถนำมาผลิตเป็นฟิล์มชนิดบริโภคได้ (Edible film) ที่มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (Cheng, Karim, Norziah, & Seow, 2002) นอกจากนี้สารกลูโคแมนแนนยังสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวเพื่อทดแทนชั้นไขมันในผลไม้ที่อาจหลุดออกไปจากการล้างผลไม้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลไม้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย มะเขือเทศเป็นผลผลิตชนิดหนึ่งที่อยู่ในความต้องการของตลาด ทั้งด้านการบริโภคผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ มากมาย เนื่องจากเป็นพืชที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารที่สำคัญ และมีรสชาติอร่อยในผลสุกมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ และริ้วรอยเหี่ยวย่น และยังช่วยย่อยอาหาร ช่วยระบาย ช่วยในการฟอกเลือด โดยที่มะเขือเทศเป็นผัก ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 70 จัดเป็นผักที่มีน้ำมาก และมีผิวเปลือกที่บาง จึงทำให้สีผิวของผลมะเขือเทศ มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วและเกิดการเหี่ยวของผลเนื่องจากการสูญเสียน้ำจากช่องเปิดต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายได้โดยง่าย จึงเป็นสาเหตุผลผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Postharvest Technology Innovation Center, 2003) นอกจากนี้ มะเขือเทศเป็นผลผลิตที่รับประทานทั้งผลโดย



ไม่ต้องลอกเปลือก หากมีสารเคลือบผิวที่รับประทานได้มาใช้เคลือบผลไม้ จะได้มะเขือเทศที่สามารถรับประทานได้โดยปลอดภัยขึ้น นอกจากนี้สารเคลือบผิวที่มีในปัจจุบันมักนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาค่อนข้างแพง จึงทำให้ผู้ท่วิจัยสนใจที่จะผลิตสารเคลือบผิวที่รับประทานได้จากหวับุก ซึ่งหาได้ง่ายในประเทศ เพื่อใช้ยื้ออายุการเก็บรักษาผลไม้ เพื่อลดอัตราการเน่าเสียของผลไม้ ซึ่งทำให้ผลไม้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น โดยใช้สารเคลือบผิวที่ได้จากธรรมชาติที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้รับประทานและมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้มะเขือเทศเป็นตัวแทนของผลไม้ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาใช้ในระดับอุตสาหกรรมและลดการสั่งซื้อจากต่างประเทศได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการสกัดสารเคลือบผิวที่รับประทานได้จากหวับุก
2. ศึกษาการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากผงหวับุกที่สกัดได้
3. เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากหวับุกต่อการยื้ออายุการเก็บรักษาของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสส์ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. หวับุกที่ใช้ในการศึกษา ไม่จำกัดอายุ และขนาดของหวับุก เป็นหวับุกสายพันธุ์พื้นเมือง (*A. krausei* Engl) ที่รับประทานได้ นำมาจาก อ. พรวัว จ. เชียงใหม่
2. ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด คือ เอทานอล (ethanol) 95 % v/v ใช้เพื่อป้องกันไม่ให้ผงหวับุกเกิดการพองตัวเมื่อสัมผัสกับน้ำ และใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (NaS_2O_5) 200 mg/L ในเอทานอล 95 % w/v เพื่อใช้ในการแยกแ่งออกจากผงหวับุก
3. ใช้มะเขือเทศพันธุ์โทมัสส์ ที่ได้จากบ้านบวจัน ด. โป่งแยง อ. แม่ริม จ. เชียงใหม่ ที่มีอายุ 40-60 วันนับจากวันที่ดอกบาน ซึ่งคัดเลือกผลมะเขือเทศที่มีขนาดและสีผิวใกล้เคียงกัน รวมถึงไม่มีแผลหรือตำหนิตัว และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส

เครื่องมือและสารเคมี

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งสำหรับงานวิเคราะห์ (Analytical balance), AG 204, METTLER TOLEDO, Switzerland
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven), DLE 500, MERMERT, Germany
3. ตู้เผาอุณหภูมิสูง, RWF 11/13, CARBOLITE, England
4. เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง, UNIVERSAL 32, Heffich, Germany
5. เครื่องให้ความร้อนพร้อมเครื่องหมุนสนามแม่เหล็ก Hotplate & Stirrer, 1203, JENWAY, U.S.A.
6. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน, B-324, BUCHI, Switzerland
7. เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อย (ไฟเบอร์), VELL SCIENTIFICA, Italy
8. เครื่องปั่นน้ำผลไม้ (Blender), Y46, Moulinex, France
9. เครื่องวัดความแน่นเนื้อผลไม้ (Fruits Hardness Tester), FHR-1, NIRRON OPTICAL WORKS, Japan
10. เครื่องฟลูอิดเรย์ทราสฟอรั่มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FT-IR Spectroscopy), Perkin-Elmer, GX Series, U.K.

สารเคมี

1. โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulphite; NaS_2O_5) Lab grade, % Assay 98.0 %, MW 190.10, นอร์ทเทอรันเคมีเคิล แอนด์ กลาสแวร์, Thailand
2. เอทานอล (Ethyl alcohol ; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) Lab Grade, % Assay 95.0 %, Density 0.789 g/mL, MW 46.07, นอร์ทเทอรันเคมีเคิล แอนด์ กลาสแวร์, Thailand
3. เฮกเซน (Hexane; C_6H_{14}) Lab grade, % Assay = 98 %, MW 86.18, นอร์ทเทอรันเคมีเคิล แอนด์ กลาสแวร์, Thailand



4. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid; H_2SO_4) Lab grade, % Assay 98 %, MW 98.08, density 1.84 g/mL, Ajax Finechem, New Zealand

5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide: NaOH) %Assay 95 %, MW 40.0, LABSCAN, Thailand

6. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid; HCl) AR grade, % Assay 37 %, MW 36.46, Density 1.18 g/mL, LABSCAN, Thailand

7. แอซีโตน (Acetone; C_3H_6O), Lab grade, Assay 99.5 %, MW 58.08, นอร์ทเทอรันเคมีเคิล แอนด์ กลาสแวร์, Thailand

8. Selenium mixture (Copper sulfate 1.45 %, Sodium sulfate 94.0 %, Selenium content 1.5 %), Merck, Germany

9. กรดบอริก (Boric acid; H_3BO_3) AR grade, Assay 99.8 %, MW 61.84, Merck, Germany

10. Mixed indicator (Methyl red + Methyl blue)

11. กลีเซอรอล (Glycerol; $C_3H_5(OH)_3$) Lab grade, MW 92.09, นอร์ทเทอรันเคมีเคิล แอนด์ กลาสแวร์, Thailand

12. เพนทานอล (Amyl alcohol; $C_5H_{11}OH$), %Assay 98 %, MW 88.15, Fisher chemical, U.S.A.

