Agric. Sci. Innov. J. 55 : 2 (Suppl.) : 52 - 57 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 2 (พิเศษ) : 52 - 57 (2567)

ผลของการจุ่มสารละลายกรด 1-แนฟทาลีนแอซีติก (NAA) หลังการเก็บเกี่ยวต่อการรักษาคุณภาพของสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Postharvest Treatment of 1-Naphthaleneacetic Acid (NAA) on Maintaining Quality of Pineapple Fruit during Storage

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2,*] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[1,2] กัลยา ศรีพงษ์[1] ประกายดาว ยิ่งสง่า[3]
ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[1,2] ไชยภร เก็บเงิน[1] มธุรส ขุมทองวัฒนา[1] ปุณิกา แสงสุข[1] และญดา ศากรวิมล[1]
Panida Boonyaritthongchai[1,2,*], Chaiyaporn Kebngeon[1],
Mathurot Khumthongwattana[1], Punika Sangsuk[1] and Yada Sagornwimon[1]

Abstract

This study aimed to investigate the effects of postharvest treatment of 1-Naphthaleneacetic Acid (NAA) on maintaining the quality of pineapple fruit during storage. The pineapples were dipped in NAA solution at a concentration of 1.00 mM for 15 min, compared to the untreated fruits (control). All samples were stored at 13°C for 20 days. Results revealed that the NAA treatment was the most appealing and maintained the color attributes of pineapple peel (yellowness (b*), chroma value, and delta E (ΔE^*)). Meanwhile, NAA treatment did not significantly affect color attributes of pineapple pulp over the storage. The NAA treatment could slow the increase of hydrogen peroxide content in pineapple pulp and core. The NAA treatment also tends to be more effective in inducing antioxidant capacity in pineapple pulp, especially on day 15 of storage, it had the highest value of 15.21%. Additionally, it tends to induce phenolic content in both the core and pulp during the storage period. Moreover, the NAA treatment significantly enhanced the ascorbic acid content in pineapple during storage, reaching the highest value of 1.04 µg ascorbic acid/gFW in both the core and pulp. These results showed that NAA treatment can maintain the quality of pineapple fruit during storage at low temperatures.

Keywords: *Ananas comosus* (L.) Merr., antioxidant, quality, plant hormone.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้สารละลายกรด 1-แนฟทาลีนแอซีติก (NAA) หลังการเก็บเกี่ยวต่อการรักษาคุณภาพของสับปะรดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยทำการจุ่มสับปะรดในสารละลาย NAA ที่ความเข้มข้น 1.00 mM เป็นเวลา 15 นาที เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ผ่านการแช่สาร (ชุดควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C เป็นเวลา 20 วัน ผลการทดลองพบว่า การใช้ NAA สามารถรักษาลักษณะปรากฏ และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (ค่าสีเหลือง (*b**) ความเข้มสี (Chroma) และการเปลี่ยนแปลงสี (ΔE^*)) ในขณะที่การใช้ NAA ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อระหว่างเก็บรักษา การใช้ NAA สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเนื้อและแกนสับปะรด ยังพบว่าการใช้ NAA เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อสับปะรด โดยเฉพาะในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา มีค่าสูงที่สุด คือ 15.21% นอกจากนี้การใช้ NAA มีแนวโน้มในการกระตุ้นปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของเนื้อและแกนระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การใช้ NAA สามารถกระตุ้นกรดแอสคอร์บิกของสับปะรดได้ดีตลอดระยะเวลา โดยมีค่าสูงที่สุด คือ 1.04 ไมโครกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อกรัมน้ำหนักสด ทั้งส่วนแกนและเนื้อ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ NAA หลังการเก็บเกี่ยวสามารถรักษาคุณภาพในสับปะรดที่อุณหภูมิต่ำได้

คำสำคัญ: คุณภาพ สับปะรด สารต้านอนุมูลอิสระ ฮอร์โมนพืช

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน)
49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียนชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien),
49 Tientalay 25, Tha Kham, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division,
Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400, Thailand

คำนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจปลูกได้ในพื้นที่เขตร้อนและกึ่งเขตร้อน เนื่องจากมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ สับปะรดเป็นผลไม้ที่เน่าเสียง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยมีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำ การหายใจ การเสื่อมภาพ ส่งผลให้สุก และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (Montero-Calderón *et al*., 2008; Paull and Chen, 2020) นอกจากนั้นยังทำให้สับปะรดสูญเสียคุณค่าทางสารอาหารไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่หลังจากการเก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค จึงมีการจัดการและการใช้เทคโนโลยีต่างๆเพื่อรักษาคุณภาพและชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ ไม่ว่าจะเป็นการจัดการด้านโลจิสติกส์ขนส่งไปยังจุดหมายปลายทางอย่างเร็วที่สุด หรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา เช่น บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศ (Modified atmosphere packaging, MAP) (Budu and Joyce, 2015) การใช้สารเคลือบผิว (Li *et al*., 2018; Minh *et al*., 2019) และการใช้ฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติบโต เป็นต้น (Lu *et al*., 2011; Sangprayoon *et al*., 2019) จากการศึกษาก่อนหน้ามีการใช้ NAA ในการควบคุมการคายน้ำ การหายใจ และชะลอการสุกของผลไม้โดยควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในผลไม้ และยืดอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวในผลไม้บางชนิด (Singh *et al*., 2017) เช่น ฝรั่ง (Singh *et al*., 2017) และอินทผาลัม (Abbasi *et al*., 2013) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อศึกษาการใช้สารละลาย NAA หลังการเก็บเกี่ยวต่อการรักษาคุณภาพของสับปะรดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ระยะตาเหลืองไม่เกิน 20% จากสวนในอำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี ล้างทำความสะอาดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 15 นาที ผึ่งไว้ให้สะเด็ดน้ำ หลังจากนั้นจุ่มสับปะรดลงในสารละลาย NAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิโมลาห์ เป็นเวลา 15 นาที ผึ่งสับปะรดให้แห้ง เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 13±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 20 วัน สุ่มตัวอย่างครั้งละ 4 ซ้ำ นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองทุก 5 วัน ในวันที่ 0 5 10 15 และ 20 โดยวิเคราะห์ค่าสีเปลือก ค่าสีเนื้อ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ตามวิธีการของ Sagisaka (1976) กิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลน (bromelain) ตามวิธีการของ Moore and Caygill (1979) เปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH radical scavenging) ตามวิธีการของ Brand-Williams *et al.* (1995) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ตามวิธีการของ Slinkard and Singleton (1997) และปริมาณกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ตามวิธีการของ Hashimoto and Yamafuji (2001)

ผล

จากการทดลองพบว่า การใช้ NAA สามารถรักษาคุณภาพของสับปะรดหลังการเก็บเกี่ยวได้ เมื่อเปรียบเทียบกันกับชุดควบคุม โดยลักษณะปรากฏ (Figure 1) พบว่าใน 5 วันแรกของการเก็บรักษา ชุดควบคุมและชุดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA ยังไม่พบการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก ซึ่งวันที่ 10 และ 15 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมพบการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกสว่างเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ชุดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA พบการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกสว่างขึ้นเพียงเล็กน้อย และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาพบว่าชุดควบคุมเกิดสีเหลืองชัดเจนที่ผิวเปลือก แต่ชุดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA นั้นช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ดีกว่าชุดควบคุมอย่างชัดเจน โดยสอดคล้องกับค่าสีเปลือก (Figure 2) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ซึ่งพบว่า ค่า L^* value หรือค่าความสว่าง (Figure 2A) ของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษา ค่า b^* value (Figure 2B) ค่า chroma (Figure 2C) และค่า ΔE^* (Figure 2E) ของทั้งสองชุดการทดลองเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ค่า b^* value ของชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) หลังจาก 5 วันแรกของการเก็บรักษา ในขณะที่ในวันที่ 10 จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีค่า chroma และ ค่า ΔE^* ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ค่า hue angle เป็นค่าที่บ่งบอกถึงเฉดสี (Figure 2D) พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีค่า hue angle สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่ลักษณะปรากฏของเนื้อสับปะรด (Figure 1) พบว่า เริ่มแสดงการฉ่ำน้ำบริเวณเนื้อในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ทั้งชุดควบคุมและชุดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA แต่อย่างไรก็ตามสับปะรดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีอาการฉ่ำน้ำเกิดขึ้นน้อยกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่เมื่อพิจารณาจากค่าสีเนื้อแล้ว (Figure 3) พบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการจุ่มสับปะรดในสารละลาย NAA ช่วยรักษาลักษณะปรากฏและชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของสับปะรดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วัน

