



บทความวิจัย (Research Article)

การตรวจสอบคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบรรจุภัณฑ์

โดยใช้ฟิล์มไคโตซานอัจฉริยะที่ผสมเอเอ็มพีและแอนโทไซยานิน

Monitoring the quality of fresh-cut Kimju guava in packages using intelligent chitosan film
incorporated with AMP and anthocyanin

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล^{1,*} ปพิชญา สุจริตจิตร¹ พริมา ภิริยางกูร¹

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมชีวภาพ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

Jutatip Poubol^{1,*} Papitchaya Sujaritji¹ Pharima Phiriyangkul¹

¹Department of Science and Bioinnovation, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: faasjtt@ku.ac.th

Received: 23/02/2024; Revised: 18/03/2024; Accepted: 18/03/2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ไคโตซานร้อยละ 0.5 ผสมอะมิโนเมทิล โพรพานอล (เอเอ็มพี) ร้อยละ 10 และแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันร้อยละ 1 เคลือบลงบนกระดาษกรอง ในการตรวจวัดคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งบรรจุภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส ผลพบว่าบรรจุภัณฑ์ฝรั่งตัดแต่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีก๊าซออกซิเจนลดลง ฝรั่งตัดแต่งมีค่าพีเอช ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้น อีกทั้งเนื้อฝรั่งมีสีน้ำตาลและมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าในบรรจุภัณฑ์มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็นร้อยละ 0.5 และ 5 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นจาก 4.2 เป็น 4.5 และ 5.9 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 24.6 เป็น 28.4 และ 28.2 องศาบริกซ์ มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และราเพิ่มขึ้นจาก 5.6, 4.8 และ 2.5 log CFU/g เป็น 17.0, 8.7 และ 15.0 log CFU/g และ 20.5, 9.7 และ 19.5 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่ตรวจไม่พบ *Escherichia coli* และ *Salmonella* spp. ในฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่ตรวจพบ *E. coli* จำนวน 8.1 log CFU/g ในฝรั่งตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ฟิล์มไคโตซานมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีฟ้าไปเป็นสีฟ้าอมเขียว และสีฟ้าอมเหลืองตามการสูญเสียคุณภาพของฝรั่งที่เก็บรักษา ดังนั้น จึงสามารถนำมาใช้เป็นดัชนีในการตรวจวัดคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน; อะมิโนเมทิลโพรพานอล; แอนโทไซยานิน; ฝรั่ง

Abstract

This research was conducted to study the use of 0.5% chitosan film mixed with 10% aminomethyl propanol (AMP) and 1% anthocyanin from butterfly pea flowers that coated on filter papers for monitoring the quality of fresh-cut 'Kimju' guava stored at 10 and 37°C. The results found that 'Kimju' guava packages



had increases of CO₂ concentration and decreases of O₂ concentration. Fresh-cut guava showed increases of pH, total soluble solid, and total bacterial counts. Moreover, the browning and spoilage of guava flesh increased as the storage temperature increased. On the 7th day of storage at 10 and 37°C, CO₂ concentrations in the packages were increased from 0 to 0.5 and 5 %. The pH values were increased from 4.2 to 4.5 and 5.9. Total soluble solids increased from 24.6 to 28.4 and 28.2 °Brix. Total bacteria, yeasts, and molds were increased from 5.6, 4.8, and 2.5 log CFU/g to 17, 8.7, and 15 log CFU/g and 20.5, 9.7, and 19.5 log CFU/g, respectively. *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. were not detected in fresh-cut guava stored at 10°C, but *E. coli* (8.1 log CFU/g) was detected when stored at 37°C. The chitosan film color was changed from blue to blue-green and blue-yellow according to the loss of guava quality during storage. Therefore, the intelligent chitosan film could be used as an index indicator for monitoring the quality of fresh-cut guava.

Keywords: Chitosan; Aminomethyl propanol; Anthocyanin; Guava

บทนำ

คุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้สดตัดแต่ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนในกระบวนการแปรรูปหลายขั้นตอน เช่น การปอกเปลือก การฉีก และ การหั่นฝอย (จุฑาทิพย์, 2566) การแปรรูปดังกล่าวส่งผลให้เซลล์พืชถูกทำลายและเกิดการรั่วไหลของไซโทพลาสซึม ทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้สารอาหารในไซโทพลาสซึมและเจริญได้ง่ายขึ้นเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์สดที่ยังไม่ได้ผ่านการแปรรูป (Barry-Ryan et al., 2000) ซึ่งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคสามารถเข้าทำลายเนื้อเยื่อของผักและผลไม้สดตัดแต่งได้ หากผู้บริโภคสามารถตรวจวัดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหารได้ก่อนการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์อาหาร จะช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคและส่งผลดีต่อผู้ประกอบการในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ฝรั่งเป็นผลไม้ในวงศ์ Myrtaceae จีนัส *Psidium guajava* (Wikipedia, 2021) ผลฝรั่งมีขนาด รูปร่าง สีเปลือก สีเนื้อ และรสชาติที่แตกต่างกันตามพันธุ์ บางพันธุ์มีเปลือกสีเขียว บางพันธุ์มีเปลือกสีชมพูถึงสีแดง และบางพันธุ์อาจมีเมล็ดหรือไม่มีเมล็ด (จุฑาทิพย์, 2566) ฝรั่งเป็นพืชที่ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี จึงมีผู้นิยมเพาะปลูกและนิยมบริโภคกันมาก ฝรั่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาหลายประการ ได้แก่ ด้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ ด้านเบาหวาน ด้านมะเร็ง ด้านจุลินทรีย์ และช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Jamieson et al., 2023) จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของฝรั่งพบว่าฝรั่งเป็นแหล่งของวิตามินซี โดยมีวิตามินซีในปริมาณที่สูงถึง 228 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (USDA FoodData Central, 2019a) ซึ่งสูงกว่าผลไม้หลายชนิด เช่น กีวี่ฝรั่งเนื้อสีเขียว มะม่วง ส้มโอ และสับปะรด (จุฑาทิพย์, 2566) ที่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 92.7, 36, 61 และ 47.8 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (USDA FoodData Central, 2019b, c, d, e) ตามลำดับ นอกจากนี้ฝรั่งยังเป็นแหล่งของใยอาหาร (dietary fiber) และเพคติน (Mangaraj and Goswami, 2011)



ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินซึ่งเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ โดยเฉพาะสัตว์น้ำในกลุ่มของครัสเตเชียน (crustaceans) ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีเปลือกหุ้มลำตัวเป็นปล้อง เช่น กุ้ง กั้ง และปู ไคโตซานเป็นอะมิโนโพลีแซคคาไรด์ (aminopolysaccharide) ซึ่งเป็นวัสดุชีวภาพ (biosubstance) ไม่เป็นพิษ ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (biodegradable) และ มีคุณสมบัติต่อต้านจุลินทรีย์ มีรายงานการนำไคโตซานไปประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตร อาหาร เกษษุวิทยา และอาหารเสริม (Duan et al., 2019) สำหรับด้านการเกษตรนิยมใช้สารละลายไคโตซานในการเคลือบผิวผักและผลไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยว และมีการประยุกต์ใช้ร่วมกับสารต่อต้านจุลินทรีย์ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย (essential oils) กรด และอนุภาคนาโน (nanoparticles) เพื่อช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุของการเก็บรักษาผักและผลไม้สด (Xing et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้สารละลายไคโตซานร่วมกับสารที่มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น อะมิโนเมทิล โพรพานอล (2-amino-2-methyl-1-propanol; AMP) เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์ในการตรวจสอบกระบวนการหมักกิมจิในบรรจุภัณฑ์ (Jung et al., 2013) และใช้ตรวจสอบคุณภาพของมะเขือเทศสดตัดแต่งในบรรจุภัณฑ์ (จุฑาทิพย์ และคณะ, 2562) ซึ่ง AMP มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Shuo et al., 1996) ดังนั้น จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สร้างขึ้นจากกระบวนการหมักหรือจากการหายใจของผักและผลไม้สดในบรรจุภัณฑ์อาหารได้

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน นิยมใช้เป็นสารให้สีตามธรรมชาติ สามารถสกัดได้จากพืชหลายชนิด เช่น กะหล่ำม่วง (*Brassica oleracea*) (Vo et al., 2019) กระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa*) (Khezerlou et al., 2023) ข้าวสาลี และต้นข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) (Sharma et al., 2020) แอนโทไซยานิน มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งจุลินทรีย์ (Sharma et al., 2020) จึงมีการประยุกต์ใช้แอนโทไซยานินจากพืชชนิดต่าง ๆ ร่วมกับไคโตซาน เพื่อใช้เป็นดัชนีในการตรวจสอบคุณภาพของอาหารโดยเฉพาะเนื้อสัตว์ โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงสีที่เกิดขึ้นของฟิล์มไคโตซาน ซึ่งพบว่าฟิล์มไคโตซานผสมแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำตาลในสภาวะที่อาหารยังไม่เน่าเสีย ไปเป็นสีเทาในสภาวะที่อาหารเกิดการเน่าเสีย ทำให้ใช้ตรวจสอบการเน่าเสียของปลาได้ (Khezerlou et al., 2023) และการใช้ฟิล์มไคโตซานร่วมกับโพลีไวนิลแอลกอฮอล์และแอนโทไซยานินจากกะหล่ำม่วง สามารถใช้ตรวจสอบการเน่าเสียของเนื้อหมูได้ โดยดูจากการเปลี่ยนสีของฟิล์มไคโตซานจากสีน้ำเงินเขียวไปเป็นสีชมพู (Vo et al., 2019) งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการใช้ฟิล์มไคโตซานผสม AMP และ anthocyanin จากดอกอัญชัน โดยเคลือบลงบนผิวหน้ากระดาดชากรอง เพื่อใช้ในการตรวจวัดคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสารละลายไคโตซานและการเคลือบฟิล์มไคโตซานอัจฉริยะ

งานวิจัยนี้เตรียมฟิล์มไคโตซานตามวิธีการของจุฑาทิพย์ และคณะ (2564) โดยใช้ไคโตซานชนิดมอลโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan (50,000-190,000 Da based on viscosity); Sigma-Aldrich, United States) ละลายไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 1 จากนั้นเติมอะมิโนเมทิล โพรพานอล (2-amino 2-methyl 1-propanol; PanReac AppliChem, GmbH, Germany) ความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมให้เข้ากัน



แล้วเติมแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*, AP Operations Co., Ltd, Thailand) ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ glycerol ความเข้มข้นร้อยละ 5 ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปเคลือบบนกระดาษกรองเบอร์ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร (Filter paper No. 2; Whatman, England) โดยใช้สารละลายไคโตซานปริมาตร 500 ไมโครลิตร แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน (Memmert UN55, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำฟิล์มไคโตซานที่ได้เก็บไว้ในโถดูดความชื้นนาน 24 ชั่วโมง แล้วตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2 ตารางเซนติเมตร เก็บไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

การเตรียมฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้

นำฝรั่งพันธุ์กิมจูที่ได้จากสวนในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มาคัดเลือกผลฝรั่งที่ปราศจากตำหนิจากโรคและแมลง ผลมีขนาดและสีใกล้เคียงกัน โดยเลือกผลที่มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 300 กรัม จากนั้นเด็ดก้านและใบออก นำผลฝรั่งไปล้างด้วยน้ำประปาให้สะอาด โดยการปล่อยให้น้ำไหลผ่านผลฝรั่งจนทั่วเพื่อกำจัดฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ที่อาจติดมากับผลฝรั่ง ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ ตัดส่วนหัวและส่วนปลายของผลฝรั่งออก แล้วหั่นเป็นชิ้นตามขวางของผลให้มีความหนา 2 เซนติเมตร จากนั้นตัดแบ่งตามเส้นผ่านศูนย์กลางให้ได้ 6 ชิ้น บรรจุชิ้นฝรั่งหนักประมาณ 100 กรัม ลงบนจานแก้วซึ่งวางไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมพลาสติกแบบสุญญากาศที่มีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (Superlock, Kitchenware, Thailand) วางแผ่นฟิล์มไคโตซานลงในกล่องพลาสติกข้างจานแก้วที่บรรจุชิ้นฝรั่ง ปิดฝากล่องให้สนิท นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของผลการทดลอง (Analysis of Variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลและค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

การตรวจวัดปริมาณก๊าซในภาชนะบรรจุ การเปลี่ยนแปลงของฟิล์มไคโตซาน และคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้

ตรวจวัดปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (DP-28 MAP, Nanosens Sp. .z.o.o., Poland) รายงานเป็นค่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไคโตซานและสีของชิ้นฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้ด้วยเครื่องวัดสี (NR200, Shenzhen 3NH Technology Co., Ltd, China) ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้ โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัด pH (pHTestr, 10 BNC, spear, EUTECH Instruments, Singapore) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid) ด้วยเครื่อง Digital handheld refractometer (DR101-60, KRUSS, GmbH, Germany)

การตรวจวัดจำนวนจุลินทรีย์ของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้

ตรวจวัดจำนวนจุลินทรีย์ของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำผลไม้ ได้แก่ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ รา *E. coli* และ *Salmonella* sp. ตามวิธีการของจุลฑาพิทย และคณะ (2564) โดยตีปั่นตัวอย่างฝรั่งหนัก 10 กรัม ในน้ำเกลือปลอดเชื้อ (sterile saline solution, 0.85% NaCl) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (Polypropylene; PP bag) โดยใช้เครื่องตีปั่น (stomacher; Masticator Nr2557/400, IUL instruments; Barcelona, Spain) เป็นเวลานาน 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (Poubol et al., 2009) เจือจางสารละลายตัวอย่างที่ได้แบบ 10 เท่า (10 fold Serial dilutions) เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ด้วยวิธี pour plate technique ลงในอาหาร Plate Count Agar (PCA; Merck; Darmstadt, Germany) สำหรับตรวจวัดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด อาหาร Potato Dextrose Agar (PDA; HiMedia Laboratories;

Mumbai, India) สำหรับตรวจวัดจำนวนยีสต์และรา อาหาร Eosin Methylene Blue Agar (EMB; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) สำหรับตรวจวัดจำนวน *E. coli* และอาหาร Xylose Lysine Deoxycholate agar (XLD; HiMedia Laboratories; Mumbai, India) สำหรับตรวจวัดจำนวน *Salmonella* spp. นำจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ยกเว้นจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์และรายงานผลในหน่วย $\log_{10}$ colony-forming unit ต่อกรัม ($\log_{10}$ CFU/g)

ผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์ฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภค

จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าก๊าซออกซิเจนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยมีปริมาณก๊าซออกซิเจนอยู่ในช่วงร้อยละ 20.7-21 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ก๊าซออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา จากร้อยละ 20.9 เป็นร้อยละ 18.9, 17.4 และ 17.0 เมื่อเก็บรักษาฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ (Figure 1) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากร้อยละ 0 ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเป็นร้อยละ 0.5 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยเพิ่มเป็นร้อยละ 3.5, 4.5 และ 5.0 เมื่อเก็บรักษาฟร้งตัดแต่งพร้อมบริโภคนาน 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ (Figure 1)

