

ผลของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ไผ่แดงสด (*Dendrocalamus asper* Backer ex K. Heyne) ตัดแต่ง
Effect of Cell-free Culture Broth of Lactic Acid Bacteria, *Pediococcus lolii*, on Inhibition of Browning and Quality of Minimally Processed Sweet Bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer ex K. Heyne) Shoot

สุวิภา คำแหง¹ อัญณ์ชญาน์ มงคลชัยพฤกษ์^{1,2,*} และ วรณา มาลาพันธ์³
Suwipa Khamhaeng¹, Anchaya Mongkolchaiyaphruek^{1,2,*} and Wanna Malaphan³

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

³ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

³ Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 8 พฤศจิกายน 2565 Received: 8 November 2022

ปรับแก้ไข: 3 ธันวาคม 2565 Revised: 3 December 2022

รับตีพิมพ์: 5 ธันวาคม 2565 Accepted: 5 December 2022

* Corresponding author: agrctt@ku.ac.th

ABSTRACT: Browning of fresh minimally processed bamboo shoots is often encountered during storage and sale, making it unacceptable to consumers. Such browning can be prevented by using sulfide group chemicals. However, the use of chemicals may cause allergic reactions in consumers. Currently, the production of minimally processed products tries to find out a safe method using biological substances. Thus, this research aimed to study the optimum concentration of cell free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* and soaking duration for browning inhibition of fresh minimally processed bamboo (*Dendrocalamus asper* Backer ex K. Heyne) shoots. The experiment was performed in 3 x 3 factorial in completely randomized design. Two factors, concentrations of CFS were 0, 50, and 100% (by volume), and the soaking duration were 5, 10, and 20 minutes, consisting of 9 treatments, 8 replications each. The non-treated and treated fresh minimally processed bamboo shoots were packed in a foam tray then wrapped with PVC plastic, and stored at a temperature of 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days. It was found that fresh minimally processed bamboo shoots soaked in 100% concentration of CFS at all soaking durations, showed the inhibition of browning and the growth of microorganisms effectively ($P < 0.01$) throughout the storage life, without affecting changes in appearance, taste, and texture ($P > 0.05$). Therefore, the CFS from lactic acid bacteria, *Pediococcus lolii*, can be

used as a substitute for chemicals to inhibit the browning which is safe for consumers and environmentally friendly.

Keywords: Bamboo shoot, browning, lactic acid bacteria *Pediococcus lolii*, shelf life

Agricultural Sci. J. (2023) Vol. 54(1): 82–101

ว. วิทย. กษ. (2566) 54(1): 82–101

บทคัดย่อ

การเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ไผ่ดองสดตัดแต่งพร้อมปรุงมักเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและวางจำหน่าย จึงไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อาการสีน้ำตาลสามารถป้องกันได้โดยการใช้สารเคมีในกลุ่มซัลไฟต์ ทั้งนี้ การใช้สารเคมีอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ในผู้บริโภค ปัจจุบันการผลิตอาหารตัดแต่งพร้อมปรุงจึงพยายามหาวิธีการที่มีความปลอดภัยโดยใช้สารชีวภัณฑ์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่น้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* ที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ไผ่ดองสด (*Dendrocalamus asper* Backer ex K. Heyne) ตัดแต่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย คือ ระดับความเข้มข้นของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 0 50 100 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) และระยะเวลาการแช่ 5 10 และ 20 นาที ประกอบด้วย 9 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ บรรจุหน่อไม้ไผ่ดองสดตัดแต่งแต่ละกรรมวิธีในถาดโฟม หุ้มด้วยพลาสติก PVC เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 วัน ผลการศึกษาพบว่า หน่อไม้ไผ่ดองสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ทุกระยะเวลา สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ($P < 0.01$) ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดอายุการเก็บรักษา 8 วัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะปรากฏรสชาติ และเนื้อสัมผัส ($P > 0.05$) ดังนั้น น้ำเลี้ยงเชื้อจากแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* สามารถ

นำมาใช้ทดแทนสารเคมี เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: หน่อไม้ไผ่ดองสด, การเกิดสีน้ำตาล, แบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii*, อายุการเก็บรักษา

บทนำ

หน่อไม้จัดเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเนื่องจากมีเส้นใยมาก (Bureau of Nutrition, 2018) จึงได้รับความนิยมในการนำมาประกอบอาหาร หน่อไม้สดที่มีการจำหน่ายเป็นการค้า คือ หน่อไม้ไผ่ดองเนื่องจากหน่อไม้คุณภาพดี รสหวาน และเนื้อมีสีขาวละเอียด โดยนิยมวางจำหน่ายเป็นหน่อและหั่นเป็นชิ้นพร้อมปรุง สำหรับหน่อไม้ไผ่ดองสดตัดแต่งพร้อมปรุง มักพบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้คุณภาพการเก็บรักษาสั้น และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Agriculture Group, 1988)

การเกิดสีน้ำตาลมีสาเหตุสำคัญมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล โดยมีเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะที่มีออกซิเจน (Theerakulkait, 2015) ทำให้สารประกอบฟีนอลเปลี่ยนไปเป็นควิโนนและรวมตัวกันเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งพืชในสภาวะปกติปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์เหล่านี้จะไม่เกิดขึ้น แต่เมื่อเซลล์พืชถูกทำลาย ฉีกขาด หรือเกิดบาดแผล จะส่งผลทำให้เกิดสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว (Siripanich, 2010) แนวทางแก้ปัญหา