วิธีการวิจัย

1. การสกัดผงบุก

1.1 นำหัวบุกมาล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นบางๆ และนำไปซังประมาณ 500 กรัม เติมน้ำโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (NaS_2O_5) 200 mg/L ในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 750 mL จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด ทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง นำไปอบที่อุณหภูมิ $60^\circ C$ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

1.2 ซังผงบุกจากข้อ 1.1) มาประมาณ 500 กรัม ล้างด้วยสารละลายเอทานอล 50% ปริมาตร 1500 mL กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วมาล้างต่อด้วยเอทานอล 80 % ปริมาตร 1500 mL กรองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $60^\circ C$ นาน 12 ชั่วโมง

1.3 นำผงบุกที่ผ่านการอบ มาปั่นให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 Mesh นำผงบุกที่ได้มาหาปริมาณแก้ว ความชื้นในผงบุก ปริมาณ ไขมัน โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวสกัด หาปริมาณเส้นใยในผงบุก โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหาร (Fiber Analyzer) และคำนวณหาเส้นใยหยาบของผงบุก ปริมาณโปรตีนในผงบุก โดยเติมสารผสมซิลิเนียม และสารละลายซัลฟิวริกเข้มข้น นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยแบบหลุม ประมาณ 3 ชั่วโมง และนำไปกลั่น พร้อมสารละลายกรดบอริก ความเข้มข้น 4 % นำสารละลายที่กลั่นได้ จากขวดรูปชมพู่มาไทเทรตกับสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 N โดยมีอินดิเคเตอร์ผสมเป็นตัวบ่งชี้จุดยุติ และนำมาคำนวณหาปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในผงบุก

2. การเตรียมฟิล์ม

2.1 ซังผงบุกประมาณ 3.00 กรัม ละลายน้ำ 300.0 mL กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กประมาณ 4 ชั่วโมง

2.2 แบ่งสารละลายเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งแบ่งสารละลายมา 70 mL ส่วนที่สองแบ่งสารละลายมา 80 mL ส่วนที่สามแบ่งสารละลายมา 150 mL

2.3 นำสารละลายบุกส่วนที่หนึ่ง เทลงในจานเพาะเชื้อ

2.4 นำสารละลายบุกส่วนที่สอง นำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูงที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วเทสารละลายส่วนใสลงในจานเพาะเชื้อ

2.5 นำสารละลายบุกส่วนที่สาม มาเติมน้ำกลีเซอรอล 0.45 mL กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กประมาณ 20 นาที แล้วนำสารละลายบุกเทลงในจานเพาะเชื้อ และนำสารละลายบุกประมาณ 80 mL ไปนำไปแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูงที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วเทสารละลายส่วนใส ลงในจานเพาะเชื้อ เพื่อขึ้นรูปฟิล์ม

2.6 นำสารละลายบุกที่ใส่ในจานเพาะเชื้อทั้งหมด ไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ $50^\circ C$ นาน 24 ชั่วโมง

2.7 สังเกตลักษณะฟิล์มที่เตรียมได้และเลือกฟิล์มที่เหมาะสมนำไปทดสอบการเคลือบผิวผลไม้ต่อไป

3. การทดสอบ

3.1 การเคลือบผิวมะเขือเทศ

3.1.1 เลือกฟิล์มที่มีลักษณะตามที่ต้องการนำมาใช้ ในการเคลือบผิวผลไม้ โดยเตรียมสารละลายตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.

3.1.2 นำมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่มีผลลักษณะสีแดง ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง คัดเลือกมะเขือเทศที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีแผลตำหนิ และแบ่งมะเขือเทศที่ผ่านการคัดเป็น 4 ชุด เพื่อใช้ในการทดสอบ นำสารละลายทุกแต่ละความเข้มข้น มาเคลือบผิวมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่เตรียมไว้ โดยใช้ฟองน้ำทาให้ทั่ว แล้วผึ่งให้แห้ง ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส

3.1.3 บันทึกผลการทดลองโดยทำการสุ่มตรวจการทดลองทุก ๆ 5 วัน ตลอดระยะเวลาการเก็บ

รักษา 40 วัน โดยการทดสอบ ดังต่อไปนี้ (1) อัตราการสูญเสียน้ำหนัก ทำการชั่งน้ำหนักมะเขือเทศพันธุ์โทมัสทุกชุดการทดลอง โดยการสุ่มวัด ชุดการทดลองละ 15 ผล (2) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids, TSS) โดยนำมามะเขือเทศพันธุ์โทมัส ในแต่ละชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ผล บั่นด้วยเครื่องบั่น แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้นจนได้น้ำมะเขือเทศสีแดง นำน้ำคั้นที่ได้วัดปริมาณ TSS โดยใช้เครื่อง hand refractometer อ่านค่าที่ได้เป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) (3) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity: TA) นำน้ำคั้นมะเขือเทศสีแดงพันธุ์โทมัสที่ได้จาก ข้อ (2). ปริมาตร 5 mL มาทำการไทเทรต ด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1 M โดยใช้สารละลาย phenolphthalein 1 % เป็นสารอินดิเคเตอร์ นำปริมาตรของ NaOH ใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์ TA จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ TA} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH (0.1 N)} \times \text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)} \times 0.064 \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้นมะเขือเทศ (มิลลิลิตร)}}$$

(4). ค่าพีเอช (pH) นำน้ำคั้นที่ได้จากข้อ (2). มาวัดด้วยเครื่อง pH meter (5). สีผิวของมะเขือเทศพันธุ์โทมัส (5.1). นำมะเขือเทศในแต่ละชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ผลมาถ่ายรูปโดยกล้องถ่ายรูป บนแท่นที่ใช้ถ่ายรูป วางผลมะเขือเทศเรียงกันให้บริเวณหัวผลอยู่ด้านบน (5.2). นำรูปถ่ายที่ได้มาลงคอมพิวเตอร์ เข้าโปรแกรม Adobe Photoshop CS3 วิเคราะห์ค่า a^* โดยทำการวิเคราะห์ 3 จุด คือ ด้านหัวของผล กลางผล และหัวผล โดยค่า a^* คือค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อค่า a^* มีค่า เป็นบวก จะแสดงลักษณะสีแดงและเมื่อค่าเป็นลบ จะแสดงลักษณะสีเขียว โดยที่เมื่อค่าห่างจากศูนย์มาก แสดงถึงค่าสีแดงหรือสีเขียวมากขึ้น (6). ความแน่นเนื้อ (Firmness) ใช้เครื่อง firmness tester กดลงบนเนื้อผล บริเวณกลางผลลึก 0.30 cm. ค่าที่วัดได้อยู่ในหน่วยของนิวตัน โดยตั้งแต่ข้อ (1).- (6). ได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design: CRD และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Least significant difference (LSD) ที่ความเชื่อมั่น 95 % (7). การประเมินการยอมรับคุณภาพด้านรสชาติอย่างง่าย

ประเมินคุณภาพด้านรสชาติของผู้บริโภค โดยใช้ผู้ทดสอบ 5 คน (8). การยอมรับคุณภาพโดยการประเมินภายนอกอย่างง่าย ประเมินคุณภาพภายนอกของผลมะเขือเทศโดยใช้ผู้ทดสอบ 5 คน (9). การยอมรับคุณภาพโดยรวมอย่างง่าย ประเมินการยอมรับคุณภาพโดยรวมของผู้บริโภค (9-Point Hedonic Scale Test) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน

ผลการวิจัย

1. การสกัดผงบุก จากการนำบุกตัวอย่างพันธุ์ *A. krausei* Engl. ที่นำมาจาก อ.พรวัว จ.เชียงใหม่ โดยการนำบุกมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล 95 % เป็นวิธีการสกัดแบบเปียก หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C บั่นให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 Mesh ผลการทดลอง พบว่าผงบุกที่ได้มีลักษณะสีขาวละเอียด ดังแสดงได้ในรูปที่ 1 และมีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 16.0 และทดลองหาองค์ประกอบทางเคมีในผงบุกที่สกัดได้ มีดังต่อไปนี้



ตัวอย่าง	ความชื้น	เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยโดยน้ำหนักแห้งของผงบุก				
		ไขมัน	โปรตีน	เส้นใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
ผงบุกสกัดด้วยเอทานอล 95%	9.14	0.06	3.11	0.79	1.00	95.04

ซึ่งนำไปใช้ต่อในงานวิจัยในครั้งนี้ หลังจากนั้นนำผงบุกที่ได้ไปตรวจวัด functional groups ด้วยเทคนิค Infrared (IR) Spectroscopy พบว่า สเปกตรัมได้ดังรูปที่ 2B

เทียบกับสเปกตรัมของกลูโคแมนแนมาตรฐานดังรูปที่ 2A



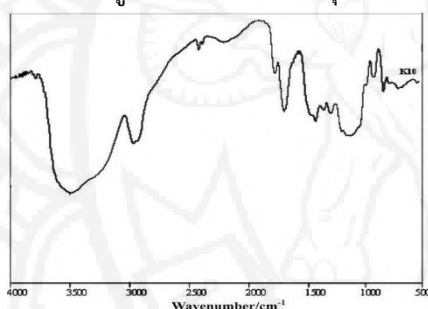
A



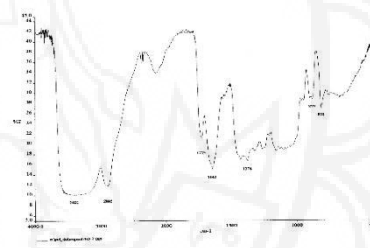
B

รูปที่ 1 A ลักษณะหัวบุกที่ใช้ศึกษา

B ลักษณะผงบุกที่สกัดได้จากหัวบุก



รูปที่ 2 A ลักษณะสเปกตรัมของกลูโคแมนแนมาตรฐาน



B ลักษณะสเปกตรัมของกลูโคแมนที่ได้จากการทดสอบ

จากรูปที่ 2A ช่วงคลื่นของกลูโคแมนแนจะอยู่ในช่วง $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ แมนโนสในกลูโคแมนแนจะดูดกลืนในช่วงคลื่น 807 และ 892 โดยมีการยืดของหมู่เมทิล ที่ 2898 และ 2925 cm^{-1} และหมู่คาบอนิลที่ 1727 cm^{-1} (B, Li., et al., 2005) จากรูปที่ 2B ช่วงคลื่นของกลูโคแมนแนอยู่ในช่วง $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ แมนโนสในกลูโคแมนแนดูดกลืนในช่วงคลื่น 809 และ 879 cm^{-1} โดยมีการยืดของหมู่เมทิล ที่ 2885 และ 2925 cm^{-1} และหมู่คาบอนิลที่ 1725 cm^{-1} สรุปได้ว่า ผงบุกที่สกัดได้นั้นมีกลูโคแมนแนเป็นองค์ประกอบ

2. ผลการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากผงบุก จากเตรียมแผ่นฟิล์มจากสารละลายบุกเข้มข้น $1.00\% \text{ w/v}$ นำไปทดสอบด้วยการไม่ปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง,

ปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง และจากสารละลายบุกเข้มข้น 1.00% ที่เติมกลีเซอรอล $0.3\% \text{ v/v}$ นำไปทดสอบการไม่ปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูง, ปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูงแล้วนำไปขึ้นรูปฟิล์มและนำฟิล์มที่ได้ในแต่ละสภาวะไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าการขึ้นรูปฟิล์มจากผงบุกที่สกัดได้ มีลักษณะแตกต่างกัน แต่สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่เตรียมฟิล์ม คือ สารละลายบุกเข้มข้น $1.00\% \text{ w/v}$ ที่เติมกลีเซอรอล $0.3\% \text{ v/v}$ เพื่อช่วยให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น ส่วนการวิเคราะห์หาว่าในผงบุกมีการเตรียมฟิล์มได้เฉลี่ยร้อยละ 61.99 ของน้ำหนักสารละลายเริ่มต้น

2.1 ผลของสารเคลือบผิวจากผงบุก ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ของมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่มีความเข้มข้น 1.00%, 1.15% ,1.30% w/v และ ไม่เคลือบผิว ต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มีแนวโน้มลดลง และมีค่าใกล้เคียงกัน ในวันสุดท้ายของการทดลอง คือ วันที่ 40 พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 4.0 องศาบริกซ์ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นไป ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้แต่ละชุดการทดลองมีค่าลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.33–4.00 องศาบริกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3

2.2 ผลของสารเคลือบผิวจากผงบุกต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ผล

มะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่มีความเข้มข้น 3 ความเข้มข้น และไม่เคลือบผิว ต่อปริมาณที่ไทเทรตได้ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นวันที่ 15 ของการเก็บรักษาที่พบความแตกต่างกัน โดยที่ระดับความเข้มข้น 1.30% w/v มีค่าเท่ากับ 0.31 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่มีความเข้มข้น 1.15%, 1.00% w/v และมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิว มีค่าเท่ากับ 0.30, 0.29 และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นพบว่าปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษานานขึ้นไปปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้แต่ละชุดการทดลองมีค่าลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.22–0.34 เปอร์เซ็นต์ดังแสดง รูปที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงผลการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจากผงบุกที่สกัดได้จากสารละลายที่แตกต่างกัน

วิธีการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม	ลักษณะทางกายภาพ	ภาพแสดงลักษณะแผ่นฟิล์ม
ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายบุกเข้มข้น 1.00% w/v และ ไม่เติมกลีเซอรอล และไม่ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง	ฟิล์มมีสีขาวขุ่น และแข็งเปราะ และมีเศษของผงบุก	
ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายบุกเข้มข้น 1.00% w/v และ ไม่เติมกลีเซอรอลและปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง	ฟิล์มมีสีขาวขุ่น และแข็งเปราะ	
ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายบุกเข้มข้น 1.00% w/v และที่เติมกลีเซอรอล 0.3 v/v และ ไม่ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง	ฟิล์มมีสีขาวขุ่น มีความยืดหยุ่นเล็กน้อย และมีเศษของผงบุก	
ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายบุกเข้มข้น 1.00% w/v และที่เติมกลีเซอรอล 0.3 v/v และ ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง	ฟิล์มมีสีขาวขุ่น และมีความยืดหยุ่นเล็กน้อย	

2.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 0 ผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิวและ

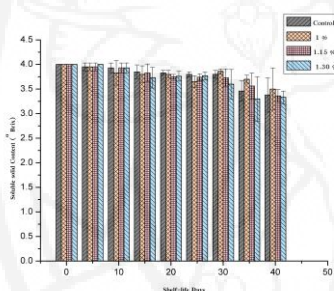
ผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่มีความเข้มข้น 1.00%, 1.15%, 1.30% w/v มีค่า pH



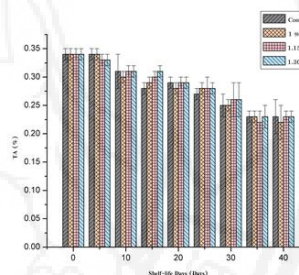
เท่ากับ 4.21 ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 40 วัน ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ผลมะเขือเทศมีค่า pH เท่ากับ 4.67, 4.68, 4.74 และ 4.74 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลมะเขือเทศที่ผ่านการเคลือบผิวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน มีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.21–4.74 ดังแสดงในรูปที่ 5

2.4 ผลของสารเคลือบผิวจากผงบุกต่อค่าสีของผิวมะเขือเทศพันธุ์ โทมัส ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ค่า a ของสีผิวมะเขือเทศ เมื่อค่า a^* เป็นบวก สีจะอยู่ในช่วงสีแดง หากเป็นลบสีจะอยู่ในช่วงสีเขียว ในทุกชุดการทดลอง ค่า a^* ที่วัดได้มีค่าเป็นบวกและมีค่าอยู่ในช่วง 32.111–65.556 โดยเฉพาะในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา คือวันที่ 40 จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ

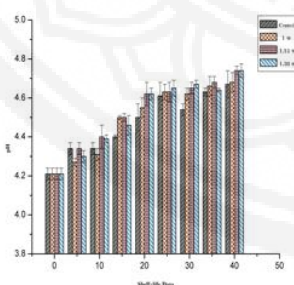
ความเข้มข้น 1.15 %w/v มีค่า a^* น้อยที่สุด คือ 62.00 ถัดไปคือ ความเข้มข้นที่ 1.00% w/v ชุดมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิว และความเข้มข้นที่ 1.30% w/v โดยมีค่า 64.88, 65.44, 65.55 ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* สัมพันธ์กับวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ชุดการทดลองที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.30% w/v มีการเพิ่มขึ้นของค่า a^* มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ชุดที่ไม่ได้เคลือบผิว ชุดที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00% w/v และ 1.15% w/v ตามลำดับ บ่งชี้ว่าสีผิวของมะเขือเทศเปลี่ยนแปลงไปมากตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น และอยู่ในช่วงสีแดง อันเนื่องมาจากคลอโรฟิลล์ เริ่มมีการเสื่อมสภาพลงส่งผลให้แคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีส้ม มีความเด่นชัดมากขึ้น (Siripanich, 2006) ดังแสดงในรูปที่ 6



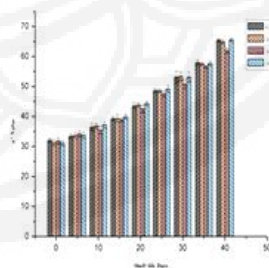
รูปที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



รูปที่ 4 ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



รูปที่ 5 pH ของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



รูปที่ 6 ค่า a^* value ของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00 %, 1.15% และ 1.30% w/v

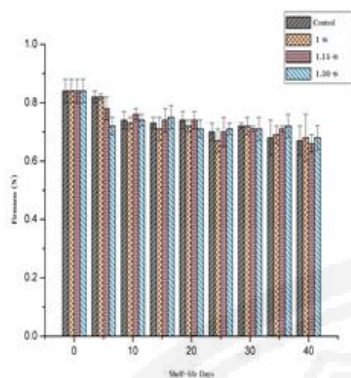
2.5 ผลของสารเคลือบผิวจากผงบุกต่อความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15%, 1.30% w/v และ ไม่เคลือบผิว ต่อความแน่นเนื้อ พบว่าความแน่นเนื้อในแต่ละชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา โดยความแน่นเนื้อในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.84 N เมื่อเก็บรักษาผ่านไปพบว่าความแน่นเนื้อแต่ละชุดการทดลองมีค่าลดลง และยังมีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.66–0.84 N ดังแสดงในรูปที่ 7

2.6 คุณภาพด้านรสชาติ มะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียสในวันเริ่มต้นได้รับคะแนนคุณภาพด้านรสชาติของมะเขือเทศจากผู้ประเมินการชิมทั้งหมด 5 ท่าน มีค่าเท่ากับ 5 คะแนน คือ มีรสชาติดีมากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น พบว่ารสชาติของมะเขือเทศในทุกชุดการทดลอง มีคะแนนด้านรสชาติต่ำลง โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา คือ วันที่ 40 พบว่า คะแนนของชุดมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v มีคะแนนมากที่สุด เท่ากับ 2 คะแนน ชุดมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00% w/v, มะเขือเทศในชุดควบคุม และมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.30% w/v มีค่าเท่ากับ 1 คะแนนเท่ากัน ดังแสดงได้ในรูปที่ 8

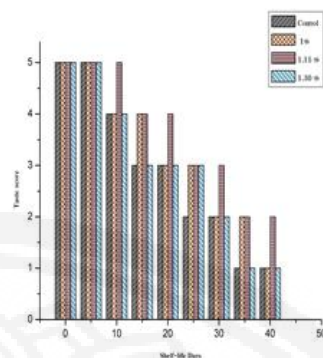
2.7 การยอมรับสภาพภายนอกของผลมะเขือเทศ มะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ในวันเริ่มต้นคะแนนการยอมรับสภาพภายนอกของมะเขือเทศจากผู้ประเมินทั้งหมด 5 ท่าน มีค่าเท่ากับ 5 คะแนน คือ มีผลปกติ (เพิ่งเก็บจากต้น) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบว่าสภาพภายนอกของมะเขือเทศใน

ทุกชุดการทดลอง มีคะแนนการยอมรับสภาพภายนอกของผลต่ำลง โดยในวันที่ 25 ของการเก็บรักษาชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 2 คะแนน คือ มีผลเริ่มเหี่ยวปานกลาง ซึ่งเริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ประเมิน แต่ในชุดที่เคลือบผิวทั้งสามชุดยังมีคุณภาพในด้านรสชาติมากกว่า 3 ซึ่งอยู่ในช่วงผลเหี่ยวบริเวณหัวผลหรือรอบ ๆ หัวผล (เริ่มไม่ยอมรับ) แต่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา คือ วันที่ 40 พบว่าคะแนนของชุดมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v มีคะแนนมากที่สุด เท่ากับ 2 คะแนน ชุดมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00% w/v, มะเขือเทศในชุดควบคุมและมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.30% w/v มีค่าเท่ากับ 1 คะแนน เท่ากันทุกชุดการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9