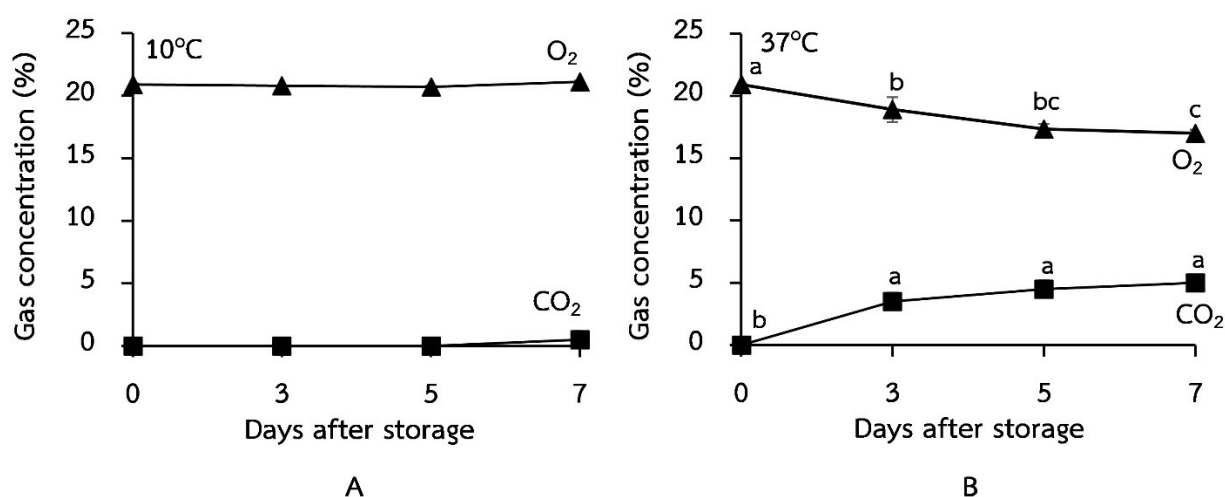


Figure 1: O₂ and CO₂ concentrations in packages of fresh-cut ‘Kimju’ guava stored at 10 (A) and 37°C (B) for 7 days. Vertical bars denote standard errors of three replicates. Different letters in each parameter indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.2 ซึ่งแสดงถึงความเป็นกรดของฝรั่ง เมื่อเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีค่า pH เพิ่มขึ้นเป็น 4.5 ในขณะที่ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เป็น 5.9 เมื่อเทียบกับฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Figure 2) ซึ่งแสดงถึงฝรั่งมีความเป็นกรดที่ลดลง จากการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นจาก 24.6°Brix ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา เป็น 28.4 และ 28.2 °Brix ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2)

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเปลือกฝรั่งมีสีเขียวอ่อน เนื้อในมีสีขาว ผิวเนื้อฝรั่งบริเวณรอยตัดมีความชุ่มชื้น และไม่มีการเกิดกลิ่น แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าฝรั่งมีการสูญเสียคุณภาพมากขึ้น โดยเปลือกฝรั่งมีสีเขียวลำและมีการคายน้ำตาลเกิดขึ้น เนื้อในมีสีคล้ำขึ้น ผิวเนื้อฝรั่งบริเวณรอยตัดมีลักษณะแห้ง ไม่มีการเกิดกลิ่น ถึงแม้จะเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน (Figure 3) ในขณะที่ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน มีเปลือกสีเขียวลำและมีการคายน้ำตาลเกิดขึ้น เนื้อในฝรั่งมีสีคล้ำขึ้น ผิวเนื้อฝรั่งบริเวณรอยตัดมีลักษณะแห้ง มีเชื้อราเจริญบริเวณผิวฝรั่ง และฝรั่งมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา เปลือกฝรั่งมีสีน้ำตาลมากขึ้น เนื้อฝรั่งมีรอยย่นและมีสีคล้ำ มีเชื้อราเจริญขึ้นทั่วชิ้นฝรั่ง และฝรั่งมีกลิ่นเหม็นมากขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าเปลือกฝรั่งมีสีน้ำตาลมากขึ้น เนื้อฝรั่งมีรอยย่นและมีสีคล้ำมากขึ้น อีกทั้งยังมีเส้นใยของเชื้อราเจริญขึ้นปกคลุมชิ้นฝรั่ง และฝรั่งมีกลิ่นเหม็นรุนแรง

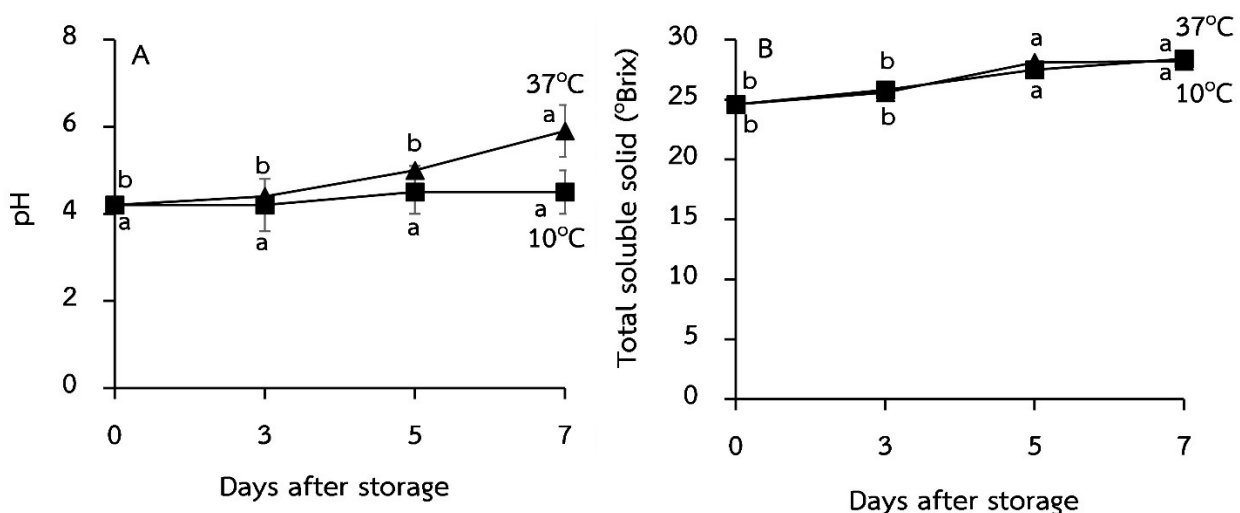


Figure 2: pH (A) and total soluble solid (B) of fresh-cut 'Kimju' guava stored at 10 and 37°C for 7 days. Vertical bars denote standard errors of three replicates. Different letters in each parameter indicate significant differences ($p < 0.05$) among storage times.



การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์

ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้มมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และรา เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้มมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ $5.6 \log \text{CFU/g}$ (Table 1) ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกลุ่มผักและผลไม้สดตัดแต่ง สลัดผัก ที่บรรจุในถาดโฟม หรือถุงพลาสติก (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าแบคทีเรียทั้งหมดมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 17 และ $20.5 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่ระบุไว้ว่าต้องมีจำนวนไม่เกิน $1 \times 10^6 \text{CFU/g}$ หรือ $6 \log \text{CFU/g}$ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) แต่อย่างไรก็ตามตรวจไม่พบแบคทีเรีย *E. coli* และ *Salmonella* spp. ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แต่ตรวจพบ *E. coli* จำนวน $8.1 \log \text{CFU/g}$ ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้มเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

จากการตรวจวัดจำนวนยีสต์และราของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้ม พบว่ามียีสต์และราเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้มมีจำนวนยีสต์และราเท่ากับ 4.8 และ $2.5 \log \text{CFU/g}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2560) ที่ระบุให้มีจำนวนยีสต์ไม่เกิน 1,000 CFU/g หรือ $3 \log \text{CFU/g}$ และจำนวนราไม่เกิน 500 CFU/g หรือประมาณ $2.7 \log \text{CFU/g}$ พบว่ายีสต์มีจำนวนสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ระบุไว้ $1.8 \log \text{CFU/g}$ ในขณะที่ราไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นพบว่ายีสต์และราที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา โดยยีสต์มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 8.7 และ $9.7 \log \text{CFU/g}$ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (Table 1) และมีจำนวนราเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเป็น 15 และ $19.5 \log \text{CFU/g}$ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งยีสต์และราที่ตรวจพบในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคน้ำจิ้มมีจำนวนเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ระบุไว้

Table 1: Total bacterial, yeasts, molds, *E. coli* and *Salmonella* spp. counts of fresh-cut ‘Kimju’ guava stored at 10 and 37°C.

Temperature (°C)	Days after storage	Microbial counts (Log CFU/g)				
		Total bacterial	Yeasts	Molds	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i> spp.
	Initial day	5.6 ^e	4.8 ^c	2.5 ^c	ND	ND
10	3	9.7 ^d	8.9 ^b	ND	ND	ND
	5	14.1 ^c	8.1 ^b	ND	ND	ND
	7	17.0 ^b	8.7 ^b	15.0 ^b	ND	ND
37	3	10.1 ^d	9.7 ^a	ND	ND	ND
	5	14.2 ^c	8.2 ^b	ND	ND	ND
	7	20.5 ^a	9.7 ^a	19.5 ^a	8.1	ND

Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

ND indicates not detectable.



การเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไคโตซาน

จากการวัดการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไคโตซาน โดยตรวจวัดค่า L^* (ความสว่าง) ค่า a^* (ค่าสีแดง-เขียว) ค่า b^* (ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน) ค่า Chroma (ค่าความเข้มสี) และค่า Hue angle (ค่าเฉดสี) พบว่าฟิล์มไคโตซานมีค่าสี L^* , a^* , b^* , Chroma และ Hue angle เท่ากับ 83.7, -6.9, -6.8, 7.6 และ 223.6 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งแสดงถึงฟิล์มไคโตซานมีเฉดสีน้ำเงินดังแสดงใน Figure 3 เมื่อเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคนในกล่องพลาสติกเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าฟิล์มไคโตซานมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีน้ำเงินอมเขียว (Figure 3) โดยมีค่าสี L^* , a^* , b^* , Chroma และ Hue angle เท่ากับ 41.9, -3.4, 0.6, 3.4 และ 170 ตามลำดับ (Table 2) ในขณะที่ฟิล์มไคโตซานในกล่องฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคนที่เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีน้ำเงินอมเหลือง โดยมีค่า L^* , a^* , b^* , Chroma และ Hue angle เท่ากับ 41.3, 7.0, 7.8, 7.9 และ 97.2 ตามลำดับ (Table 2)

Table 2: Color values of chitosan film on the initial day and the 7th day of storage of fresh-cut ‘Kimju’ guava packages stored at 10 and 37°C.

Color values	Initial day	Temperature (°C)	
		10°C	37°C
L^* (Lightness)	83.7 ^a	41.9 ^b	41.3 ^b
a^* (Green-red)	-6.9 ^c	-3.4 ^b	7.0 ^a
b^* (Blue-yellow)	-6.8 ^c	0.6 ^b	7.8 ^a
Chroma	7.6 ^a	3.4 ^b	7.9 ^a
Hue angle	223.6 ^a	170.0 ^b	97.2 ^c

Different lowercase letters in the same row indicate significant differences ($p < 0.05$).