การเกิดสีน้ำตาลทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ดังมีรายงานว่า หน่อไม้สดตัดแต่งที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงห่อหุ้มด้วยฟิล์ม polyethylene (PE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้ (Shen *et al.*, 2006) แต่มีประสิทธิภาพไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีในกลุ่มสารประกอบซัลไฟด์ที่ได้รับความนิยมและมีประสิทธิภาพ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งใช้กันมากในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ (Siripanich, 2010) ปัจจุบันนักวิจัยมีความพยายามในการหาสารจากธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพมาทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งถือเป็นทางเลือกที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม เช่น การนำแบคทีเรียกรดแลคติกมาใช้เพื่อชะลอหรือยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้สด ดังมีรายงานว่า การใช้ *Lactobacillus plantarum* ร่วมกับไคโตซาน สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบนผิวผลเงาะได้ (Martínez-Castellanos *et al.*, 2009) การใช้แบคทีเรียกรดแลคติกยีสต์อายุการวางจำหน่ายแอปเปิลและผักกาดหอมพันธุ์ ‘lam’ ที่ผ่านการตัดแต่งพร้อมบริโภคได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ (Siroli *et al.*, 2015) นอกจากนี้ แบคทีเรียกรดแลคติกยังสามารถผลิตสารแบคทีริโอซิน ซึ่งเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อน เช่นการศึกษาในแตงกวาดัดแต่งที่ได้แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่พบว่าสามารถลดจำนวนเชื้อ *Listeria monocytogenes* ที่มีการปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Malaphan, 2007) และการใช้แบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* เพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงมันเดือนเก้าตัดแต่ง ซึ่งสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ในเนื้อมะม่วงตัดแต่ง (Chaisirikul *et al.*, 2016) ทั้งนี้ จากการศึกษาเบื้องต้นการนำน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมาใช้เพื่อชะลอการเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ไผ่ดัดแต่ง

พบว่า น้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีแนวโน้มที่จะสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในหน่อไม้ไผ่ดัดแต่งตัดแต่งได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* ที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ไผ่ดัดแต่ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการชะลอหรือยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลด้วยสารชีวภาพที่สร้างจากแบคทีเรียทางอาหาร (Food bacteria) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii*

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเหลวสูตร Lactobacillus MRS Broth (MRS Broth, HIMEDIA) แล้วนำไปผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ นำเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* ถ่ายลงในอาหาร MRS Broth บรรจุในขวดฝาเกลียว บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16–18 ชั่วโมง จากนั้น นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เตรียมสารแขวนลอยตะกอนเซลล์ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วจึงนำสารแขวนลอยตะกอนเซลล์ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (1.0% v/v) ใส่ลงในอาหารเหลว MRS Broth ที่บรรจุในขวดฝาเกลียวขนาด 500 มิลลิลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16–18 ชั่วโมง แยกเซลล์ออกจากอาหารเหลวด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก (Cell free supernatant, CFS) ที่ได้ไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้ระยะเวลาการนึ่ง 15 นาที และตรวจวัดค่า pH ของ CFS ก่อนนำไปใช้ สำหรับ

การเตรียมน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus loli* ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เจือจางโดยใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียมหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งและกรรมวิธีการแช่ใน CFS

นำหน่อไม้ไผ่ตงเขียวพันธุ์ศรีปราจีน (*Dendrocalamus asper* Backer ex K. Heyne) ซึ่งเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 จากแปลงเกษตรจังหวัดปราจีนบุรี ขนาดความยาวหน่อประมาณ 45 เซนติเมตร ที่มีความสม่ำเสมอปราศจากโรคและแมลง มาทำความสะอาดผิวเปลือกด้านนอกด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO) ความเข้มข้น 200 ppm จากนั้น ปอกเปลือกหน่อไม้และล้างด้วยน้ำสะอาด นำหน่อไม้มาตัดส่วนปลายและโคนแข็งออก โดยเลือกใช้เฉพาะบริเวณส่วนกลางหน่อ หั่นตัดแต่งหน่อไม้ให้มีขนาด 0.7 × 4 × 0.7 เซนติเมตร (กว้าง × ยาว × สูง) จากนั้น นำหน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งจำนวนกรรมวิธีละ 1,280 กรัม แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus loli* ปริมาตร 1,400 มิลลิลิตร ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการแช่แตกต่างกันตามกรรมวิธีที่กำหนด ผึ่งให้แห้งภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ และบรรจุลงถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyvinylchloride (PVC) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3 × 3 Factorial in completely randomized design) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ระดับความเข้มข้นของ

น้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 3 ระดับ ได้แก่ 0 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 3 ระดับ ได้แก่ 5 10 และ 20 นาที โดยกำหนดให้แต่ละกรรมวิธีมีจำนวน 8 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ถาด (10 ชิ้นต่อถาด)

การประเมินคุณภาพหน่อไม้

ประเมินคุณภาพของหน่อไม้สดตัดแต่งทุก 2 วัน เป็นระยะเวลา 8 วัน โดยประเมินการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด สีของหน่อไม้ (L* และ b* ระบบ Hunter scales ด้วยเครื่อง HunterLab รุ่น MiniScan EZ) การเกิดสีน้ำตาล (โดยให้คะแนนแบบ Hedonic 4 scales ระดับคะแนน 1-4 โดย 1 = ไม่เกิดอาการสีน้ำตาล 2 = เกิดอาการ 25 เปอร์เซ็นต์ 3 = เกิดอาการ 26-50 เปอร์เซ็นต์ และ 4 = เกิดอาการ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดของน้ำคั้น (ด้วยเครื่อง Hand refractometer, Atago, Japan) ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำคั้น (โดย pH - indicator strips, Germany) การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC® Official Method 2002.07 และรายงานผลเป็นหน่วย CFU/g) การยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัสของหน่อไม้ที่ผ่านการปรุงสุกโดยต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที (โดยผู้ประเมิน 7 คน ให้คะแนนแบบ Hedonic 4 scales ระดับคะแนน 1-4 โดย 1 = มีความผิดปกติมาก 2 = มีความผิดปกติปานกลาง 3 = มีความผิดปกติเล็กน้อย และ 4 = ไม่มีความผิดปกติ) และประเมินอายุการเก็บรักษา โดยพิจารณาวันหมดอายุ โดยใช้เกณฑ์การเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หรือมีการปนเปื้อนของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนชิ้นหน่อไม้สดตัดแต่งที่บรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์มากกว่า หรือเท่ากับ 1×10^6 CFU/g ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2560)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix v. 8.1 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของอิทธิพลความเข้มข้นของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียและระยะเวลาการแช่ด้วยวิธี two-way analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ยกเว้น วันที่ 6 ของการเก็บรักษา ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการสูญเสียน้ำหนักในทุกกรรมวิธี ($P > 0.05$) ตลอดระยะเวลา 4–6 วันของการเก็บรักษา หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีแนวโน้มน้ำหนักสดเฉลี่ยลดลงน้อยกว่า ($P < 0.05$) หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม โดยหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด โดยเฉลี่ย 2.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักสดโดยเฉลี่ย 2.3 และ 2.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการแช่ในน้ำหรือน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกระยะเวลา 20 นาที ส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่า ($P < 0.01$) การแช่สารที่ระยะเวลา 10 และ 5 นาที (Table 1) ทั้งนี้ การบรรจุหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งในสภาพโคม หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งสัมผัสกับอากาศน้อยลง ประกอบกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้

หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งมีการหายใจและการคายน้ำลดลง (Siripanich, 1995) ดังนั้น จึงพบการสูญเสียน้ำหนักสดเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาวะดังกล่าว

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผิวหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่ง

เมื่อพิจารณาค่าความสว่างของสี (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของผิวหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งพบว่า หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่า L^* เพิ่มขึ้น ขณะที่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุมมีค่า L^* ลดลง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน ($P < 0.01$; Table 2) โดยหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L^* มากที่สุด (75.1–77.4) รองลงมา ได้แก่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่มีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 70.3–77.6 และ 62.2–72.2 ตามลำดับ ทั้งนี้ ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่า ระยะเวลาการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก นาน 10–20 นาที ส่งผลให้ผิวหน่อไม้มีค่า L^* มากกว่าการแช่นาน 5 นาที ในทางตรงกันข้าม หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม เมื่อแช่ในน้ำนานขึ้น (10–20 นาที) มีแนวโน้มที่ผิวของหน่อไม้ปรากฏอาการสีคล้ำ ค่า L^* ลดลงมากกว่าการแช่ในน้ำนาน 5 นาที ($P < 0.01$) แต่เมื่อพิจารณาค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) พบว่า หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม และที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที ค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่า b^* เท่ากับ 7.9–16.0 และ 9.8–12.3 ตามลำดับ ขณะที่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ นาน 5–20 นาที มีค่า b^* เท่ากับ 7.0–8.6 ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$; Table 2) ทั้งนี้ การแช่ในน้ำหรือน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นระยะเวลา 10 หรือ 20 นาที หน่อไม้มีค่า b^* ลดลงและน้อยกว่าหน่อไม้

ที่แช่สารนาน 5 นาที ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากการแช่สารเป็นเวลานาน (10–20 นาที) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดสารละลายเข้าสู่เซลล์ได้มากขึ้น ส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ดองสดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นช้ากว่าในหน่อไม้ไผ่ดองสดตัดแต่งที่แช่สารเป็นระยะเวลา 5 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Martínez-Castellanos *et al.* (2011) ที่ศึกษาในลินจี่พันธุ์

Brewster โดยฉีดพ่นน้ำเลี้ยงเชื้อ *Lactobacillus plantarum* ความเข้มข้น 1×10^9 CFU/mL และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลลินจี่ที่ได้รับ *Lactobacillus plantarum* มีค่า L^* และ c^* สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลลินจี่ที่ไม่ได้รับสาร (กรรมวิธีควบคุม)

Table 1 Weight loss (%) of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Weight loss (%)				
		Storage time (day)				
		0	2	4	6	8
0	5	0.0 ± 0.0	0.9 ± 0.2 ^b	2.3 ± 0.2 ^{ab}	3.4 ± 0.3	4.0 ± 0.3 ^b
	10	0.0 ± 0.0	0.9 ± 0.1 ^b	2.0 ± 0.1 ^{bcd}	3.0 ± 0.2	3.8 ± 0.1 ^{bc}
	20	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 ^b	2.3 ± 0.1 ^{ab}	3.5 ± 0.1	5.1 ± 0.2 ^a
50	5	0.0 ± 0.0	1.5 ± 0.4 ^a	2.5 ± 0.3 ^a	2.6 ± 0.1	4.0 ± 0.1 ^b
	10	0.0 ± 0.0	1.2 ± 0.2 ^{ab}	1.6 ± 0.1 ^{cde}	2.7 ± 0.4	3.4 ± 0.1 ^{de}
	20	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.1 ^b	1.5 ± 0.1 ^e	2.0 ± 0.1	3.5 ± 0.1 ^{cde}
100	5	0.0 ± 0.0	0.8 ± 0.1 ^b	2.1 ± 0.2 ^{abc}	2.2 ± 0.0	3.1 ± 0.1 ^e
	10	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.1 ^b	1.5 ± 0.1 ^{de}	2.2 ± 0.2	3.7 ± 0.2 ^{bcd}
	20	0.0 ± 0.0	1.5 ± 0.2 ^a	1.9 ± 0.1 ^{bcde}	2.3 ± 0.1	3.8 ± 0.1 ^{bc}
Concentration of CFS		-	ns	*	*	**
Soaking duration		-	ns	**	ns	**
Concentration of CFS x Soaking duration		-	**	*	ns	**
CV (%)		-	47.09	23.76	23.20	11.04

