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

การใช้สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้กับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค

Use of Edible Coating Agents on Ready-to-Eat Fresh-Cut Pineapple

ณัฐพงษ์ มุงเมือง, ธีระพล เสนพันธุ์ และ วิจิตรา แดงปรก*

Natthaphong Mungmuang, Theeraphol Senphan and Wichittra Daengprok*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

Program in Food Science and Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University

Received : 4 February 2022

Revised : 3 May 2022

Accepted : 27 August 2022

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคกำลังได้รับความนิยม เนื่องจากผู้บริโภคมีแนวโน้มสนใจอาหารประเภทพร้อมบริโภคมากขึ้นเพราะง่ายและสะดวกต่อการรับประทาน ในประเทศไทยมีการจำหน่ายผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เช่น มะม่วง แตงโม แก้วมังกร แคนตาลูป ขนุนและสับปะรด เป็นต้น ทั้งนี้สับปะรดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นิยมส่งออกต่างประเทศในรูปแบบของสับปะรดทั้งลูกและสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค แต่ในขณะเดียวกันมักจะพบปัญหาสำหรับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค คือมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็ว เน่าเสียง่ายและมีอายุการวางจำหน่ายสั้น เนื่องจากสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคไม่มีเปลือกหรือผิวที่ห่อหุ้ม จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำได้ง่าย และมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านลักษณะปรากฏที่ไม่เหมาะสม เช่น เกิดสีน้ำตาลและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม เป็นต้น ดังนั้นการนำสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ มาประยุกต์ใช้กับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและคงความสดใหม่ของสับปะรดตัดแต่ง เนื่องจากสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ มีคุณสมบัติในการควบคุมความชื้น การแพร่ของก๊าซ ปรับปรุงลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ ควบคุมปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณค่าทางโภชนาการ บทความนี้กล่าวถึงการใช้สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ชนิดต่างๆ และปริมาณที่เหมาะสมสำหรับเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่ง รวมถึงการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกายภาพ คุณภาพด้านเคมี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ ในระหว่างการเก็บรักษากับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่มีการเคลือบผิว

คำสำคัญ : สับปะรด ; ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ; สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้

Abstract

Recently, fresh-cut vegetables and fruits are gaining popularity among consumers because consumer trends are more interested in fresh-cut products due to their convenience. In Thailand, fresh-cut fruits such as mango, watermelon, dragon fruit, cantaloupe, jackfruit and pineapple are popular for sale. Pineapple are one of the popular fruits that are exported both in the form of whole fruit and fresh-cut products. However, the problems of short shelf life, rapid quality changes and highly perishable fruits are always found due to the fresh-cut pineapple products are without peel or coating material. Therefore, they are easily dehydrated and unsuitably changed in appearances such as browning and soft texture. The edible coating agents were applied to fresh-cut pineapple to extend shelf life and maintain the freshness of the fresh-cut pineapple because edible coating agents have properties to control moisture and gas diffusion, improve the appearance of the product, control the number of microorganisms and maintain nutritional values. This article explains the use of different types and appropriate quantity of edible coating agents in fresh-cut pineapple product. The chemical, physical, microbial qualities and organoleptic characteristics of fresh-cut pineapples with and without edible film coating were also compared during storage.

Keywords : pineapple ; fresh-cut fruit ; edible coating agents

***Corresponding author. E-mail :** wichittr@mju.ac.th

บทนำ

ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคคือ ผลไม้ที่นำมาผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ (minimal processing) ได้แก่ การนำมาล้างน้ำสะอาด แช่ในน้ำคลอรีน ปอกเปลือก ผ่าเอาแกนและตัดชิ้นเนื้อที่มีตำหนิออก หั่นเป็นชิ้น บรรจุลงภาชนะบรรจุ (Corbo *et al.*, 2010) ซึ่งวางจำหน่ายให้ผู้บริโภคสามารถนำไปรับประทานได้ทันที หรือเก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เย็นเพื่อรอจำหน่าย จะสามารถเก็บได้นานเป็นเวลา 4-7 วัน ในยุคปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มนิยมรับประทานผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมากขึ้น เนื่องจากง่ายและสะดวก รวมถึงประหยัดเวลาในการเตรียม มักจะพบการจำหน่ายผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ทั้งในตลาดทั่วไป ซุปเปอร์มาร์เก็ตและห้างสรรพสินค้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามผักผลไม้ตัดแต่งจะเน่าเสียง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง 4-7 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับผักผลไม้สดที่ไม่มีการตัดแต่ง (Pizato *et al.*, 2019)

สับปะรดเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมบริโภคในรูปแบบผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค อย่างไรก็ตามสับปะรดตัดแต่งมักจะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น มีการเน่าเสียได้ง่ายจากขั้นตอนในการเตรียมและการตัดแต่งที่ไม่เหมาะสมทำให้ปนเปื้อนและเร่งการเจริญของจุลินทรีย์ รวมทั้งมีงานวิจัย พบว่าการตัดแต่งสับปะรดทำให้ปริมาณของวิตามินซีลดลงร้อยละ 10 ปริมาณของแคโรทีนลดลงร้อยละ 25 เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 6 วัน (Garcia *et al.*, 2006) สับปะรดที่ผ่านการตัดแต่งมักจะมีอายุการเก็บรักษา 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากการ ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้น ทำให้เซลล์เกิดการเสียหาย (Prakash *et al.*, 2020; Russo *et al.*, 2014) เพิ่มอัตราการหายใจ เร่งอัตราการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase: PPO) มีการผลิตเอทิลีนและทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของลักษณะทางกายภาพ เช่น เนื้อสับปะรดนุ่มและเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น (Azarakhsh *et al.*, 2014a) นอกจากนี้สับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคจะไวต่อการเน่าเสีย เนื่องจากไม่มีเปลือก ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญได้ดี ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ (Corbo *et al.*, 2010; Mantilla *et al.*, 2013)

การเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ เป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสับปะรดหลังผ่านการตัดแต่ง (Alikhani, 2014) การเคลือบผิวอาหารด้วยสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ เป็นการเคลือบผิวอาหารเป็นชั้นบางๆ โดยใช้สารเคลือบในกลุ่มของโปรตีน พอลิแซคคาไรด์และไขมัน (Tapia *et al.*, 2008) วิธีการเคลือบผิวผักและผลไม้ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันมี 2 วิธี คือการจุ่มและการฉีดพ่น ซึ่งแต่ละวิธีจะขึ้นกับชนิดของผักและผลไม้ (Andrade *et al.*, 2012) เช่น การจุ่มเป็นวิธีที่นำผักและผลไม้ไปแช่ในสารเคลือบเหมาะกับผักและผลไม้ที่มีผิวไม่เรียบ (Senturk *et al.*, 2018) การฉีดพ่นจะนิยมใช้กับผักและผลไม้ที่มีผิวเรียบและชนิดของสารเคลือบผิวที่จะใช้กับวิธีการนี้ต้องไม่หนืด (Zhang *et al.*, 2018) สารเคลือบเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญในการรักษาและป้องกันการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ การสูญเสียปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ สูญเสียความแน่นเนื้อ การเสื่อมคุณภาพทางเนื้อสัมผัสและการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดและการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น รวมถึงช่วยชะลอการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ (Basaglia *et al.*, 2021; Falguera *et al.*,2011; Oms-Oliu *et al.*, 2008; Rojas *et al.,* 2009; Trevino-Garza *et al.*, 2015)

สารเคลือบผิวที่สามารถบริโภคได้ที่นิยมนำมาเคลือบผิวผักและผลไม้ ได้แก่ 1) โปรตีน เช่น โปรตีนจากถั่วเหลืองและเซอีน 2) พอลิแซคคาไรด์ เช่น เทรากัม แซนแทนกัม เพกตินและเซลลูโลส 3) ไขมัน ได้แก่ ไขผึ้ง คาร์นูบาร์และน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น (Lin & Zhao, 2007; Gonzalez-Aguilar *et al*. 2010) ซึ่งควรมีคุณสมบัติของสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ มีดังนี้ มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนอย่างน้อยร้อยละ 1-3 เพื่อลดการหายใจของผักและผลไม้แบบไม่ใช้ออกซิเจนรวมถึงไม่ก่อให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยควบคุมความชื้นบริเวณผิวของผลิตผลรวมถึงช่วยลดการระเหยของน้ำที่จะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดีไม่แห้ง ไม่เกิดการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ช่วยควบคุมลักษณะปรากฏทางกายภาพของผลิตภัณฑ์โดยคงรูปร่างเดิม มีความคงทนต่อน้ำและมีความสามารถใน การยึดเกาะที่แน่นกับผิวของผลิตภัณฑ์อาหารช่วยให้เคลือบได้นาน ช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เมื่อมีการเติมส่วนผสมของสารเสริมคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินและแร่ธาตุ เป็นต้น มีความหนืดต่ำ ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่ทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และ ควรมีลักษณะใสไม่มีสี ไม่ส่งผลเสียต่อสีของผลิตภัณฑ์อาหารและไม่สลายตัวเมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส เป็นต้น (Dhall *et al*., 2013; Lin & Zhao, 2007)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ มีการเติมส่วนประกอบของสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดร่วมกันกับสารเคลือบผิว เช่น วัตถุกันเสีย วัตถุกันหืนและสารเสริมคุณค่าทางอาหาร เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (Dhall *et al*., 2013; Trevino-Garza *et al*., 2015) Basaglia *et al*. (2021) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ในสับปะรดตัดแต่งด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกอบเชย (cinnamon essential oil; CEO) นอกจากนี้ Prakash *et al*. (2020) ศึกษาเกี่ยวกับ ซิทราลนาโนอิมัลชันและสารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของสับปะรดตัดแต่ง และ Trevino-Garza *et al*. (2017) ศึกษาเกี่ยวกับ การใช้สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้ทีละชั้น (layer-by-layer) จากพูลลูแลน ลินซีดโนปาลและว่านหางจระเข้กับไคโตซานที่มีผลต่อคุณภาพของสับปะรดตัดแต่ง เป็นต้น

การใช้สารเคลือบผิวที่สามารถบริโภคได้ในผักและผลไม้ในประเทศไทยต้องมีการผลิต ภายใต้ข้อกำหนดตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice: GMP) และได้รับการรับรองผลิตภัณฑ์จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ซึ่งมีการออกระเบียบเรื่องสารเคลือบผิวผักและผลไม้ ต้องห้ามโดยห้ามใช้มอร์โฟลีน (morpholine) ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่นเดียวกับสหภาพยุโรป (European Union: EU) สารมอร์โฟลีนหรือ Diethylenimide oxide มีลักษณะเป็นสารที่มีความใส ไม่มีสี ระเหยได้ มีกลิ่นคล้ายกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย ละลายในน้ำได้และสามารถทำปฏิกิริยากับไนเตรตหรือไนโตรเจนออกไซด์ ทำให้เกิดเป็นสารก่อมะเร็งได้ (Klinsoda, 2016)

<u>การใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้กับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคจากโปรตีน</u>

Sharma *et al*. (2018) ศึกษาเกี่ยวกับการเคลือบผิวสับปะรดด้วยสารเคลือบผิวบริโภคได้ 2 ชั้น (bilayer coating) โดยชั้นแรกเคลือบด้วยโปรตีนไอโซเลตจากเมล็ดงาดำที่มีการเชื่อมประสานโครงสร้างระหว่างโมเลกุล (cross-linked) ร่วมกับกรดซักซินิก กรดซิตริก และกรดมาลิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนักของโปรตีนไอโซเลต) และเคลือบผิวสับปะรดชั้นที่สอง ด้วยกัวร์กัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ผสมกับแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความ