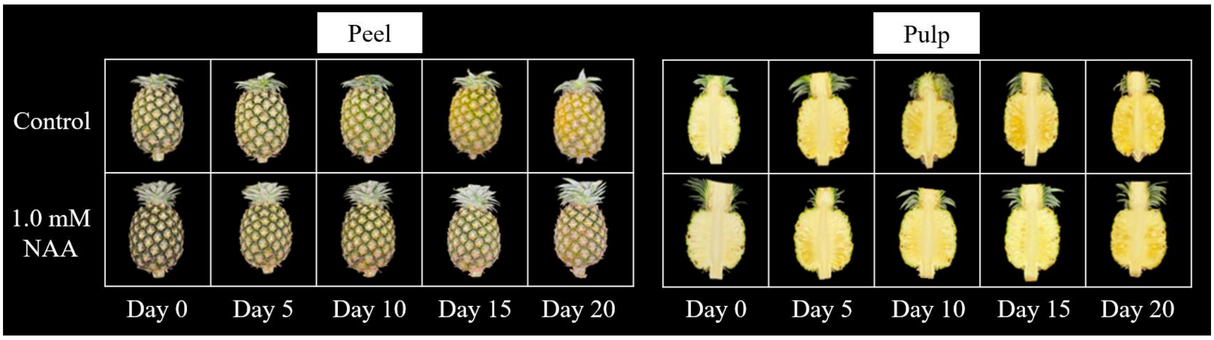

Figure 1 Appearance of pineapple peel and pulp treated with 1.0 mM NAA for 15 min then storage at 13°C for 20 days.

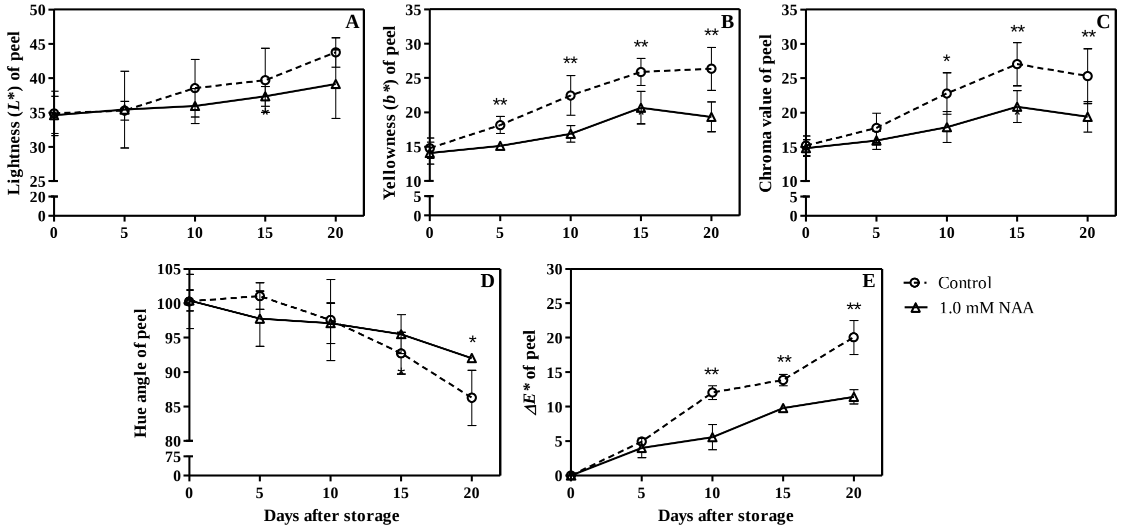

Figure 2 *L** (A), *b** (B), chroma (C), hue angle (D), and *ΔE** (E) values of pineapple peel treated with 1.0 mM NAA for 15 min storage at 13°C for 20 days. Data represent means of 4 replications ± S.D.