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

Table 2 L* and b* values of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	L* value						b* value					
		Storage time (day)						Storage time (day)					
		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8		
0	5	74.4 ± 1.3	74.2 ± 0.8	73.4 ± 0.7 ^{cde}	67.4 ± 1.4 ^e	72.2 ± 0.7 ^c	10.2 ± 0.5	10.1 ± 0.4	10.1 ± 0.4	15.5 ± 0.8 ^b	16.0 ± 0.4		
	10	74.4 ± 1.3	74.6 ± 1.0	72.7 ± 0.7 ^{de}	70.8 ± 0.7 ^d	62.2 ± 1.5 ^e	10.2 ± 0.5	8.3 ± 0.2	10.7 ± 0.6	14.5 ± 0.8 ^b	15.5 ± 0.9		
	20	74.4 ± 1.3	72.8 ± 1.2	71.8 ± 0.7 ^e	66.4 ± 0.8 ^e	67.9 ± 0.9 ^d	10.2 ± 0.5	7.9 ± 0.4	9.9 ± 0.4	14.1 ± 0.6 ^a	13.6 ± 0.5		
50	5	74.4 ± 1.3	75.0 ± 0.5	73.9 ± 1.0 ^{cd}	72.5 ± 1.2 ^{cd}	70.3 ± 0.8 ^c	10.2 ± 0.5	9.8 ± 0.2	10.7 ± 0.7	12.3 ± 0.5 ^b	11.8 ± 0.6		
	10	74.4 ± 1.3	77.1 ± 0.6	76.1 ± 0.5 ^{ab}	75.1 ± 0.3 ^b	77.2 ± 0.3 ^{ab}	10.2 ± 0.5	9.1 ± 0.4	9.6 ± 0.4	8.8 ± 0.2 ^{cd}	10.1 ± 0.4		
	20	74.4 ± 1.3	76.9 ± 0.9	76.4 ± 0.4 ^{ab}	74.8 ± 0.4 ^b	77.6 ± 0.7 ^a	10.2 ± 0.5	8.7 ± 0.4	9.4 ± 0.4	9.3 ± 0.3 ^c	10.0 ± 0.5		
100	5	74.4 ± 1.3	76.7 ± 1.2	74.6 ± 0.8 ^{bcd}	77.5 ± 0.4 ^a	76.0 ± 0.6 ^{ab}	10.2 ± 0.5	8.4 ± 0.2	7.9 ± 0.3	8.2 ± 0.3 ^{cde}	8.2 ± 0.2		
	10	74.4 ± 1.3	76.9 ± 0.6	75.1 ± 0.8 ^{abc}	73.6 ± 0.2 ^{bc}	75.1 ± 0.9 ^b	10.2 ± 0.5	8.0 ± 0.2	8.6 ± 0.1	7.7 ± 0.3 ^{de}	8.2 ± 0.2		
	20	74.4 ± 1.3	77.2 ± 0.7	76.7 ± 0.6 ^a	75.7 ± 0.4 ^{ab}	77.4 ± 0.4 ^{ab}	10.2 ± 0.5	7.7 ± 0.3	7.0 ± 0.4	7.2 ± 0.1 ^e	7.3 ± 0.3		
Concentration of CFS	ns	**	**	**	**	ns	**	**	**	**			
Soaking duration	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	*	**	**			
Concentration of CFS x Soaking duration	ns	ns	*	**	**	ns	ns	ns	*	ns			
CV (%)	4.99	3.26	2.72	2.94	3.19	13.15	10.76	13.24	13.19	12.18			

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

การเกิดสีน้ำตาลของผิวหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่ง

หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 5–20 นาที ไม่พบการเกิดสีน้ำตาลตลอดระยะเวลา 8 วัน ของการเก็บรักษา ขณะที่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ และหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธี

ควบคุม พบการเกิดสีน้ำตาลในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 10–20 นาที พบการเกิดสีน้ำตาลของหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งช้าและน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$; Table 3) เมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้ที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก ระยะเวลา 5 นาที

Table 3 Browning (Score) of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Browning (score)				
		Storage time (day)				
		0	2	4	6	8
0	5	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.8 ± 0.1 ^a	3.4 ± 0.2 ^a	4.0 ± 0.0 ^a
	10	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.9 ± 0.1 ^a	3.5 ± 0.1 ^a	4.0 ± 0.0 ^a
	20	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0 ^a	3.2 ± 0.1 ^b	3.7 ± 0.1 ^b
50	5	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.5 ± 0.2 ^b	2.3 ± 0.1 ^c	2.5 ± 0.2 ^c
	10	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.1 ± 0.1 ^c	2.0 ± 0.0 ^d	2.1 ± 0.1 ^d
	20	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 ^c	2.0 ± 0.0 ^d	1.9 ± 0.2 ^d
100	5	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 ^c	1.0 ± 0.0 ^e	1.0 ± 0.0 ^e
	10	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 ^c	1.0 ± 0.0 ^e	1.0 ± 0.0 ^e
	20	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 ^c	1.0 ± 0.0 ^e	1.0 ± 0.0 ^e
Concentration of CFS		ns	ns	**	**	**
Soaking duration		ns	ns	ns	**	**
Concentration of CFS x Soaking duration		ns	ns	**	*	*
CV (%)		0.0	0.0	17.94	8.98	11.23

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

จากผลการศึกษายังพบว่า หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุมเริ่มเกิดสีน้ำตาลในวันที่ 4 โดยการเกิดสีน้ำตาลมีปริมาณมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Figure 1) หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุมที่แช่ในน้ำ ระยะเวลา 20 นาที เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่าหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำ ระยะเวลา

เวลา 5–10 นาที ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องจากการแช่ในน้ำเป็นเวลา 20 นาที ส่งผลให้หน่อไม้มีความชื้นสูงสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศได้น้อยลง จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดสีน้ำตาลลดลง

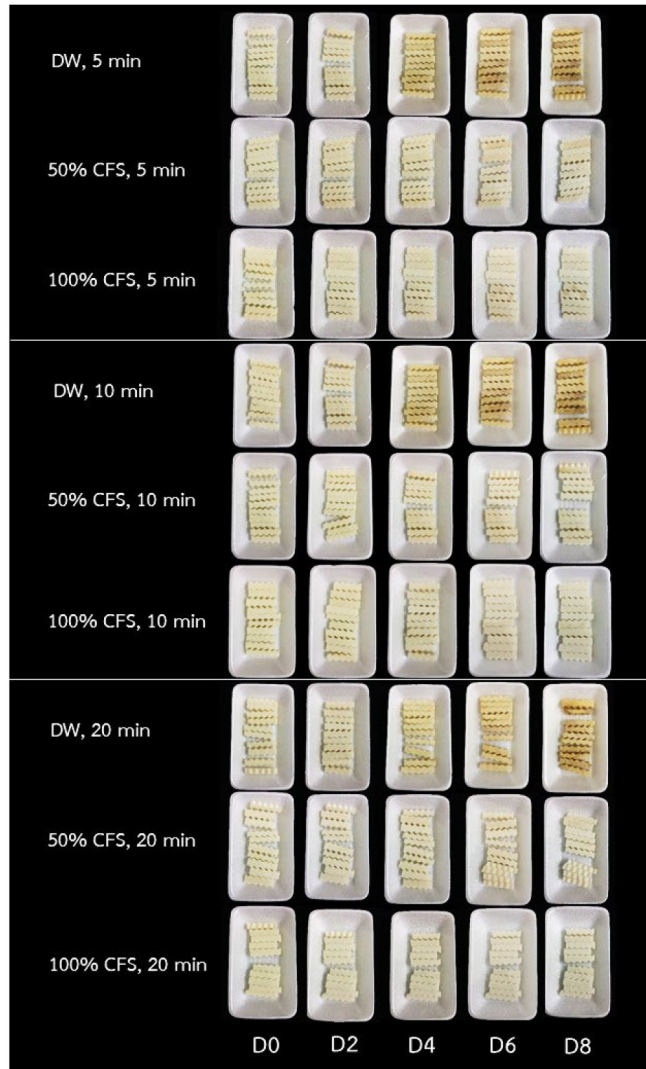


Figure 1 Browning of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days. DW = distilled water, D0 = initial day of storage, D2–D8 = at day 2, 4, 6, and 8 of storage, respectively.