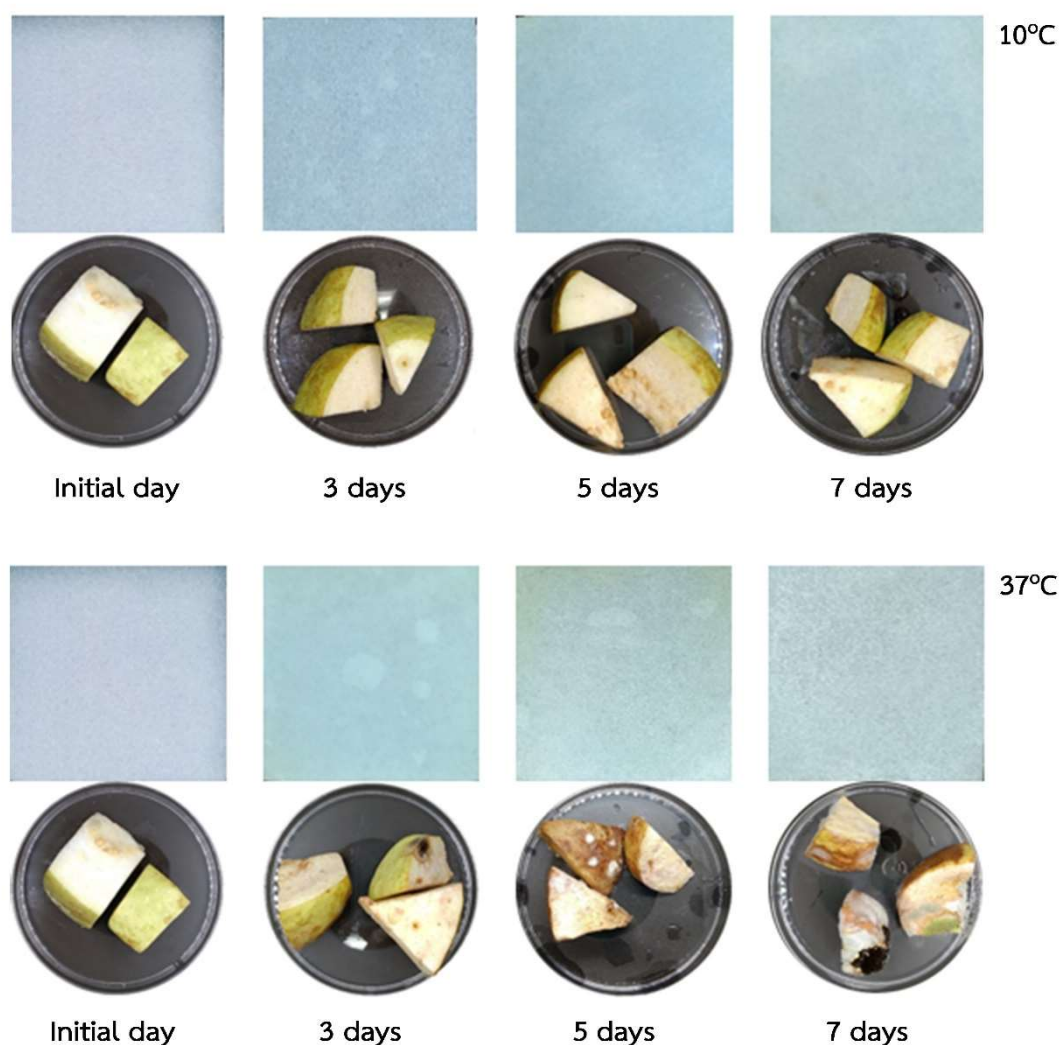


Figure 3: Quality change of fresh-cut ‘Kimju’ guava and the color change of chitosan films in fresh-cut ‘Kimju’ guava packages stored at 10 and 37°C for 7 days.

วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังมีชีวิตรอยู่ ดังนั้นจึงมีการใช้ก๊าซออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจ การเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการลดลงของก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา ในขณะที่การเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีการลดลงของก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาชนะบรรจุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา (Figure 1) โดยเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการหายใจของฝรั่งเพิ่มสูงขึ้น (Mangaraj & Goswami, 2011) ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์

สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมียค่า pH เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ซึ่งแสดงถึงฝรั่งมีค่าความเป็นกรดที่ลดลง โดยฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าความเป็นกรดลดลงมากกว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Figure 2) ปริมาณกรดที่ลดลงในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลมาจากกรดอินทรีย์ที่สะสมในฝรั่งถูกใช้ไปในกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยเฉพาะกระบวนการหายใจ (Nur Hanani et al., 2023) จึงทำให้ความเป็นกรดลดลงและค่า pH สูงขึ้น จากการตรวจวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nur Hanani et al. (2023) ที่พบว่าฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย (cinnamon essential oil) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลมาจากกระบวนการสุกของฝรั่งเป็นเหตุให้ฝรั่งมีค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ลดลง และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากขึ้น (Nur Hanani et al., 2023)