เข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่มีผลต่อคุณภาพของสับปะรดตัดแต่ง ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน (แสดงดังภาพที่ 1) พบว่าตัวอย่างสับปะรดที่มีการเคลือบผิวชั้นแรกด้วยสารเคลือบผิวบริโภคได้จากโปรตีนไอโซเลตจากเมล็ดงาดำที่เชื่อมประสานโครงสร้างระหว่างโมเลกุลด้วยกรดซักซินิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และเคลือบผิวชั้นที่ 2 ด้วยกัวร์กัมที่ระดับความร้อยละ 0.5 ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา สามารถลดค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ถูกปลดปล่อยออก (% drip loss) ได้ร้อยละ 22 ซึ่งน้อยกว่าสับปะรดตัดแต่งชุดควบคุมที่ไม่เคลือบผิว ซึ่งมีค่าร้อยละปริมาณน้ำที่ถูกปลดปล่อยออกร้อยละ 45 รวมถึงช่วยรักษาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดให้สูญเสียน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ให้เหลือเท่ากับ 2.81 log CFU.g^{-1} ซึ่งน้อยกว่าที่ตัวอย่างที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดมากถึง 15.73 log CFU.g^{-1} และมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบด้านความชอบโดยรวมสูงสุดเท่ากับ 6.7 คะแนนซึ่งมีคะแนนมากกว่าสับปะรดตัดแต่งชุดควบคุมที่ไม่เคลือบผิว พบว่ามีคะแนนเพียง 2.5 คะแนน

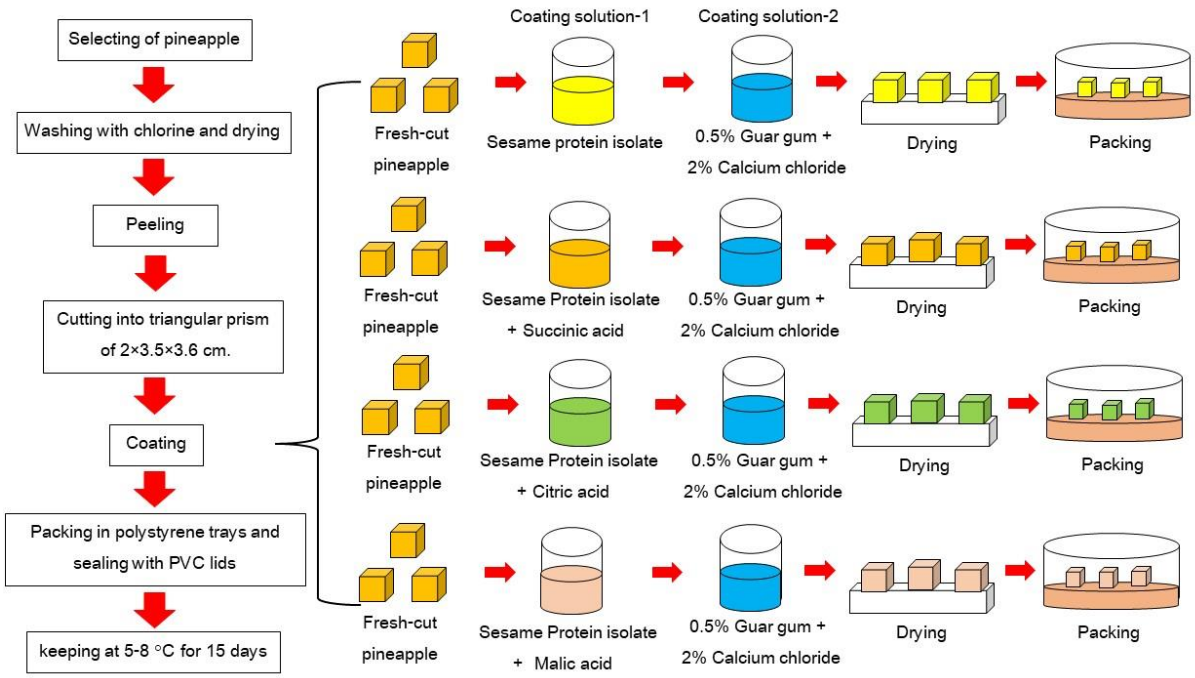

Figure 1 The bilayer coatings of fresh-cut pineapple using crosslinked sesame protein isolate and different organic acids for shelf-life extension at 5 °C.

Source Sharma *et al*. (2018) with modification

การใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้กับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคจากพอลิแซคคาไรด์

Trevino-Garza *et al*. (2017) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับ การใช้สารเคลือบผิวอาหารที่บริโภคได้ทีละชั้น (layer-by-layer) จากพูลลูแลน ลินซีด โนปาลและว่านหางจระเข้กับไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่ง สายพันธุ์ *Ananas comosus* โดยนำสับปะรดจุ่มลงในสารละลายแต่ละชนิดเป็นเวลา 2 นาที สะเด็ดสารละลายออกเป็นเวลา 2 นาที นำไปเคลือบกับไคโตซาน เป็นเวลา 2 นาที (แสดงดังภาพที่ 2) เก็บไว้เป็นระยะเวลา 18 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างที่เคลือบด้วยว่านหางจระเข้กับกลีเซอรอล ร้อยละ 0.5 ผสมกับไคโตซานร้อยละ 1.5 สามารถรักษาความแน่นเนื้อ สามารถรักษาสับปะรดไม่ให้เกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบ (แสดงดังภาพที่ 3) ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าตัวอย่างสับปะรดที่มีการเคลือบผิวมีศักยภาพในการช่วยรักษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม เป็นต้น และการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ได้แก่ เชื้อยีสต์และรา *Listeria monocytogenes* และ *Salmonella Typhimurium* ตัวอย่างสับปะรดที่มีการเคลือบผิวมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของ เชื้อ *Listeria monocytogenes* ได้ 6 วัน และ *Salmonella Typhimurium* ได้ 3 วัน ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างของสับปะรดที่ไม่มีการเคลือบผิว