ในขณะที่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำ เป็นระยะเวลา 5–10 นาที ผิวน้ำมีลักษณะค่อนข้างแห้ง การสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเกิดขึ้นได้ดี ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น น้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอหรือยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ($P < 0.01$) สอดคล้องกับงานวิจัยในมะม่วงมันเดือนเก้าตัดแต่งที่หั่นแบบฝานหรือหั่นฝอย และแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus loli* ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) ระยะเวลา 10 นาที สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อมะม่วงตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chaisirikul *et al.*, 2016) นอกจากนี้ น้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus loli* มีค่า pH ค่อนข้างต่ำ (pH~4.5) จึงอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล เช่น polyphenol oxidase และ peroxidase เป็นต้น ทำให้การเกิดสีน้ำตาลลดลง (Theerakulkait, 2015)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 5 และ 20 นาที มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) เพิ่มขึ้นประมาณ 3–5 องศาบริกซ์ ในช่วง 2–4 วัน ของการเก็บรักษา ในขณะที่ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น 2 องศาบริกซ์ ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา จากนั้น

ปริมาณ TSS มีแนวโน้มลดลงและค่อนข้างคงที่ (Table 4) และเมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีอื่น พบว่า หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ TSS มากกว่าหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ และหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ทั้งนี้ ระยะเวลาการแช่สารนาน 20 นาที ส่งผลให้ปริมาณ TSS ลดลงน้อยกว่าการแช่สารนาน 5 และ 10 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ผลการศึกษาข้างต้นสอดคล้องกับการศึกษาที่ให้ *Lactobacillus plantarum* เพียงอย่างเดียว หรือร่วมกับไคโตซานกับผลเงาะ (*Nephelium lappaceum*) โดยเก็บรักษาที่ 25 และ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 และ 15 วัน พบว่า *L. plantarum* สามารถคงคุณภาพของสีผลได้อย่างชัดเจนและลดการสูญเสียของน้ำหนัก และการให้ *L. plantarum* เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับไคโตซาน สามารถรักษาคุณภาพของเงาะ และความแน่นเนื้อ TSS และ TA (Martínez-Castellanos *et al.*, 2009) นอกจากนี้ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ยังมีการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยกว่าหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม (ไม่แสดงข้อมูล) ดังนั้น จึงอาจเป็นไปได้ว่าหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นอาหารสะสมเพียงเล็กน้อย จึงส่งผลให้มีปริมาณ TSS มากกว่าหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม

Table 4 Total soluble solids of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Total soluble solids (°Brix)				
		Storage time (day)				
		0	2	4	6	8
0	5	5.8 ± 0.1	5.7 ± 0.1 ^c	5.0 ± 0.1 ^c	5.0 ± 0.1 ^c	4.5 ± 0.1 ^d
	10	5.8 ± 0.1	5.1 ± 0.0 ^f	5.0 ± 0.1 ^c	4.9 ± 0.1 ^c	4.5 ± 0.1 ^d
	20	5.8 ± 0.1	5.2 ± 0.1 ^{ef}	5.1 ± 0.1 ^c	4.6 ± 0.1 ^d	4.6 ± 0.1 ^{cd}
50	5	5.8 ± 0.1	5.3 ± 0.1 ^{def}	5.1 ± 0.1 ^c	4.9 ± 0.1 ^c	4.5 ± 0.1 ^d
	10	5.8 ± 0.1	5.5 ± 0.1 ^{cde}	5.1 ± 0.0 ^c	4.9 ± 0.1 ^{cd}	4.6 ± 0.1 ^{cd}
	20	5.8 ± 0.1	5.5 ± 0.1 ^{cd}	5.1 ± 0.1 ^c	4.8 ± 0.1 ^{cd}	4.8 ± 0.1 ^c
100	5	5.8 ± 0.1	6.3 ± 0.1 ^a	6.3 ± 0.1 ^a	6.1 ± 0.2 ^a	5.9 ± 0.1 ^a
	10	5.8 ± 0.1	6.0 ± 0.1 ^b	5.8 ± 0.1 ^b	5.5 ± 0.1 ^b	5.4 ± 0.1 ^b
	20	5.8 ± 0.1	6.1 ± 0.1 ^{ab}	6.1 ± 0.1 ^a	5.9 ± 0.1 ^a	5.7 ± 0.1 ^a
Concentration of CFS		ns	**	**	**	**
Soaking duration		ns	**	ns	**	*
Concentration of CFS x Soaking duration		ns	**	**	**	*
CV (%)		4.18	4.71	4.75	5.61	5.38

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

ค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นหน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่ง

จากการประเมินค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นหน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่า หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งมีแนวโน้มค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นลดลง (pH เริ่มต้น 6.0) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$; Table 5) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ การแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นลดลงมากที่สุด (pH 5.0-5.4) รองลงมาคือ กรรมวิธีควบคุม (pH 5.5-6.0) และการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (pH 5.8-6.0) ตามลำดับ โดยการแช่ในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) เป็นเวลา 20 นาที หรือแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5-20 นาที ส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งมีค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นค่อนข้างคงที่ (pH 5.8-6.0) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ขณะที่ การแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นลดลงมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการแช่นานขึ้น ทั้งนี้ การที่หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลเนื่องจากหน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งมีการหายใจเพิ่มมากขึ้น (ไม่แสดงข้อมูล) แต่เนื่องด้วยอยู่ในบรรจุภัณฑ์แบบปิดที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC จึงส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนน้อยลง ในขณะที่เดียวกันมีการสะสมของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น (Caleb *et al.*, 2013) ซึ่งในสภาวะเช่นนี้อาจทำให้หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic respiration) เกิดกระบวนการหมัก ค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นจึงลดลง ขณะที่ การแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งมีการหายใจลดลง ค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นจึงค่อนข้างคงที่ สำหรับกรณีการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อ

แบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นลดลงมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระยะเวลาการแช่นานขึ้น อาจเป็นผลเนื่องด้วยน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดแลคติกมาก ค่า pH ต่ำ (pH~4.5) จึงส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกมีค่าความเป็นกรด-ต่างของน้ำคั้นลดลงมากที่สุด

การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 5-20 นาที ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ตลอดระยะเวลา 8 วัน ของการเก็บรักษา ($P < 0.01$) ในขณะที่ หน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 5-20 นาที พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในวันที่ 4 6 และ 8 ของการเก็บรักษา โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ย 6.0×10^2 , 1.3×10^3 และ 1.4×10^5 CFU/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับหน่อไม้ไผ่ตรงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา (5.3×10^5 ถึง 1.0×10^6 CFU/g) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (9.7×10^5 ถึง 1.5×10^6 CFU/g) ทั้งนี้ ระยะเวลาการแช่ในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้นสูงขึ้น หรือระยะเวลาการแช่นานขึ้น ส่งผลให้พบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง (Table 6 และ Figure 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ Klaipanyo (2016) ที่พบว่า แบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ซึ่งได้คุณภาพและความปลอดภัยสำหรับการนำมาใช้กับผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (Agriopoulou *et al.*, 2020)

Table 5 pH of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	pH		
		Storage time (day)		
		0	4	8
0	5	6.0 ± 0.0	5.5 ± 0.0 ^{bc}	5.5 ± 0.0 ^{bc}
	10	6.0 ± 0.0	5.8 ± 0.1 ^{ab}	5.3 ± 0.3 ^{cd}
	20	6.0 ± 0.0	6.0 ± 0.0 ^a	6.0 ± 0.0 ^a
50	5	6.0 ± 0.0	5.9 ± 0.1 ^a	5.8 ± 0.3 ^{ab}
	10	6.0 ± 0.0	5.9 ± 0.0 ^a	5.9 ± 0.1 ^{ab}
	20	6.0 ± 0.0	6.0 ± 0.0 ^a	6.0 ± 0.0 ^a
100	5	6.0 ± 0.0	5.4 ± 0.1 ^c	5.3 ± 0.1 ^{cd}
	10	6.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0 ^d	5.0 ± 0.0 ^d
	20	6.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0 ^d	5.0 ± 0.0 ^d
Concentration of CFS		ns	**	**
Soaking duration		ns	ns	*
Concentration of CFS x Soaking duration		ns	**	*
CV (%)		0.0	3.1	4.9

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

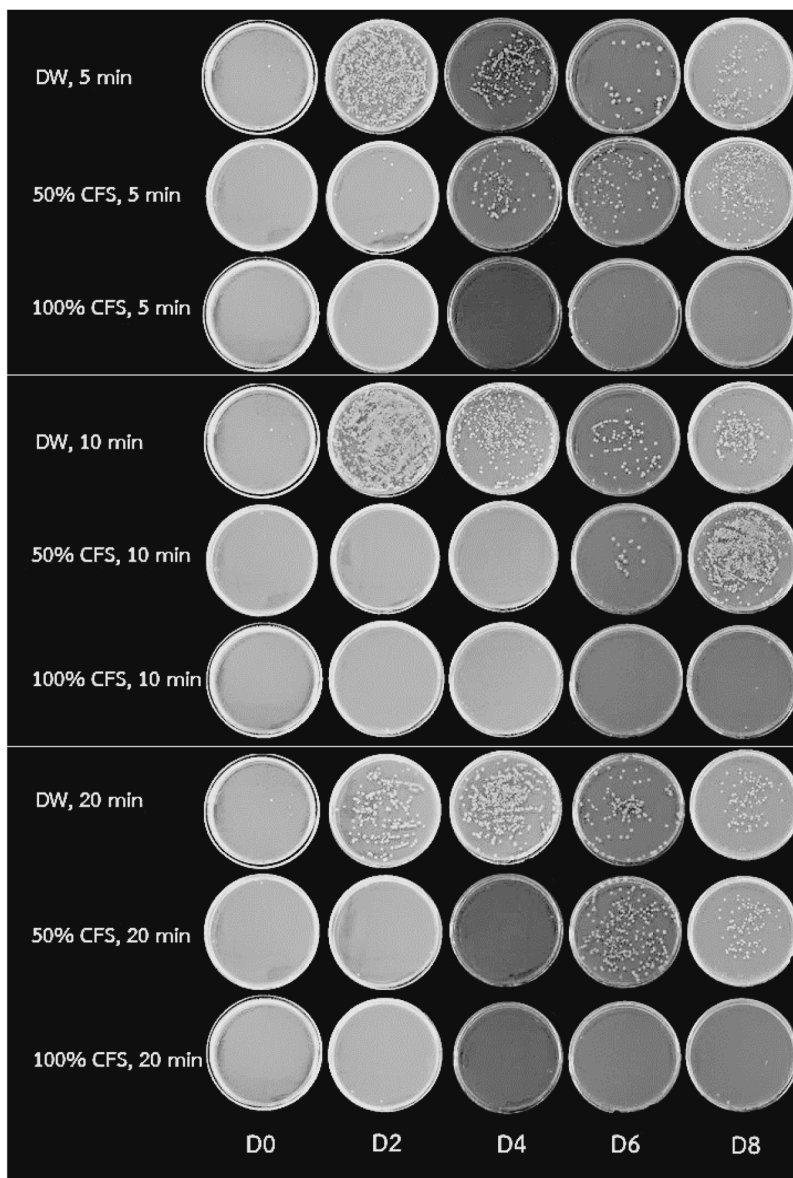


Figure 2 Total count of microorganisms of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days. DW = distilled water, D0 = initial day of storage, D2–D8 = at day 2, 4, 6, and 8 of storage, respectively.