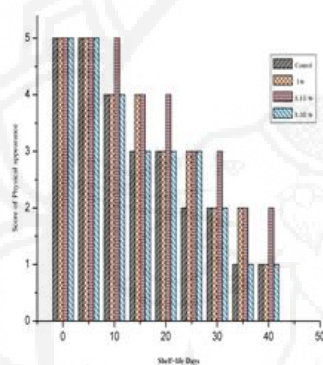
2.8 ประเมินการยอมรับคุณภาพโดยรวม มะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ได้คะแนนการยอมรับคุณภาพโดยรวมจากผู้ประเมินการชิมทั้งหมด 5 ท่าน ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 9 คะแนนคือชอบมากที่สุด หลังจากเก็บรักษาครบ 40 วันแล้วพบว่ามะเขือเทศเคลือบที่ด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v มีคะแนนการยอมรับคุณภาพโดยรวมมากที่สุด เท่ากับ 4 คะแนน ซึ่งอยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อย รองลงมาคือมะเขือเทศเคลือบที่ด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00% w/v มีค่าเท่ากับ 3 คะแนน และมะเขือเทศเคลือบที่ด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.30% w/v และมะเขือเทศที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 คะแนนเท่ากัน ซึ่งถือว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับคุณภาพแล้วดังแสดงในรูปที่ 10 ผลการวิจัยสามารถแสดงรูปมะเขือเทศพันธุ์โทมัสจากสว่นและรูปมะเขือเทศที่ทำการชุบเคลือบที่ความเข้มข้นของสารละลายบุกที่แตกต่างกัน ณ เวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ได้ดังรูปที่ 11–20



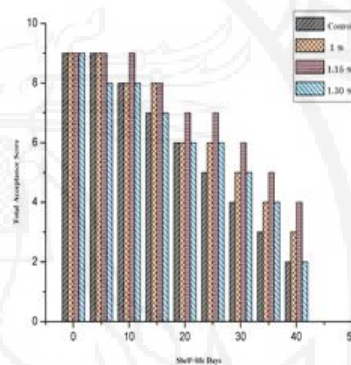
รูปที่ 7 ค่าความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



รูปที่ 8 คุณภาพด้านรสชาติของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



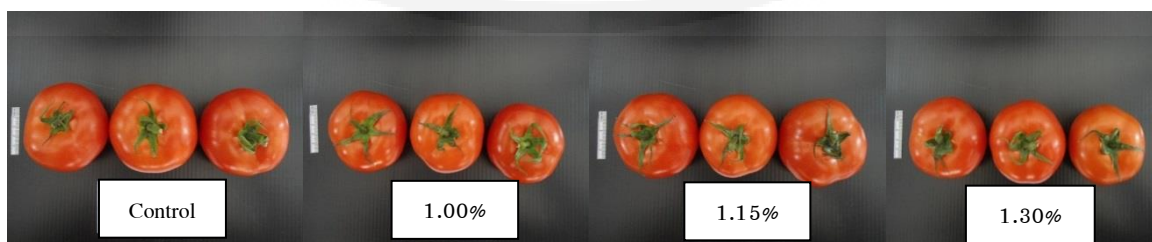
รูปที่ 9 การยอมรับคุณภาพภายนอกของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



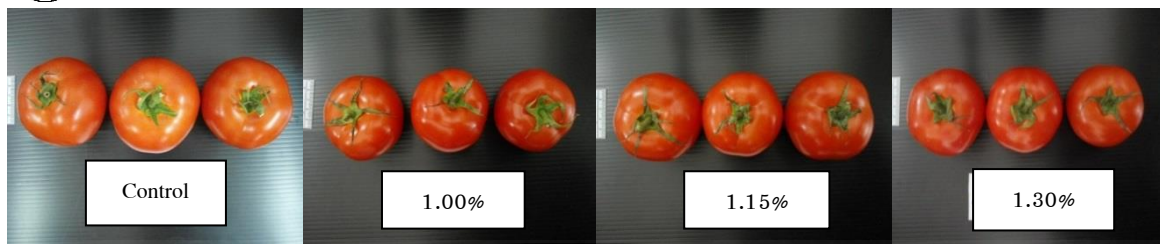
รูปที่ 10 การยอมรับคุณภาพโดยรวมของผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15% และ 1.30% w/v



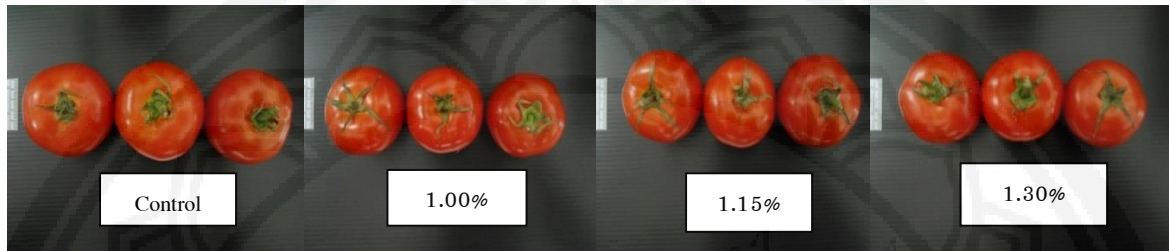
รูปที่ 11 รูปภาพของมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่นำมาใช้ในการวิจัย



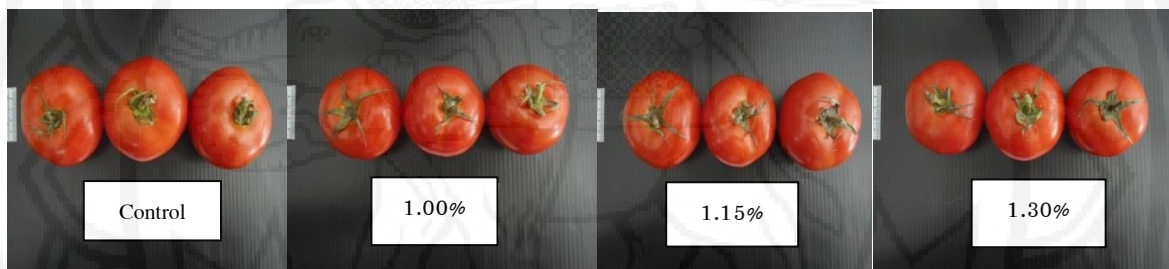
รูปที่ 12 วันที่ 0 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



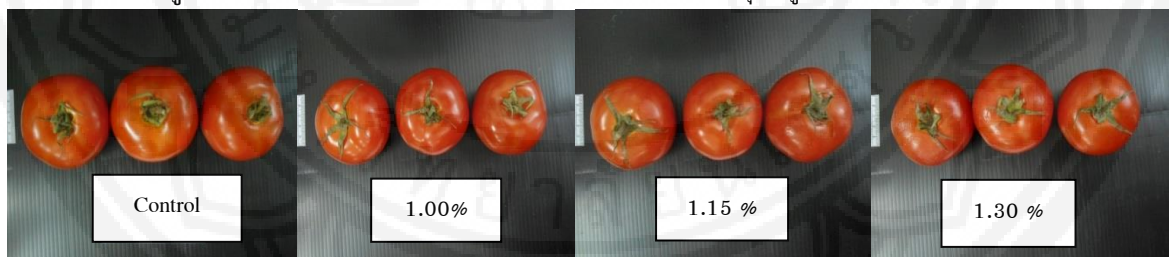
รูปที่ 13 วันที่ 5 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