ภายหลังการตัดแต่งฝรั่งพันธุ์กิมจูพบว่าฝรั่งมีเปลือกสีเขียวอ่อน เนื้อในมีสีขาว ผิวเนื้อฝรั่งบริเวณรอยตัดมีความชุ่มชื้น จากการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพบว่าแบคทีเรียทั้งหมด ($5.6 \log \text{CFU/g}$) และรา ($2.5 \log \text{CFU/g}$) มีจำนวนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2560) ในขณะที่ยีสต์มีจำนวนเกินกว่ามาตรฐานที่ระบุไว้ถึง $1.8 \log \text{CFU/g}$ เมื่อเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส พบว่าเปลือกและเนื้อฝรั่งเริ่มมีสีเขียวล้ำถึงสีน้ำตาล พื้นผิวบริเวณรอยตัดมีลักษณะยุ่นและแห้ง (Figure 3) โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเจริญของเชื้อรามากยิ่งขึ้น โดยแบคทีเรียทั้งหมด ยีสต์ และรา มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษา และมีจำนวนเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ระบุไว้ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) อีกทั้งฝรั่งมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังตรวจพบแบคทีเรีย *E. coli* ในฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีเปลือกบาง ผู้บริโภคสามารถรับประทานฝรั่งได้ทั้งเปลือก โดยทั่วไปผู้บริโภคจะล้างทำความสะอาดผลฝรั่งก่อนการแปรรูปด้วยน้ำประปาเท่านั้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงออกแบบการทดลองโดยการล้างทำความสะอาดผลฝรั่งด้วยน้ำประปา โดยใช้วิธีการปล่อยให้ น้ำประปาไหลผ่านผลฝรั่งจนทั่วพร้อมกับใช้มือถูเบา ๆ โดยไม่ได้ผ่านการแช่ผลฝรั่งในสารละลายคลอรีนอีกครั้งภายหลังจากที่ล้างด้วยน้ำประปา ดังนั้น จึงทำให้ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 37 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2560) ระบุไว้ จากงานวิจัยของ Nur Hanani et al. (2023) ที่ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย พบว่าในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย (control) มีแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ $3.98 \log \text{CFU/g}$ มียีสต์และราเท่ากับ $4.38 \log \text{CFU/g}$ ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าที่พบในงานวิจัยนี้ อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยมีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนบนผลฝรั่งด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์เข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที ก่อนการแปรรูปฝรั่งจึงช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผลฝรั่งได้ดีกว่าการล้างผลฝรั่งด้วยน้ำประปาเพียงอย่างเดียว

เมื่อตรวจสอบลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไคโตซานในบรรจุภัณฑ์ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าฟิล์มไคโตซานมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีน้ำเงินอมเขียวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยในวันที่ 7 ของการ

เก็บรักษาฟิล์มไคโตซานมีสีน้ำเงินอมเขียวที่ชัดเจนมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคนพบว่าฝรั่งมีการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น พื้นผิวบริเวณรอยตัดมีลักษณะแห้งและมีรอยย่นเกิดขึ้น (Figure 3) ซึ่งแสดงถึงการสูญเสียคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไคโตซานในบรรจุภัณฑ์ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าฟิล์มไคโตซานมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำเงินไปเป็นสีน้ำเงินอมเขียวตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา และเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอมเหลืองอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ซึ่งแสดงถึงการสูญเสียคุณภาพที่เกิดจากการเน่าเสียของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยเฉพาะมีเชื้อราขึ้นบนเนื้อฝรั่ง และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าฟิล์มไคโตซานมีสีน้ำเงินอมเหลืองที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และฝรั่งมีเชื้อราขึ้นปกคลุมมากขึ้น (Figure 3) กล่าวได้ว่าฟิล์มไคโตซานที่ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงสีตามอุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และการเน่าเสียของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคในบรรจุภัณฑ์

การเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มไคโตซานในบรรจุภัณฑ์อาหารขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสารที่ใช้เป็นส่วนประกอบของฟิล์ม ความเข้มข้นของสารที่ใช้ ชนิดของรงควัตถุ ชนิดของสารระเหย/ก๊าซในบรรจุภัณฑ์ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา เป็นต้น จากงานวิจัยของ Vo et al. (2019) ที่ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพเนื้อหมูโดยการห่อขึ้นเนื้อหมูด้วยฟิล์มไคโตซานผสมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์และแอนโทไซยานินจากกะหล่ำม่วง พบว่าฟิล์มไคโตซานมีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีน้ำเงินเขียว (sea-green) ไปเป็นสีชมพู สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดของเนื้อหมูที่เพิ่มมากขึ้น โดยเนื้อหมูกลิ้นเปรี้ยวและมีการเจริญของแบคทีเรียและเชื้อรา จากงานวิจัยของ Khezerlou et al. (2023) ที่ศึกษาการใช้ฟิล์มไคโตซานผสมแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อปลาในบรรจุภัณฑ์ พบว่าฟิล์มไคโตซานมีการเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลอ่อนซึ่งแสดงถึงปลาเริ่มเน่าเสีย ไปเป็นสีเทาซึ่งแสดงถึงปลาเน่าเสีย สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่า pH และปริมาณสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งมีค่าเพิ่มมากขึ้น จากงานวิจัยนี้พบว่าฟิล์มไคโตซานที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงสีที่สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณก๊าซออกซิเจน และการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคและจุลินทรีย์ และสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า pH ที่เกิดจากการลดลงของปริมาณกรดสะสมในฝรั่ง ซึ่งถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจเช่นเดียวกัน รวมถึงสอดคล้องกับการสูญเสียคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคและการเจริญของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นบนชิ้นฝรั่ง