Table 6 Total count of microorganisms of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Total count of microorganisms (CFU/g)				
		Storage time (day)				
		0	2	4	6	8
0	5	0	4.1×10 ⁴ ± 4.7×10 ³	5.3×10 ⁵ ± 6.2×10 ^{4c}	5.4×10 ⁵ ± 5.3×10 ^{4b}	9.7×10 ⁵ ± 2.1×10 ^{5b}
	10	0	5.0×10 ⁴ ± 2.3×10 ⁴	8.6×10 ⁵ ± 8.8×10 ^{4b}	7.8×10 ⁵ ± 1.4×10 ^{5b}	1.8×10 ⁶ ± 2.8×10 ^{5a}
	20	0	2.0×10 ⁴ ± 1.7×10 ³	1.0×10 ⁶ ± 7.0×10 ^{4a}	1.2×10 ⁶ ± 2.8×10 ^{5a}	1.5×10 ⁶ ± 1.5×10 ^{5a}
50	5	0	0.0 ± 0.0	6.0×10 ² ± 2.3×10 ^{2d}	3.6×10 ³ ± 4.9×10 ^{2c}	4.1×10 ⁵ ± 9.6×10 ^{4c}
	10	0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 ^d	1.2×10 ² ± 1.5×10 ^c	1.6×10 ³ ± 7.4×10 ^{2d}
	20	0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 ^d	9.4×10 ± 5.3×10 ^c	4.7×10 ² ± 2.2×10 ^{2d}
100	5	0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 ^d	0.0 ± 0.0 ^c	0.0 ± 0.0 ^d
	10	0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 ^d	0.0 ± 0.0 ^c	0.0 ± 0.0 ^d
	20	0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0 ^d	0.0 ± 0.0 ^c	0.0 ± 0.0 ^d
Concentration of CFS		-	**	**	**	**
Soaking duration		-	ns	**	ns	ns
Concentration of CFS x Soaking duration		-	ns	**	*	**
CV (%)		-	128.9	31.8	76.0	49.8

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค ด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัสของหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่ได้รับสัมผัสน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาการได้รับสัมผัสแตกต่างกัน เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก 3.6–4.0 คะแนน ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01) เมื่อเปรียบ

เทียบกับหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุม (2.6–3.6 คะแนน) ทั้งนี้ ระยะเวลาการแช่สารไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของผู้บริโภค (Table 7 และ Figure 1) และเมื่อประเมินด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสของหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่ง พบว่า การไม่แช่หรือแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก รวมทั้งระยะเวลาการแช่สารไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ในช่วงวันที่ 6–8 ของการเก็บรักษา พบว่า หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อ

แบคทีเรียกรดแลคติกได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคด้านรสชาติ (1.8–3.6 คะแนน) มากกว่า แต่คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัส (2.6–3.6 คะแนน) น้อยกว่าหน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งกรรมวิธีควบคุมซึ่งได้คะแนน 1.8–2.8 และ 3.2–4.0 คะแนน ตามลำดับ (Table 8) ทั้งนี้ หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกยังคงคุณภาพดี มีลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chaisirikul *et al.* (2016) ที่รายงานว่า มะม่วงมันเดือนเก้าตัดแต่งที่สับเป็นฝอยและแบบฝานเป็นชิ้นแล้วนำไปแช่ในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยง *Pediococcus lolii*

ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ (โดยปริมาตร) เป็นเวลา 10 นาที เปรียบเทียบกับมะม่วงที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (มวลต่อปริมาตร) และน้ำกลั่นโดยเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในเนื้อมะม่วงตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเนื้อมะม่วงตัดแต่งที่ได้รับผลิตภัณฑ์จากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียมีปริมาณสารประกอบฟีนอลต่ำที่สุด และมีอายุการวางจำหน่ายนานกว่าเนื้อมะม่วงตัดแต่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และชุดควบคุม

Table 7 Visual acceptance of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Visual acceptance (score)				
		Storage time (day)				
		0	2	4	6	8
0	5	4.0 ± 0.0	3.4 ± 0.2	3.2 ± 0.2	3.0 ± 0.5	2.8 ± 0.5
	10	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.2 ± 0.2	2.6 ± 0.4
	20	4.0 ± 0.0	3.4 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.2 ± 0.2	2.6 ± 0.4
50	5	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2
	10	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2
	20	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2
100	5	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	3.6 ± 0.2	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0
	10	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0
	20	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0.0
Concentration of CFS		-	*	ns	**	**
Soaking duration		-	ns	ns	ns	ns
Concentration of CFS x Soaking duration		-	ns	ns	ns	ns
CV (%)		0.0	12.05	13.25	14.17	17.99

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. *, ** Statistically significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

Table 8 Taste and texture acceptances of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes, stored at 10°C, 90 ± 5% RH for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Taste acceptance (score)						Texture acceptance (score)					
		Storage time (day)						Storage time (day)					
		0	2	4	6	8	0	2	4	6	8		
0	5	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2 ^a	3.8 ± 0.2	2.2 ± 0.7	2.2 ± 0.7	2.2 ± 0.7	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	3.4 ± 0.6
	10	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2 ^a	3.8 ± 0.2	2.2 ± 0.7	2.8 ± 0.7	2.8 ± 0.7	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2
	20	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0 ^a	3.2 ± 0.2	1.8 ± 0.5	1.8 ± 0.6	1.8 ± 0.6	4.0 ± 0.0	3.4 ± 0.4	4.0 ± 0.0	3.2 ± 0.5	3.4 ± 0.6	
50	5	4.0 ± 0.0	3.2 ± 0.4 ^b	3.4 ± 0.4	2.2 ± 0.4	3.2 ± 0.2	3.2 ± 0.2	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.4	3.2 ± 0.2	
	10	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0 ^a	3.4 ± 0.2	2.8 ± 0.4	3.2 ± 0.5	3.2 ± 0.5	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	2.6 ± 0.2	3.4 ± 0.2	
	20	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0 ^a	3.4 ± 0.6	3.2 ± 0.5	1.8 ± 0.2	1.8 ± 0.2	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.4 ± 0.4	3.0 ± 0.5	
100	5	4.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0 ^a	3.4 ± 0.2	3.0 ± 0.5	3.2 ± 0.6	3.2 ± 0.6	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	3.4 ± 0.2	3.4 ± 0.4	3.0 ± 0.5	
	10	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2 ^{ab}	3.2 ± 0.4	3.4 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2	4.0 ± 0.0	3.8 ± 0.2	3.8 ± 0.2	3.2 ± 0.4	3.6 ± 0.2	
	20	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2 ^{ab}	3.4 ± 0.6	2.6 ± 0.2	3.0 ± 0.3	3.0 ± 0.3	4.0 ± 0.0	3.6 ± 0.2	3.6 ± 0.2	3.4 ± 0.4	3.2 ± 0.4	
Concentration of CFS	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	*	ns	ns	ns
Soaking duration	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns
Concentration of CFS x Soaking duration	-	*	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	0.0	11.5	24.3	43.1	40.5	0.0	14.2	10.0	22.6	28.8			