รูปที่ 14 วันที่ 10 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



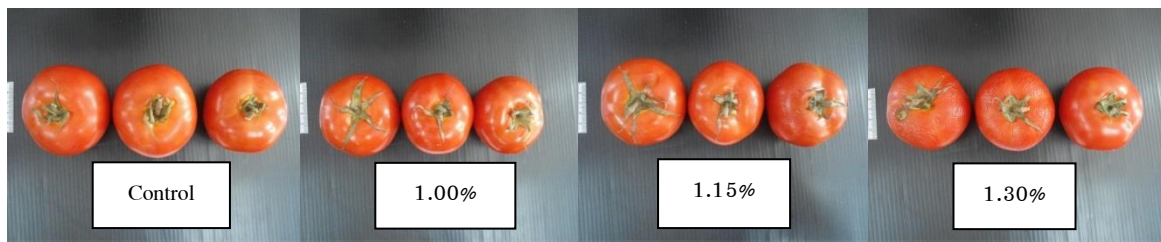
รูปที่ 15 วันที่ 15 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



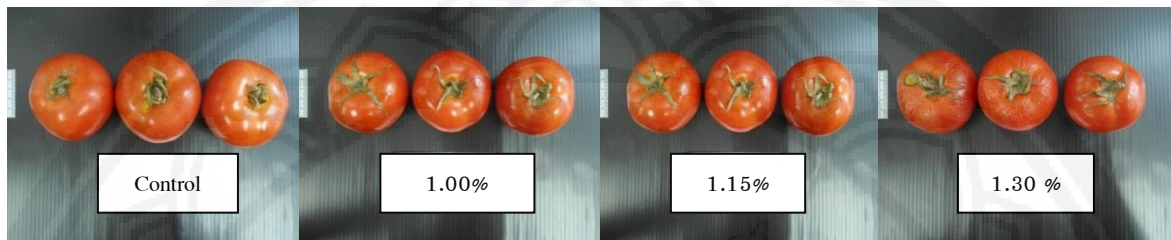
รูปที่ 16 วันที่ 20 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



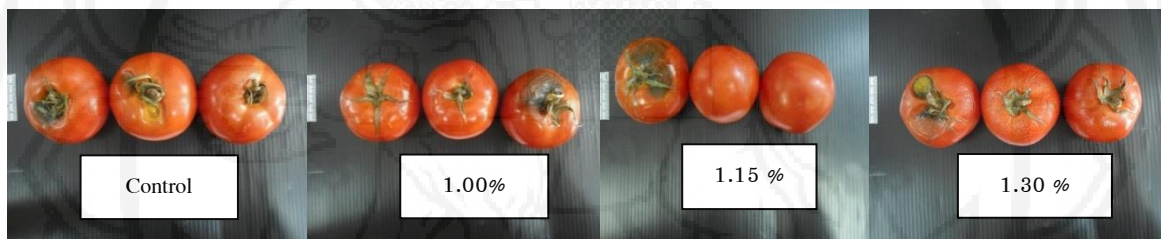
รูปที่ 17 วันที่ 25 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



รูปที่ 18 วันที่ 30 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



รูปที่ 19 วันที่ 35 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส



รูปที่ 20 วันที่ 40 ของการเก็บรักษาผลมะเขือเทศที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส

สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองครั้งนี้ใช้วิธีการสกัดผงบุกแบบเปียก ซึ่งใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เข้มข้น 200 mg/L ละลายในสารละลายเอทานอล 95 % ในการสกัด และผงบุกที่สกัดได้มีลักษณะสีขาวละเอียด และจากการนำผงบุกที่สกัดได้นำไปหาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ถั่วเส้นใย คาร์โบไฮเดรต

2. จากนั้นนำไปทดสอบการขึ้นรูปฟิล์ม จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์ม ที่มีลักษณะสีขาวขุ่น แข็ง และมีเศษผงบุกที่ละลายที่ไม่หมดเหลืออยู่ แล้วนำไปเติมกลีเซอรอล 0.3 % ลงไปในขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม และนำสารละลายบุกที่ได้นำไปผ่านการหมุนเหวี่ยง

ความเร็วสูงเพื่อให้ฟิล์มที่ได้มีลักษณะ สีขาวขุ่น เหนียวยืดหยุ่น และไม่มีเศษผงบุกที่เหลือ

3. การศึกษาผลของสารเคลือบผิวจากผงบุกที่ระดับความเข้มข้น 1.00%, 1.15%, 1.30% w/v ใช้เคลือบมะเขือเทศพันธุ์โทมัส โดยเป็นการเคลือบของขนาดผลมะเขือเทศที่มีขนาดใหญ่และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิว พบว่า อัตราการสูญเสียน้ำหนักในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามอัตราการสูญเสียน้ำหนักแต่ละชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนที่ความเข้มข้น 1.30% มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักในวันสุดท้ายมากที่สุด

รองลงมาคือมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิว มะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00% และ 1.15% ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อนำผงบุกที่สกัดได้มาทดสอบการเคลือบผิวมะเขือเทศพบว่าสามารถใช้ในการยืดอายุในการเก็บรักษามะเขือเทศได้ ส่วนผลมะเขือเทศพันธุ์โทมัสที่ผ่านเคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวช้ากว่าผลที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และค่าความหนืดของผลมะเขือเทศ ซึ่งเมื่อเก็บรักษาผลมะเขือเทศไว้นานขึ้น ค่า pH จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลง ในส่วนคะแนนด้านการยอมรับคุณภาพด้านรสชาติ ลักษณะที่ปรากฏภายนอกและการประเมินคุณภาพโดยรวม พบว่าผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v มีการยอมรับมากกว่าทุกชุดของการทดลอง ซึ่งในการเลือกสารเคลือบผิวที่เหมาะสม ควรต้องคำนึงถึงการยอมรับคุณภาพในด้านต่างๆ และค่าใช้จ่ายในการผลิตสารเคลือบผิวด้วย ดังนั้นการเลือกใช้สารละลายบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v เป็นสารเคลือบ จึงน่าจะเป็นแนวทางที่เลือกนำมาใช้ในการเก็บรักษาคุณภาพของมะเขือเทศพันธุ์โทมัส ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 ± 3 องศาเซลเซียส ได้ดีที่สุด

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การวิจัยในครั้งนี้ใช้วิธีการสกัดผงบุกแบบเปียก โดยเลือกจากบุกที่สามารถรับประทานได้ (Ekthamasut & Akesowan, 2000) ตามการศึกษาจากงานวิจัยของ Hongkulsub (2006) ประกอบในการสกัดแบบเย็นและจากการสกัด พบว่า ในผงบุกที่สกัดได้ มีโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ที่ตกค้างในผงบุกอยู่ประมาณ 300 mg/Kg ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ในฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) กำหนดไว้ที่ 2000 mg/Kg ในอาหารแห้ง

2. จากนั้นนำผงบุกที่สกัดได้นำไปทางค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต ซึ่งผลการทดสอบพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของผงบุกที่สกัดได้มีความใกล้เคียงกับองค์ประกอบทางเคมีของผงบุก ที่ Dechpatraraporn (1991) ได้ศึกษาไว้ แสดงว่าในผงบุกมีสารสกัดได้ที่สำคัญอยู่จริง คือ สารกลูโคแมนแนน