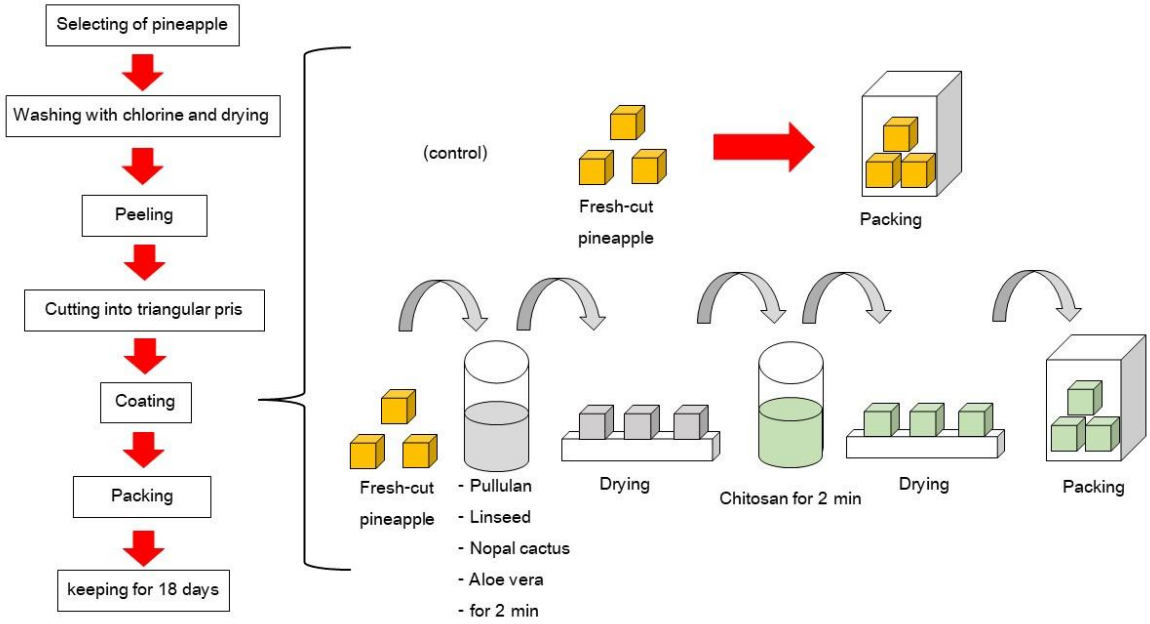

Figure 2 Layer-by-layer edible coatings of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*) using mucilages, pullulan, linseed, nopal, aloe vera and chitosan.

Source Trevino-Garza *et al*. (2017) with modification

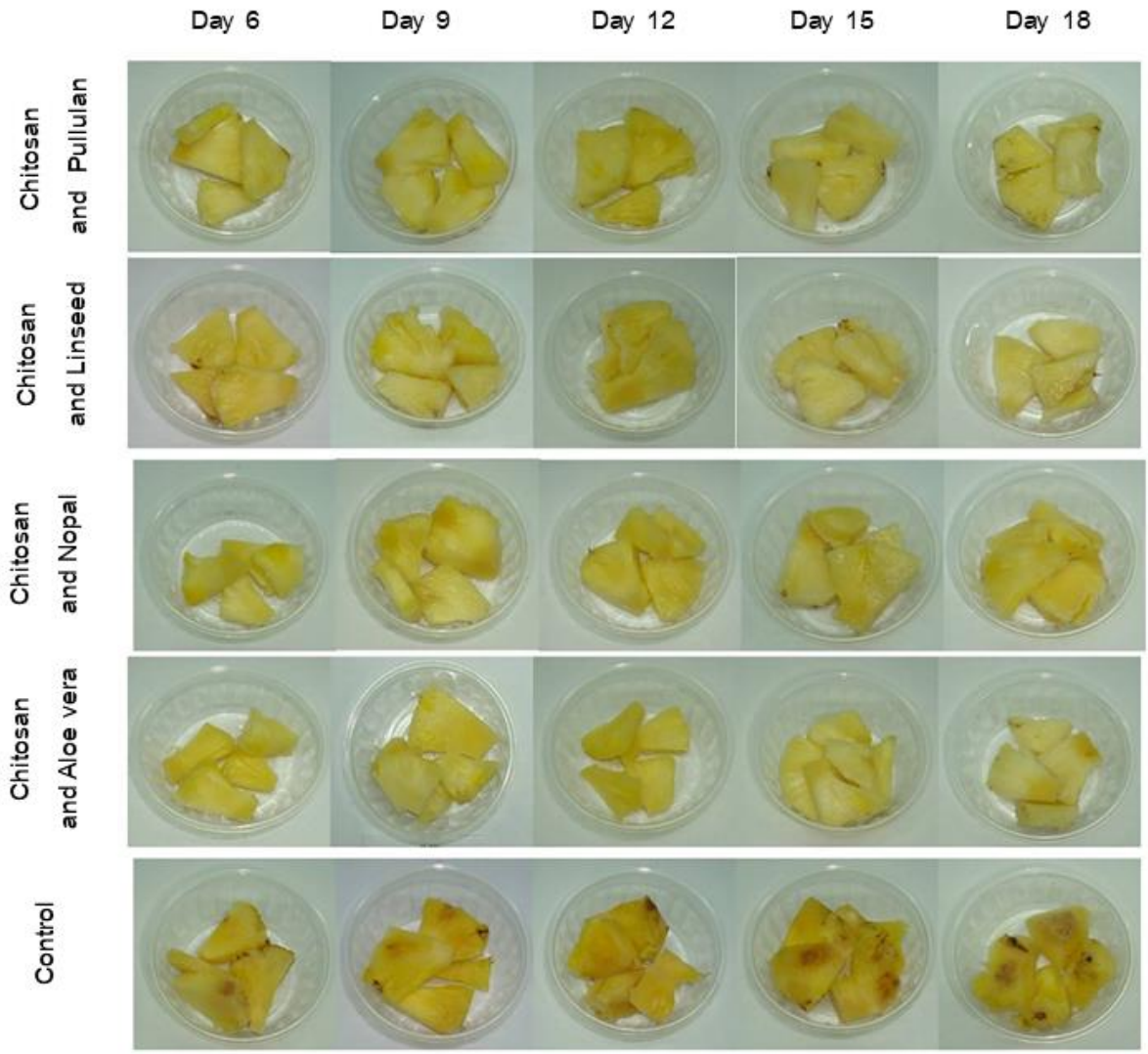

Figure 3 Appearance of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*) coated with layer-by-layer edible coatings using mucilages, pullulan, linseed, nopal, aloe vera and chitosan.