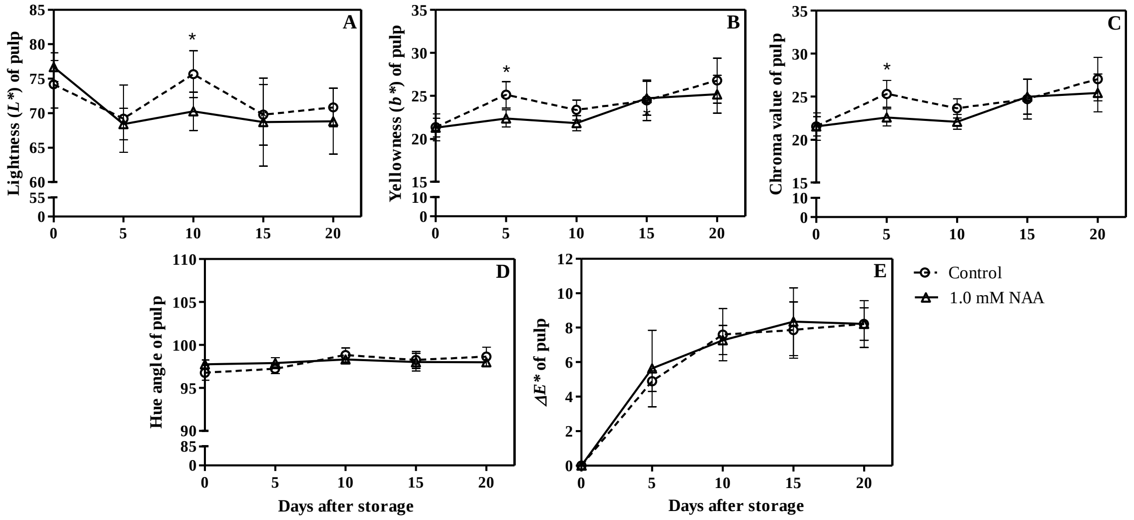

Figure 3 *L** (A), *b** (B), chroma (C), hue angle (D), and *ΔE** (E) values of pineapple pulp treated with 1.0 mM NAA for 15 min storage at 13°C for 20 days. Data represent means of 4 replications ± S.D.

จาก Figure 4A แสดงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของแกนสับปะรด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะการเก็บรักษา โดยแสดงค่าอยู่ในช่วง 3.13-5.25 mg H_2O_2 g^{-1}FW ในช่วงสิบห้าวันแรกของการเก็บรักษา พบว่า ทั้งชุดควบคุมและชุดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) โดยชุดควบคุมมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 5.25 mg H_2O_2 g^{-1}FW ในขณะที่ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีค่าอยู่ที่ 4.25 mg H_2O_2 g^{-1}FW ส่วน Figure 4B แสดงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของเนื้อสับปะรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะเวลาหนึ่งและลดลงในช่วงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยค่าที่แสดงอยู่ในช่วง 3.72-5.20 mg H_2O_2 g^{-1}FW โดยชุดควบคุมแสดงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA ซึ่งชุดควบคุมมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 5.20 mg H_2O_2 g^{-1}FW ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา

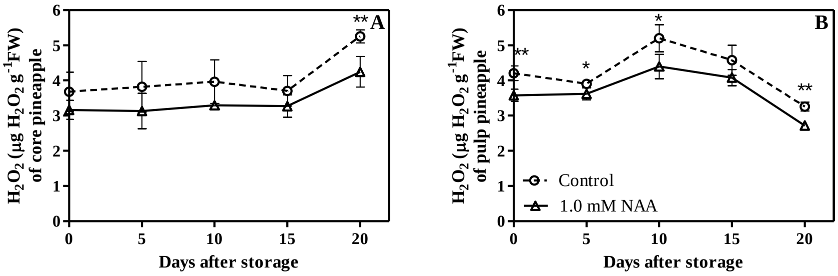

Figure 4 Hydrogen peroxide of pineapple treated with 1.0 mM NAA for 15 min storage at 13°C for 20 days. Data represent means of 4 replications ± S.D.

โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ในกลุ่มซิสเตอีนโปรติเอส (cysteine protease) พบในสับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) ซึ่งเป็นพืชตระกูล Bromeliaceae โดยพบในส่วนเนื้อเยื่อ ลำต้น ผล และใบของสับปะรด (Devakate *et al*., 2009) จาก Figure 5 แสดงปริมาณโบรมิเลนของสับปะรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะเวลาหนึ่งและลดลงในช่วงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA สามารถกระตุ้นโบรมิเลนในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกันกับชุดควบคุม ซึ่งมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 30.71 Units g^{-1}FW ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา

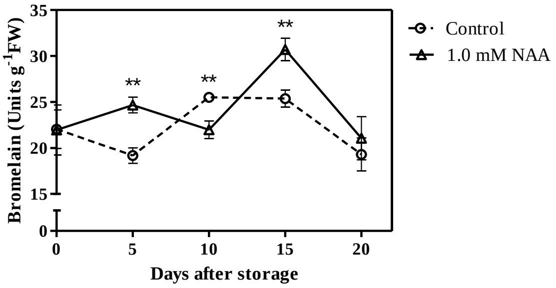

Figure 5 Bromelain of pineapple treated with 1.0 mM NAA for 15 min storage at 13°C for 20 days. Data represent means of 4 replications ± S.D.

กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในแกนสับปะรด แสดงใน Figure 6A.1 กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นในช่วงสิบห้าวันแรกของการเก็บรักษาและลดลงในวันสุดท้าย ในระหว่างการเก็บรักษาทั้งชุดควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ Figure 6A.2 แสดงค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเนื้อสับปะรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามวันที่ทำการเก็บรักษา ซึ่งพบว่า ในวันที่ 5 และ 15 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA แสดงค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยในเฉพาะวันที่ 15 มีค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH สูงที่สุดถึง 15.21% ในขณะที่วันแรกมีค่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH อยู่ที่ 8.81-8.94% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของแกนสับปะรด (Figure 6B.1) ในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในวันแรกของการเก็บรักษาพบว่า ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สูง

กว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) แต่ในระหว่างการเก็บรักษาหลังจากวันที่ 5 จนถึงวันที่ 15 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA แสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยแสดงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุดอยู่ที่ 207.90 µg GA g^{-1}FW ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อสับปะรด (Figure 6B.2) พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ชุดควบคุมและชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จาก Figure 6C.1 แสดงปริมาณกรดแอสคอร์บิกของแกนสับปะรด จะเห็นได้ว่า ปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา และพบว่าในวันที่ 10 จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเนื้อสับปะรด (Figure 6C.2) พบว่า ปริมาณกรดแอสคอร์บิกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 10 วันแรกแล้วลดลงจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยแสดงค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ในช่วง 0.78-1.04 µg ascorbic acid/g FW ซึ่งในวันที่ 5 และ 10 ของการเก็บรักษา ปริมาณกรดแอสคอร์บิกในชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) และในวันที่ 15 ชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลาย NAA มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01) ซึ่งมีค่าปริมาณกรดแอสคอร์บิกอยู่ที่ 1.04 และ 0.80 µg ascorbic acid/g FW ซึ่งจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการจุ่มด้วยสารละลาย NAA มีแนวโน้มกระตุ้นสารสำคัญในสับปะรดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ดีระหว่างเวลาการเก็บรักษา