3. เมื่อนำฟิล์มที่ผลิตได้ ไปทำการเคลือบผลมะเขือเทศ โดยพิจารณาเลือกมะเขือเทศจากงานวิจัยของ Kanjanapisut (1998) พบว่าเมื่อเคลือบผลมะเขือเทศหลายครั้ง ทำให้การสูญเสียน้ำหนักของผลมะเขือเทศลดลง ดังการศึกษาเปรียบเทียบการเคลือบผิวผลไม้ของ Chiewchan, Prabmontri, and Khurnpoon. (2011); Hungsapruk (2011) และ Wongnimitrakul (2008) แต่อย่างไรก็ตามการใช้การเคลือบผิวที่หนาเกินไปอาจทำให้ ผลไม้สุกและมีอาการผิวดกปูดขึ้นได้ (Siripanich, 2006) สอดคล้องกับ Katesa (1985) ได้กล่าวไว้ว่าการเคลือบผิวผลิตผลบางชนิดหลังการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลได้ ส่งผลให้ผลิตผลที่ผ่านการเคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักน้อยลง แต่จากผลการวิจัย พบว่า มะเขือเทศที่ผ่านการเคลือบผิว ยังคงมีการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากสารเคลือบผิวที่เคลือบให้แก่วัตถุผลิตผลไม่ได้เป็นฟิล์มปกคลุมผลิตผลอย่างแท้จริง โดยมักมีรอยแตกหรือรอยแยกซึ่งเป็นช่องทางให้น้ำเล็ดลอดออกมาได้ (Siripanich, 2006) สอดคล้องกับ Suppawananusorn (2006) ได้ทำการศึกษาผลของไคโตซาน ต่อคุณภาพของผลส้มเขียวหวาน พันธุ์สายน้ำผึ้ง เมื่อเทียบกับสารเคลือบผิวทางการค้า แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบผิวจากไคโตซานไม่สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ เมื่อเทียบกับการใช้สารเคลือบผิวทางการค้า ในการเก็บรักษาช่วง 6 วันแรก เช่นเดียวกัน และสารละลายจากผงบุกที่เตรียมได้อาจมีโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้ไม่สามารถปิดรอยเปิดตามธรรมชาติได้ทั่วทั้งผลมะเขือเทศ จึงทำให้มีช่องว่างทำให้ส่วนที่ไม่โดนสารเคลือบผิวมีโอกาสสัมผัสกับอากาศได้มากกว่า หรือเกิดจากเทคนิคในการเคลือบผิวมะเขือเทศ กล่าวคือ ใช้ฟองน้ำชุบน้ำไม่ทั่วทั้งผลมะเขือเทศ ทำให้สารเคลือบผิวไม่สามารถเคลือบได้ทั่วทั้งผล จากสาเหตุที่กล่าวมาอาจทำให้เกิดการคายน้ำได้มาก ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น (Wongnimitrakul, 2008).



ส่วนการเปลี่ยนแปลงทางด้านองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และค่า pH พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ทั้งชุดที่เคลือบผิวและไม่ได้เคลือบผิว ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เนื่องจาก ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของมะเขือเทศชุดควบคุมและมะเขือเทศที่เคลือบผิว มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา โดยปกติแล้วผลผลิตที่มีการหายใจตลอดเวลา จะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน ทำให้ปริมาณน้ำตาลลดน้อยลง แต่การลดลงของน้ำตาลเนื่องจากการหายใจนี้ นับว่าต่ำมากเมื่อเทียบกับการสูญเสีย น้ำ หรือการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปร่างต่าง ๆ (Siripanich, 2006) สอดคล้องกับ Kader et al. (1985) ที่รายงานว่าสารเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมด ส่วน Han, Zhao, Leonard, and Traber (2004) พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน และสตรอเบอรี่ที่ไม่ได้เคลือบผิวที่อุณหภูมิการเก็บ 4 องศาเซลเซียส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสีย น้ำไปในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Kateprasert (2004) ที่ศึกษาการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ด้วย Carnauba ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุที่เก็บรักษา เช่นเดียวกับ Tachibana and Yahata (2001) ที่งานวิจัยพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำจะเพิ่มขึ้นและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง หลังการเก็บเกี่ยวของผลผลิต นอกจากนี้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ของผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิว และผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุก มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Suppawananusorn

(2006) ที่ได้ทำการศึกษาไว้ ว่าการที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ของผลมะเขือเทศลดลง เนื่องจากกรดถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ หรือกรดถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล หรือใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่าง ๆ (Siripanich, 2006) อีกทั้งผลไม้ส่วนใหญ่ เมื่อยังอ่อนอยู่ จะมีปริมาณกรดอินทรีย์ค่อนข้างสูง แต่หลังจากผลไม้เริ่มสุก ปริมาณกรดมักลดลงในทางตรงข้าม ระหว่างการเก็บรักษาผลไม้หลายชนิด อาจพบว่ามีปริมาณกรดเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำปานกลาง คือที่ประมาณ 10-20 องศาเซลเซียส เนื่องจากสภาพที่อุณหภูมิต่ำลง กิจกรรมของเอนไซม์บางอย่างในกระบวนการหายใจ โดยเฉพาะในวัฏจักร Krebs เปลี่ยนแปลงไปจนทำให้เกิดการสะสมกรดอินทรีย์ขึ้น (Siripanich, 2006) นอกจากนี้ การที่ pH เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลไม้จะมีการหายใจเพิ่มมากขึ้น ขั้นตอนของกระบวนการหายใจจะประกอบด้วยโมเลกุลของกรดชนิดต่าง ๆ กรดอินทรีย์ต่างในผลไม้เช่น citric acid, malic acid จะเป็นโมเลกุลสารตั้งต้น (substrate) ที่สำคัญในวัฏจักร Kreb ของกระบวนการหายใจ ดังนั้นเมื่อผลไม้สุก ปริมาณกรดในผลไม้จะลดลง มีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นด้วย (Seymour, Taylor, & Tucker, 1993)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% มีการพัฒนา สีผิวของผลช้ากว่าชุดการทดลองอื่น เมื่อพิจารณาจากค่า a^* พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเคลือบผิว จะจำกัดการแลกเปลี่ยนแก๊สภายในและภายนอกผลผลิต ทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Baldwin, 1994; Krochta et al., 1994) ปริมาณออกซิเจนภายในผลลดลง เนื่องจากการหายใจมีผลต่อการสังเคราะห์เอทิลีน ที่เป็นตัวกระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ สอดคล้องกับ Boontavee (2001) ที่พบว่า การเคลือบผิวมะนาวด้วยไคโตซาน สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับ การวิจัยในกล้วยหอมพันธุ์คาเวนดิช ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ที่ความเข้มข้น 1.5 และ 2.0% w/v สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดี (Srita, 1999) และเนื่องจากสารที่ใช้เคลือบผิวเพื่อป้องกันการเข้าออก ของแก๊ส มีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์