Source Trevino Garza *et al*. (2017) with modification

การใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้กับสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคจากไขมัน

Basaglia *et al*. (2021) ศึกษาเกี่ยวกับการใช้สารเคลือบผิวชนิดบริโภคได้กับสับปะรดตัดแต่ง โดยการเคลือบด้วยสารละลายในระบบอิมัลชัน ชนิดน้ำมันในน้ำซึ่งประกอบด้วยไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกอบเชยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่เคลือบผิว) ซึ่งทำการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งเป็นเวลา 15 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (แสดงดังภาพที่ 4) พบว่า สับปะรดที่มีการเคลือบผิวด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกอบเชย ช่วยรักษาปริมาณน้ำหนักของสับปะรดตัดแต่งที่สูญเสียได้ ซึ่งสูญเสียปริมาณน้ำหนักเพียงร้อยละ 19.13 ส่วนตัวอย่างของสับปะรดที่ไม่เคลือบผิว สูญเสียน้ำหนักของสับปะรดสูงถึงร้อยละ 23.42 สับปะรดที่เคลือบผิวช่วยรักษาความแน่นเนื้อได้ถึง 12 วัน รวมถึงช่วยรักษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสและช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้เมื่อเทียบกับสับปะรดที่ไม่มีการเคลือบผิว มีจำนวนเชื้อยีสต์และรา เจริญสูงสุดถึง 5.30 log CFU.g^{-1} (ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขในประเทศบราซิลไม่ได้กำหนดข้อจำกัดของเชื้อราและยีสต์ แต่ได้กำหนดข้อจำกัดของเชื้อโคลิฟอร์ม (coliforms) ไม่ควรเกิน 5×10^{2} CFU.g^{-1} และเชื้อ *Salmonella* spp. ต้องไม่พบใน 25 กรัม ของตัวอย่าง

Prakash *et al*. (2020) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ การใช้ซิทราลนาโนอิมัลชันและสารเคลือบอาหารที่บริโภคได้จากนาโนอิมัลชันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.5 และ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ร่วมกับโซเดียมอัลจิเนตเพื่อยืดอายุสับปะรดตัดแต่ง นำสับปะรดมาจุ่มเป็นเวลา 2 นาที โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (แสดงดังภาพที่ 5) พบว่าค่าอัตราการหายใจสับปะรด (respiration rate) ของสับปะรดตัดแต่งที่เคลือบผิวด้วยโซเดียมอัลจิเนตร่วมกับซิทราลนาโนอิมัลชันร้อยละ 1.0 มีอัตราการหายใจของสับปะรดต่ำที่สุด โดยมีปริมาณก๊าซออกซิเจนจากร้อยละ 20.85 เป็นร้อยละ 15.19 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากร้อยละ 0.26 เป็นร้อยละ 8.82 เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบผิว พบว่าปริมาณก๊าซออกซิเจนจากร้อยละ 21.18 เป็นร้อยละ 9.24 และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากร้อยละ 3.13 เป็นร้อยละ 20.31 ค่าความสว่าง (L^*) พบว่า สับปะรดที่เคลือบผิว ลดลงเล็กน้อยจาก 68.36 เป็น 58.45 เมื่อเทียบกับตัวอย่างของสับปะรดที่ไม่มีการเคลือบผิว ลดลงอย่างมากจาก 60.61 เป็น 38.51 นอกจากนี้การเคลือบผิวสับปะรด ช่วยรักษาปริมาณวิตามินซี ความแน่นเนื้อของสับปะรดและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ในการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างที่ไม่มีการเคลือบผิว พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณเกินกว่าข้อกำหนดของประเทศอินเดีย (Food Safety and Standards Authority of India: FSSAI) โดยเกินกว่า 10^{6} CFU.g^{-1} ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา

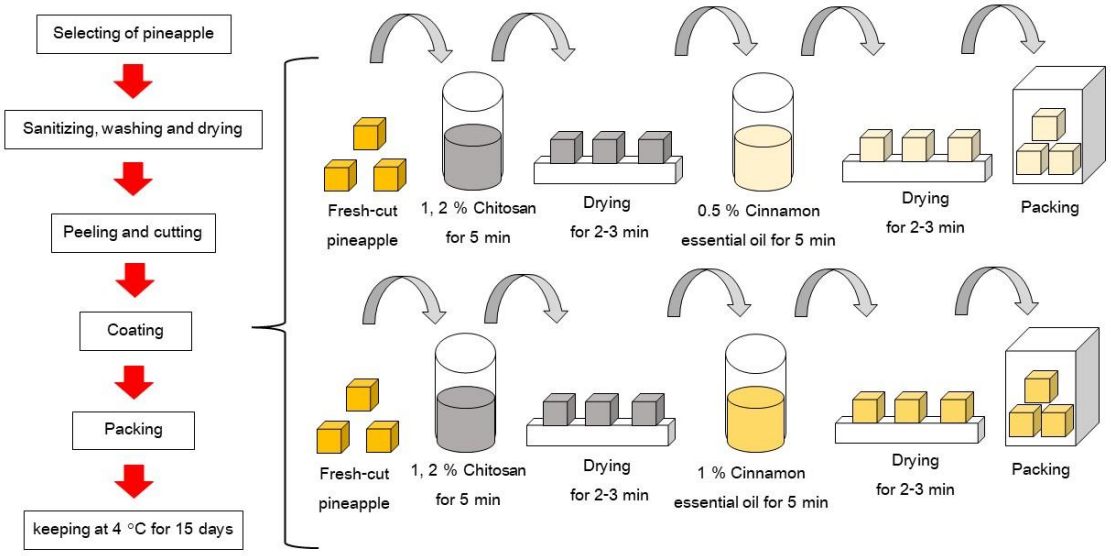

Figure 4 The edible coatings of minimally processed pineapple (*Smorth cayenne*) using chitosan and cinnamon essential oil.