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. * Statistically significant difference at P < 0.05. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

คุณภาพการเก็บรักษา

ระดับความเข้มข้นของน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกและระยะเวลาการแช่สารส่งผลให้หน่อไม้ไผ่ตงสดตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$; Table 9) โดยการแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 5–20 นาที สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน รองลงมาคือ การแช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติกความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 20 5 และ 10 นาที ซึ่งสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล และพบปริมาณการปนเปื้อน

ของเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐานตามเกณฑ์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้นาน 7.8 7.8 และ 6.5 วัน ตามลำดับ และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 4 วัน เช่นเดียวกับการศึกษาการใช้แบคทีเรียกรดแลคติกร่วมกับสารต้านจุลินทรีย์ธรรมชาติในการควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Biocontrol agent) ในแอปเปิลและผักกาดหอมพันธุ์ ‘lam’ ที่ผ่านการตัดแต่ง ซึ่งจากผลการศึกษาของ Siroli *et al.* (2015) ชี้ให้เห็นว่า การใช้ *Lactobacillus plantarum* CIT3 และ V7B3 กับแอปเปิลและผักกาดหอม มีความปลอดภัยและสามารถเพิ่มอายุการวางจำหน่าย โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Table 9 Storage time of minimally processed sweet bamboo shoots soaked with the cell-free supernatant (CFS) from *Pediococcus lolii* of 0, 50, and 100% for 5, 10, and 20 minutes then stored at 10°C for 8 days

Concentration of CFS (%) (v/v)	Soaking duration (minute)	Storage time (day)
0	5	4.3 ± 0.3 ^c
	10	4.0 ± 0.0 ^c
	20	4.0 ± 0.0 ^c
50	5	7.8 ± 0.3 ^a
	10	6.5 ± 0.3 ^b
	20	7.8 ± 0.3 ^a
100	5	8.0 ± 0.0 ^a
	10	8.0 ± 0.0 ^a
	20	8.0 ± 0.0 ^a
Concentration of CFS		**
Soaking duration		**
Concentration of CFS x Soaking duration		**
CV (%)		7.91

Values are mean ± standard error. Means within a column followed by the different letters are significantly different according to Least Significant Difference. ** Statistically significant difference at $P < 0.01$. ns = non-significant difference, CV = coefficient of variation.

สรุป

หน่อไม้ไฟ่ตงสดดัดดั่งที่แ่ชในน้ำเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* ระดับความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 5 10 และ 20 นาที สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลและยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน โดยมีคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้ สามารถนำกรรมวิธีการแช่หน่อไม้ไฟ่ตงสดดัดดั่งในน้ำเลี้ยง

เชื้อแบคทีเรียกรดแลคติก *Pediococcus lolii* มาแทนการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตและวางจำหน่าย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

- Agriculture Group. 1988. Bamboo Shoots. Sahamit Offset Printing Press, Bangkok, Thailand. 62 pp. (in Thai)
- Agriopoulou, S., E. Stamatelopoulou, M. Sachadyn-Król and T. Varzakas. 2020. Lactic acid bacteria as antibacterial agents to extend the shelf life of fresh and minimally processed fruits and vegetables: quality and safety aspects. *Microorganisms*. 8(6): 952.
- Bureau of Nutrition. 2018. Food Composition Table of Thai Foods. Department of Health, Ministry of Public Health, Nonthaburi, Thailand. 148 pp. (in Thai)
- Caleb, O.J., P.V. Mahajan, F.A. Al-Said and U.L. Opara. 2013. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences-a review. *Food Bioproc. Tech*. 6(2): 303–329.
- Chaisirikul, P., K. Panthong, W. Klaydokjan, T. Antarasane, A. Mongkolchaiyaphruek and W. Malaphan. 2016. Antibrowning in fresh-cut ‘Mun Deun Kao’ mango (*Mangifera indica* L.) by using the product from *Pediococcus lolii*. *Agricultural Sci. J.* 47(Suppl. 3): 17–21. (in Thai)
- Klaipanyo, P. 2016. Growth and Properties of *Pediococcus lolii* KU-E1 Against Pathogen Bacteria Cultured in Rice Extracts. MS Thesis, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Malaphan, W. 2007. Selection of Lactic Acid Bacteria Strains Producing Antimicrobial Agents for Use in Controlling Spoilage Microorganisms in Fruits and Vegetables. Complete Research Report. Kasetsart University Research and Development Institute, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Martínez-Castellanos, G., C. Pelayo-Zaldívar, L.J. Pérez-Flores, A. López-Luna, M. Gimeno, E. Bárzana and K. Shirai. 2011. Postharvest litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) quality preservation by *Lactobacillus plantarum*. *Postharvest Biol. Technol.* 59(2): 172–178.
- Martínez-Castellanos, G., K. Shirai, C. Pelayo-Zaldívar, L.J. Pérez-Flores and J.D. Sepulveda-Sánchez. 2009. Effect of *Lactobacillus plantarum* and chitosan in the reduction of browning of pericarp rambutan (*Nephelium lappaceum*). *Food Microbiol.* 26(4): 444–449.
- Shen, Q., F. Kong and Q. Wang. 2006. Effect of modified atmosphere packaging on the browning and lignification of bamboo shoots. *J. Food Eng.* 77(2): 348–354.
- Siripanich, J. 1995. Postharvest Physiology and Technology of Fruits and Vegetables. National Agricultural Extension and Training Center, Nakhon Pathom, Thailand. 396 pp. (in Thai)
- Siripanich, J. 2010. Postharvest Biology and Plant Senescence. 3rd edition. National Agricultural Extension and Training Center, Nakhon Pathom, Thailand. 453 pp. (in Thai)
- Siroli, L., F. Patrignani, D.I. Serrazanetti, G. Tabanelli, C. Montanari, F. Gardini and R. Lanciotti. 2015. Lactic acid bacteria and natural antimicrobials to improve the safety and shelf-life of minimally processed sliced apples and lamb's lettuce. *Food Microbiol.* 47: 74–84.
- Theerakulkait, C. 2015. Enzyme Science. Printing House of Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)