มากขึ้น ซึ่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถชะลอการสุกของผลไม้โดยยับยั้งการทำงาน และการสร้างของเอทิลีน (Katesa, 1985) ทั้งนี้เมื่อผลไม้เริ่มสุก ความแน่นเนื้อจะลดลง สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงแป้งเป็นน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผล ส่วนการอ่อนนุ่มของผลไม้ในระยะสุกนี้ มีสาเหตุเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภายในผนังเซลล์ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเสื่อมสลายของตัวผนังเซลล์เอง หรือของสารที่เชื่อมผนังเซลล์เข้าด้วยกันโดยเฉพาะบริเวณของ middle lamella (Siripanich, 2006) แต่จากการวิจัยพบว่า ความแน่นเนื้อของผลมะเขือเทศที่เคลือบผิว ด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.00%, 1.15%, 1.30% w/v และไม่เคลือบผิว พบว่าความแน่นเนื้อในแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับ Antmann et al. (2008) ที่มีการประเมินคุณภาพทางด้านรสชาติ และลักษณะภายนอกที่ปรากฏ พบว่า ผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิวมีระดับคะแนนต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้นต่างๆ ก็มีรสชาติและลักษณะภายนอกที่ปรากฏไม่เป็นที่ยอมรับมากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารเคลือบผิวไปจำกัดการแลกเปลี่ยนของแก๊สทำให้มีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในผลสูง (Siripanich, 2006; Boonyakiet, 1994) ปริมาณของเอทานอลเพิ่มขึ้นส่งผลให้มะเขือเทศมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ ความเข้มข้นของสารเคลือบผิวที่เพิ่มขึ้นช่วยลดการสูญเสียน้ำได้แต่ส่งผลให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลมีน้อย เนื่องจากการเคลือบผิวจะไปปิดรูตามธรรมชาติบนผิวของมะเขือเทศทำให้การแลกเปลี่ยนแก๊สและไอน้ำลดน้อยลง

ในการประเมินคุณภาพโดยรวม ของผลมะเขือเทศพบว่า ในทุกการประเมิน ผลมะเขือเทศที่เคลือบด้วยสารละลายจากผงบุกที่ความเข้มข้น 1.15% w/v มีระดับสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผลที่ไม่ได้เคลือบผิวมีระดับคะแนนต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากการสูญเสียของผลมะเขือเทศหลังการเก็บเกี่ยว เป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะเก็บรักษาซึ่งนอกจาก จะทำให้

น้ำหนักที่ขายได้หายไปแล้ว ยังทำให้เกิดการเหี่ยวหรือหตุตัว จนกระทั่งขายไม่ได้ราคา (Siripanich, 2006) ในผลการทดลองผลมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบผิวมีลักษณะปรากฏที่เริ่มผิดปกติชัดเจนคือผลมะเขือเทศเริ่มแสดงอาการเหี่ยว ในขณะที่ผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวยังอยู่ในสภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Amarante, C., Bank, N. H., & Ganesh, S. (2001). Effects of coating concentration, ripening stage, water status and temperature on pear susceptibility to friction discolorations. *Postharvest Biology and Technology*, 21, 283–290.
- Auntariganon, P. (2000). *Hydroponics. Newsletters Sci*, 3(2), 14–15.
- Baldwin, E. A. (1994). Edible coatings from lipids and resins. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & H. Nispeeros-Carriedd (Eds.), *Edible Coatings and Films to improve Food Quality* (2nd ed., pp. 279–313). USA: CRC Press LLC.
- Boontavee, S. (2001). *The effect of thermal, Sodium Chloride and Chitosan to quality and the storage-life of lime*. (Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok.
- Boonyakiet, D. (1994). *The practice in vegetables and fruits post-harvest*. Bangkok: O.S. Printings House.



- Cheng, L. H., Karim, A. A., Noziah, M. H., & Seow, C. C. (2002). Modification of the microstructural and physical properties of konjac glucomannan-based films by alkali and sodium carboxymethylcellulose. *Food Research international*, 35, 829–836.
- Chiewchan, C., Prabmontri, S., & Khurnpoon. L. (2011). Effect of Chitosan Coatings on Quality and Storage life of 'Seeda' Tomato fruit. *Agricultural Sci. J.*, 42:1(Suppl.), 220–223.
- Dechpatraporn, P. (1991). *The extraction of konjac powder from konjac bulb and gel product preparation*. (Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok.
- Ekthamasut, K., & Akesowan, A. (2000). Edible konjac flour films: preparation, properties and Applications. *Thai National AGRIS centre*, 30(1), 44–51.
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., & Traber, M. G. (2004). Edible coating to improve stability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x Ananassa*) and raspberries (*Rubusideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67–78.
- Hongkulsub, C. (2006). *Production of konjac powder using combination of wet process extraction and spray drying and application on extending shelf life of 'Tubtim Jun' java apple (Eugenia jumbos)*. Bangkok: Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- Hungsapruk, T. (2001). *The development of an edible konjac flour films and the applications, Gel*. (Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok.
- Kader, A. A., Kasmire, R. F., Mitchell, F. G., Reld, M. S., Sommer, N. F., & Thomson, J. F. (1985). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. California: University of California.
- Kanjanapisut, K. (1998). *Tomatoes*. Nontaburi: Than kasetakhum press.
- Kateprasert, M., & Kateprasert, O. (1998). *Konjac, New Industrial plant, From the forest to Plantation, The Production of Konjac with the complete industrial circle*. Bangkok: Academic publication. Royal Botanical and weeds section Department of Agriculture.
- Kateprasert, M. (2004). *Konjac and the applications in Thailand*. Bangkok: Department of Agriculture.
- Katesa, S. (1985). The Controlling of Fruit Ripening by Genetic Engineering method. *Postharvest Horticultural Newsletter (Thailand)*, 5(3–4), 7–8.
- Postharvest Technology Innovation Center. (2003). *The Utility of Chitosan from aquatic animals' shell for spraying coating in extending the fresh of fruits*. Chiangmai University. Retrieved from <http://www.phtnet.org/>
- Rodprasert, S. (2004). What is the Utility of fruit coatings?. *Department of Science Service. Ministry of Science and Technology*. 62(196), 41–43.
- Seymour, G. B., Taylor, J. E., & Tucker, G. A. (1993). *Biochemistry of Fruit Ripening*. London: Chapman & Halls.



Siripanich, J. (2006). *Postharvest biology and plant senescence* (2nd ed.). Bangkok: Kasetsart University Press.

Srita, S. (1999). *Effect of Chitosan Coating on Delayed Ripening of Cavendish Banana*. (Master's thesis). King Mongkut's University of Technology, Bangkok.

Suppawananusorn, P. (2006). *Chitosan Coating Effects on Postharvest Quality of Tangerine Fruit cv. Sai Nam Pung*. (Master's thesis). Chiang Mai University, Chiangmai.

Tachibana, S., & Yahata, S. (2001). Relationships between percentage leaf nitrogen and fruit quality of Satsuma Mandarin before and after storage. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, 70(2), 226–228.

Wongnimitrakul, N. (2008). *The production of edible films from Konjac powder mixed with clove oil to extend storage life of tomatoes*. Bangkok: Department of food technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.