Source Basaglia *et al*. (2021) with modification

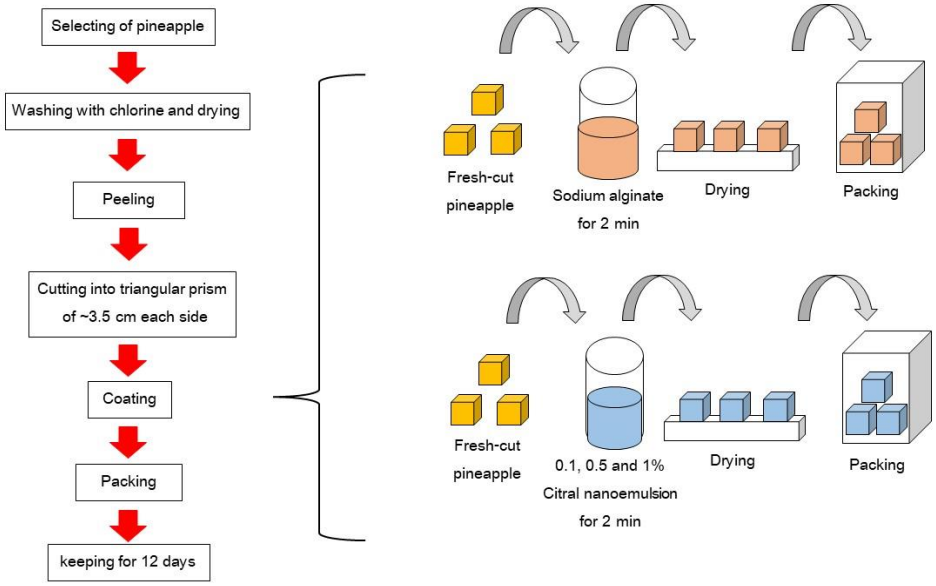

Figure 5 Edible coating of fresh cut pineapples using citral nanoemulsion incorporated to sodium alginate.

Source Prakash *et al*. (2020) with modification

นอกจากนี้มีรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภค โดย Azarakhsh *et al*. (2012) รายงานว่าการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0-2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เปรียบเทียบกับเจลแลนร้อยละ 0-1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 16 วัน ที่อุณภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1.16 สามารถรักษาค่าร้อยละปริมาณน้ำหนักที่สูญเสียน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 11.35 ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) เท่ากับ 2.53 นิวตัน และยังช่วยควบคุมอัตราการหายใจของสับปะรดตัดแต่งถึง 35.82 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม ทำให้สามารถเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งดังกล่าวได้นานที่สุดได้เป็นระยะเวลา 10 วัน

Adetunji *et al*. (2012) ศึกษาการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งด้วยเมือกวุ้นว่านหางจระเข้ที่ระดับความเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร ร่วมกับวิตามินซีที่ระดับความเข้มข้น 4.5 กรัมต่อลิตร เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (27 องศาเซลเซียส) พบว่า การเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งด้วยเมือกวุ้นว่านหางจระเข้ร่วมกับวิตามินซี สามารถรักษาค่าปริมาณร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียได้ดีกว่าสับปะรดที่ไม่เคลือบผิวที่ร้อยละ 33.52 และ 21.58 ตามลำดับ รวมถึงรักษาค่าความแน่นเนื้อในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีความแน่นเนื้อสูงสุดอยู่ที่ 6.0 นิวตัน และมีค่ามากกว่าสับปะรดตัดแต่งที่ไม่มีการเคลือบผิวซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อเหลือเพียง 1.0 นิวตัน

Mantilla *et al*. (2013) ศึกษาการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งแบบเคลือบทีละชั้นโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตและเพกตินกับแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งด้วยสารเคลือบผิวข้างต้นเป็นจำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที เริ่มจากการเคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์ โซเดียมอัลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ เพกติน และแคลเซียมคลอไรด์ ตามลำดับ พบว่า สามารถเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งได้ถึง 13 วัน

Benitez *et al*. (2014) ใช้โซเดียมแอลจิเนตและไคโตซานที่ระดับเข้มข้นร้อยละ 0.5 นำมาเคลือบผิวของสับปะรดตัดแต่ง โดยเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่า สามารถช่วยลดอัตราการหายใจของสับปะรดตัดแต่ง รักษาความแน่นเนื้อและปริมาณวิตามินซีของสับปะรดได้ดีที่สุดทำให้สามารถเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้นานถึง 15 วัน

Bitencourt *et al*. (2014) เคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งด้วยแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจาก ใบสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 1 และ 1.5 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) พบว่าสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เคลือบผิวด้วยแป้งมันสำปะหลังร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากใบสะระแหน่ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้แก่ *Escherichia coli* และ *Salmonella enteritidis* ได้ดีที่สุดซึ่งตรวจไม่พบในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้วัดค่ามาตรฐานทางจุลชีววิทยาของผลไม้ตัดแต่ง (Brazil Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria, 2001) อีกทั้งยังช่วยลดจำนวนยีสต์และเชื้อราทั้งหมดได้ถึง 1.23 log $CFU.g^{-1}$