บทสรุป

ฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูมีการใช้ก๊าซออกซิเจนและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรจุภัณฑ์ โดยฝรั่งมีการสูญเสียคุณภาพและมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา การใช้ฟิล์มอัจฉริยะไคโตซานผสมสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และรงควัตถุแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน สามารถใช้เป็นดัชนีในการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฝรั่งตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์กิมจูในภาชนะบรรจุได้ นอกจากรงควัตถุแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันแล้วรงควัตถุอื่น เช่น เพลาโกนิน (pelargonidin) ไชยานิดิน (cyanidin) เดลฟินิดิน (delphinidin) พีโอนิดิน (peonidin) เพทูนิดิน (petunidin) และมาลวิดิน (malvidin) อาจสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตฟิล์มไคโตซานอัจฉริยะที่ให้ผลในการตรวจวัดคุณภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากโครงการวิจัยมุ่งเป้า วิจัยเขตกำแพงแสน ประจำปีงบประมาณ 2562 และได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากโครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2564 ขอขอบคุณหน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2560. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3. แหล่งที่มา: <http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/index.php/bio/>, 1 พฤศจิกายน 2565.
- จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล. 2566. คุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาของผักและผลไม้สดตัดแต่ง. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิจัยเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, พิมพ์วิภา ศรีธิ และ ปริมา พิริยางกูร. 2562. การใช้โคโตซานร่วมกับสารดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในการตรวจคุณภาพของมะเขือเทศราชินีตัดแต่งที่ปนเปื้อนเชื้อ *Escherichia coli*. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 50 (2) (พิเศษ): 121-124.
- จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, ฤทธยา เนตรประไพ และ ปริมา พิริยางกูร. 2564. การศึกษาความเป็นไปได้ของสารเคลือบโคโตซาน ผสมเอเอ็มพีและแอนโทไซยานินในการตรวจสอบการเกิดสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจนในแบบจำลองภาชนะบรรจุ ผลิตภัณฑ์สด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 52 (1) (พิเศษ): 25-28.
- Barry-Ryan, C., J.M. Pacussi and D. O'Beirne. 2000. Quality of shredded carrots as affected by packaging film and storage temperature. *Journal of Food Science* 65 (4): 726-730.
- Duan, C., X. Meng, J. Meng, M.I.H. Khan, L. Dai, A. Khan, X. An, J. Zhang, T. Huq and Y. Ni. 2019. Chitosan as a preservative for fruits and vegetables: A review on chemistry and antimicrobial properties. *Journal of Bioresources and Bioproducts* 4 (1): 11-21.
- Jamieson, S., C.E. Wallace, N. Das, P. Bhattacharyya and A. Bishayee. 2023. Guava (*Psidium guajava* L.): A glorious plant with cancer preventive and therapeutic potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 63 (2): 192-223.
- Jung, J., K. Lee, P. Puligundla and S. Ko. 2013. Chitosan-based carbon dioxide indicator to communicate the onset of kimchi ripening. *LWT-Food Science and Technology* 54: 101-106.
- Khezerlou, A., M. Tavassoli, M.A. Sani, A. Ehsani and D.J. McClements. 2023. Smart packaging for food spoilage assessment based on *Hibiscus sabdariffa* L. anthocyanin-loaded chitosan films. *Journal of Composites Science* 7 (10): 404.



- Mangaraj, S. and T.K. Goswami. 2011. Measurement and modeling of respiration rate of guava (CV. Baruipur) for modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Properties* 14 (3): 609-628.
- Nur Hanani, Z.A., K.L. Soo, W.I. Wan Zunairah and S. Radhiah. 2023. Prolonging the shelf life of fresh-cut guava (*Psidium guajava* L.) by coating with chitosan and cinnamon essential oil. *Heliyon* 9 (12): e22419.
- Poubol, J., Kukeeratikul, K. and Jitareerat, P. 2009. Ultraviolet-C treatments for spearmint decontamination of *Salmonella* sp. and *Escherichia coli*. *Acta Horticulturae* 875: 263-268.
- Sharma, N., V. Tiwari, S. Vats, A. Kumari, V. Chunduri, S. Kaur, P. Kapoor and M. Garg. 2020. Evaluation of anthocyanin content, antioxidant potential and antimicrobial activity of black, purple and blue colored wheat flour and wheat-grass juice against common human pathogens. *Molecules* (Basel, Switzerland) 25 (24): 5785.
- Shuo, X., Y.W. Wang, F.D. Otto and A.E. Mather. 1996. Kinetics of the reaction of carbon dioxide with 2-amino-2-methyl-1-propanol solutions. *Chemical Engineering Science* 51 (6): 841-850.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). FoodData Central. 2019a. Guavas, common, raw. Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173044/nutrients>, June 10, 2021.
- U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. 2019b. Kiwifruit, green, raw. Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168153/nutrients>, May 26, 2021.
- U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. 2019c. Mango, raw. Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169910/nutrients>, May 26, 2021.
- U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. 2019d. Pineapple, raw, all varieties. Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169124/nutrients>, May 18, 2021.
- U.S. Department of Agriculture. FoodData Central. 2019e. Pummelo, raw. Available Source: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167754/nutrients>, June 14, 2021.
- Vo, T.V., T.H. Dang and B.H. Chen. 2019. Synthesis of intelligent pH indicative films from chitosan/poly(vinyl alcohol)/anthocyanin extracted from red cabbage. *Polymers* 11(7): 1088-1099.
- Wikipedia. 2021. Guava. Available Source: <https://en.wikipedia.org/wiki/Guava>, June 16, 2021.
- Xing, Y., Q. Xu, X. Li, C. Chen, L. Ma, S. Li, Z. Che and H. Lin. 2016. Chitosan-based coating with antimicrobial agents: preparation, property, mechanism, and application effectiveness on fruits and vegetables. *International Journal of Polymer Science* 2016: 4851730.