Azarakhsh *et al*. (2014a) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งด้วยเจลแลน ร่วมกับน้ำมันทานตะวันที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.56 0.89 และ 0.025 ตามลำดับ โดยใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 ระยะเวลาการเก็บรักษา 16 วัน พบว่าสับปะรดตัดแต่งพร้อม

บริโภคมีคุณภาพดีที่สุดโดยมีค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 3.87 ปริมาณกรดที่ไทเทรต 0.61 กรัมต่อสับปะรด 100 กรัม ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 16.7 องศาบริกซ์ ค่าความสว่าง (L^*) 52.59 และได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดที่ 6 คะแนนจาก 9 คะแนน ซึ่งสามารถยืดอายุสับปะรดตัดแต่งถึง 12 วัน

Azarakhsh *et al*. (2014b) ยังรายงานว่าการใช้โซเดียมอัลจิเนตร่วมกับน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.29 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และ 0.3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ เคลือบผิวสับปะรดตัดแต่งเป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 63 พบว่าสามารถควบคุมค่าปริมาณร้อยละน้ำหนักที่สูญเสียน้อยที่สุดร้อยละ 15 มีความแน่นเนื้อสูงที่สุดที่ 2.5 นิวตัน และได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดที่ 6 คะแนนจาก 9 คะแนน อย่างไรก็ตามยังมีรายงานการวิจัยอีกเป็นจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคลือบผิวที่บริโภคได้ชนิดต่างๆ ในสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคแสดงดังตารางต่อไปนี้

Table 1 Effect of various edible coatings on qualities of fresh-cut pineapple.

Types of edible coatings	*Coating method*	*Appropriate edible coating concentration*	*Effect on quality parameters*	*Source*
Proteins	The fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*) was immersed in coating solutions for 2 min, drained for 5 min, packed in polyethylene plastic, wrapped with polyvinyl chloride wrapping film, and stored at 4 °C for 16 days.	5% (w/v) soy protein isolate + 15% (v/v) honey.	- pH ~ 3.61 at the end of storage -total soluble solids of 11.19 °Brix - 6.96 % ascorbic acid loss - shelf-life extension of 12 days	Yousuf & Srivastava (2019)
Polysaccharides	The fresh-cut pineapple (*Smooth-Cayenne*) was cut into cubes of 2.5 cm^3, submerged in coating solutions for 5 min, drained for 30 min, packed in polyethylene terephthalate, and stored at 4±1°C for 12 days.	0.5 % (w/v) Tara gum + 1 % (w/v) ascorbic acid + 0.25 % (w/v) citric acid	- pH ~ 4.07 at the end of storage -total soluble solids of 9.0 °Brix - the overall liking scores of 3.0/5.0 - shelf-life extension of 12 days	Pizato *et al.* (2019)

Types of edible coatings	*Coating method*	*Appropriate edible coating concentration*	*Effect on quality parameters*	*Source*
Polysaccharides	The fresh-cut pineapple (*Smooth-Cayenne*) was dip-coated in coating solutions for 90 s, drained for 24 h, packed in polyethylene plastic bags, and stored at 4 °C for 10 days.	1 % (w/v) sodium alginate + 0.1 % (w/v) ascorbic acid	- pH ~ 4.11 at the end of storage -total soluble solids of 11.0 °Brix - 38% reduced total titratable acidity - shelf-life extension of 10 days	Lopez-Cordoba & Aldana-Usme (2019)
Polysaccharides	The fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*) was cut into cubes of 3 cm^3, dipped in coating solutions for 2 min, drained at room temperature, and stored at 4 °C for 14 days.	0.6, 0.8 and 1.0% (w/v) tapioca starch + 1% (w/v) chitosan	- total soluble solids of 58.46 °Brix - the overall liking scores of 5.46/7.00 - shelf-life extension of 11 days	Maharsih *et al*. (2021)

Types of edible coatings	*Coating method*	*Appropriate edible coating concentration*	*Effect on quality parameters*	*Source*
Polysaccharides	The fresh-cut pineapple (*Ananas-comosus*) was dip-coated in coating solutions for 30 s, dried for 2 min using a fan, stored at 8 °C, 75-80% R.H. for 21 days and was analyzed on day zero and every 7 days interval during the storage period of 21 days.	0.25 % (w/v) sodium alginate + 0.3% (w/v) citric acid, 0.1% (w/v) potassium sorbate + 1.5% (w/v) calcium chloride	- 0.15 mg / 100 g total acidity - 18.21 % weight loss - the overall liking scores of 7.0/9.0 - catalase activity of 30.18 $U.g^{-1}. min^{-1}$ - the total plate count og$1.3x10^{1}$ cfu/g - shelf-life extension of 14 days	Minh *et al*. (2019)

บทสรุป

การใช้สารเคลือบผิวชนิดที่บริโภคได้กับสับปะรดตัดแต่ง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำ (4-5 องศาเซลเซียส) ซึ่งช่วยควบคุมและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางด้านความแน่นเนื้อ ลดการสูญเสียปริมาณน้ำหนัก ช่วยควบคุมอัตราการหายใจ ลดการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส ช่วยรักษาและคงคุณค่าทางโภชนาการได้ยาวนาน ช่วยชะลอการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่จะส่งผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพอย่างรวดเร็วในผลิตภัณฑ์และรักษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้การใช้สารเคลือบผิวเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถป้องกันและลดความเสียหายของสับปะรดในระหว่างการขนส่ง การวางจำหน่าย ซึ่งสามารถเพิ่มโอกาสและศักยภาพทางการแข่งขันเชิงพาณิชย์ของสับปะรดตัดแต่งพร้อมบริโภคได้

เอกสารอ้างอิง

Adetunji, C. O., Fawole, O. B., Arowora, K. A., Nwaubani, S. I., Ajayi, E. S., Oloke, J. K., & Adetunji, J. B. (2012). Effects of edible coatings from Aloe vera gel on quality and postharvest physiology of *Ananas comosus* (L.) fruit during ambient storage. *Global Journal of Science Frontier Research Bio-Tech & Genetics*, *12*(5), 39-43.

Alikhani, M. (2014). Enhancing safety and shelf life of fresh-cut mango by application of edible coatings and microencapsulation technique. *Food Sciences and Nutrition*, *2*(3), 210-217.

Andrade, J. P., Pigni, N. B., Torras-Claveria, L., Guo, Y., Berkov, S., Reyes-Chilpa, R., & Bastida, J. (2012). Alkaloids from the *Hippeastrum genus*: chemistry and biological activity. *Revista Latinoamericana de Qumica*, *40*(2), 83-98.

Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., & Mohd Adzahan, N. (2012). Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. *International Food Research Journal*, *19*(1), 279-285.

Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., & Adzahan, N. (2014a). Effects of gellan-based edible coating on the quality of fresh-cut pineapple during cold storage. *Food and Bioprocess Technology*, *7*(7), 2144-2151.

Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., & Adzahan, N. M. (2014b). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, *88,* 1-7.

Basaglia, R. R., Pizato, S., Santiago, N. G., Almeida, M. M. M., Pinedo, R. A., & Cortez-Vega, W. R. (2021). Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (*Smooth cayenne*). *Food Bioscience*, 100966.

Benitez, S., Soro, L., Achaerandio, I., Sepulcre, F., & Pujola, M. (2014). Combined effect of a low permeable film and edible coatings or calcium dips on the quality of fresh-cut pineapple. *Journal of Food Process Engineering*, *37*(2), 91-99.

Bitencourt, R. G., Possas, A. M. M., Camilloto, G. P., Cruz, R. S., Otoni, C. G., & Soares, N. D. F. F. (2014). Antimicrobial and aromatic edible coating on fresh-cut pineapple preservation. *Ciencia Rural*, *44*(6), 1119-1125.

Brazol Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. (2001). Regulamento tecnico sobre os padroes microbiologicos para alimentos. *Resoluo 12*.

Corbo, M. R., Speranza, B., Campaniello, D., Damato, D., & Sinigaglia, M. (2010). Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, 2*, 1143-1154.

Dhall, R. K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *53*, 435-450.

Falguera, V., Quintero, J. P., Jimenez, A., Munoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, *22,* 292-303.

Garcia, M. A., Gil, J., Ventoso, I., Guerra, S., Domingo, E., Rivas, C., & Esteban, M. (2006). Impact of protein kinase PKR in cell biology: from antiviral to antiproliferative action. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, *70*(4), 1032-1060.

Gonzalez-Aguilar, G. A., Villa-Rodriguez, J. A., Ayala-Zavala, J. F., & Yahia, E. M. (2010). Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Trends in Food Science & Technology*, *21*(10), 475-482.

Klinsoda, J., (2016). Edible coating and film for vegetables and fruits. *Food Journal*, *46*, 33-37. (in Thai)

Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *6*(3), 60-75.

Lopez-Cordoba, A., & Aldana-Usme, A. (2019). Edible coatings based on sodium alginate and ascorbic acid for application on fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Agronomia Colombiana*, *37*(3), 317-322.

Maharsih, I. K., Pusfitasari, M. D., Putri, C. A. S., & Hidayat, M. T. (2021). Performance evaluation of cassava peels starch-based edible coating incorporated with chitosan on the shelf-life of fresh-cut pineapples (*Ananas comosus*). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* Vol. 733, 1, 012017

Mantilla, N., Castell-Perez, M. E., Gomes, C., & Moreira, R. G. (2013). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food Science and Technology*, *51*(1), 37-43.

Minh, N. P., Nhi, T. T. Y., Hue, D. N., Ha, D. T. T., & Chien, V. M. (2019). Quality and shelf life of processed pineapple by different edible coatings. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, *11*(4), 1441-1446.

Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso, O. (2008). Edible coatings with anti-browning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, *50*, 87-94.

Pizato, S., Chevalier, R., Dos Santos, M., Da Costa, T., Arevalo Pinedo, R., & Cortez Vega, W. R. (2019). Evaluation of the shelf-life extension of fresh-cut pineapple (*Smooth cayenne*) by application of different edible coatings. *British Food Journal*, *121*(7), 1592-1604.

Prakash, A., Baskaran, R., & Vadivel, V. (2020). Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. *Lebensmittel Wissenschaft & Technologie Food Science and Technology*, *118,* 108851.

Rojas-Gru, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, *20*(10), 438-447.

Russo, P., De Chiara, M.L.V., Vernile, A., Amodio, M.L., Arena, M.P., Capozzi, V., Massa, S., & Spano, G. (2014). Fresh-cut pineapple as a new carrier of probiotic lactic acid bacteria. *BioMed Research International*. 309183.

Senturk P.T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*, *7*(10), 170.

Sharma, L., Singh Saini, C., & Sharma, H. K. (2018). Development of crosslinked sesame protein and pineapple extract‐based bilayer coatings for shelf‐life extension of fresh-cut pineapple. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(2), 13527.

Tapia, M. S., Rojas-Gru, M. A., Carmona, A., Rodriguez, F. J., Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso, O. (2008). Use of alginate-and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids*, *22*(8), 1493-1503.

Trevino-Garza, M. Z., Garcia, S., Heredia, N., Alanis-Guzman, M. G., & Arevalo-Nino, K. (2015). Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Food Science*, *80*(8), 1823-1830.

Trevino-Garza, M. Z., Garcia, S., Heredia, N., Alanis-Guzman, M. G., & Arevalo-Nino, K. (2017). Layer-by-layer edible coatings based on mucilages, pullulan and chitosan and its effect on quality and preservation of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology, 128*, 63-75.

Yousuf, B., & Srivastava, A. K. (2019). Impact of honey treatments and soy protein isolate-based coating on fresh-cut pineapple during storage at 4 C. *Food Packaging and Shelf Life*, *21*, 100361.

Zhang, L., He, H., Li, S., Wu, X., & Li, L. (2018). Dynamic compression behavior of 6005 aluminum alloy aged at elevated temperatures. *Vacuum*, *155*, 604-611.