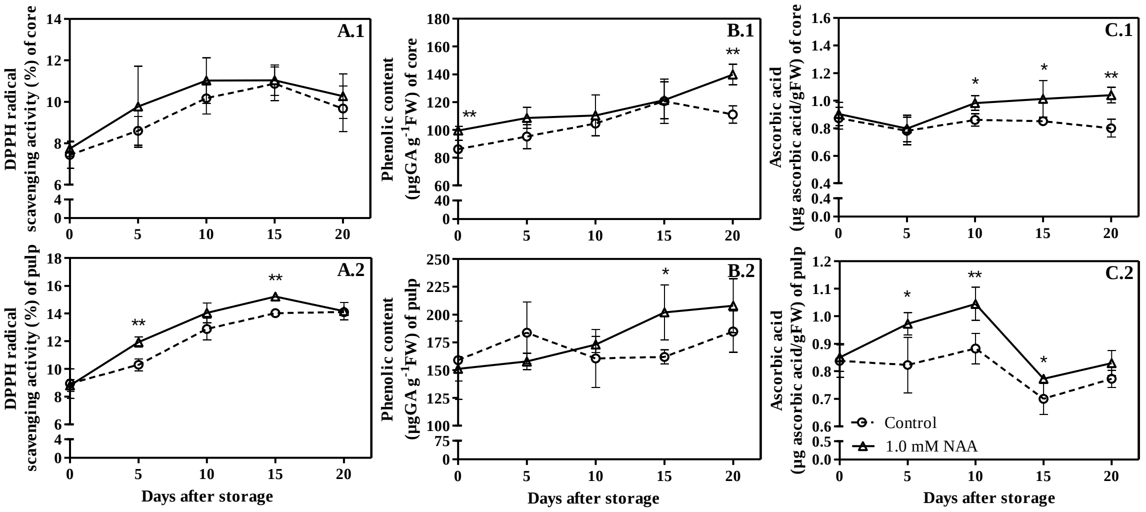

Figure 6 Antioxidant capacity by DPPH assay (A), Total phenolics (B), and Ascorbic acid (C) of pineapple treated with 1.0 mM NAA for 15 min storage at 13°C for 20 days. Data represent means of 4 replications ± S.D.

วิจารณ์ผล

NAA จัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตประเภทออกซิน (auxin; plant growth regulators (PGRs)) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนพืช (plant hormones) โดยมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการเจริญเติบโต กระบวน การพัฒนาสรีระวิทยาในพืช จากผลการทดลอง พบว่า การใช้สารละลาย NAA หลังการเก็บเกี่ยว สามารถรักษาลักษณะปรากฏของสับปะรดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ดี โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกสับปะรด Selvan and Bal (2005) รายงานว่า การใช้สารละลาย NAA ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ลดการเน่าเสีย และรักษาคุณภาพของผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งคล้ายกับ Mandal *et al*. (2012) พบว่า การใช้สารละลาย NAA ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพ รักษาความสมบูรณ์โครงสร้างของเซลล์ และยังช่วยลดการเกิดโรคในฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย การใช้สารละลาย NAA ยังช่วยกระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์โบรมิเลนในสับปะรดอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีงานวิจัยสนับสนุนในการวิเคราะห์เอนไซม์ชนิดนี้ ในการศึกษานี้ยังพบว่า การใช้สารละลาย NAA สามารถลดปริมาณ H_2O_2 และเพิ่มปริมาณกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิก และปริมาณกรดแอสคอร์บิกในสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับ Xu *et al*. (1994) รายงานว่า การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจากภายนอกช่วยกระตุ้นให้เกิดการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระในการกำจัดอนุมูลอิสระ (free radicals) หรือ reactive oxygen species (ROS) ในผักและผลไม้ กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้นทำให้ ROS ลดลง เช่น H_2O_2 และชะลอการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นใน

เนื้อเยื่อพืช (Mittler, 2002) ซึ่งจากปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ มีผลช่วยรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์และชะลอการเสื่อมสภาพในพืช Mbandlwa *et al*. (2020) รายงานว่าการใช้สารละลาย NAA ก่อนการเก็บเกี่ยว สามารถรักษาคุณภาพของพริกหวานระหว่างการเก็บรักษาได้ รวมถึงช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกและกระตุ้นปริมาณฟีนอลิก นอกจากนี้ Mandal *et al*. (2012) พบว่าการใช้สารละลาย NAA หลังการเก็บเกี่ยวช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิกของฝรั่งในระหว่างเก็บรักษาได้ ดังนั้นการใช้สารละลาย NAA สามารถรักษาคุณภาพ กระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ประเทศญี่ปุ่น สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Abbasi N., L. Zafar, H.A. Khan and A.A. Qureshi. 2013. Effects of naphthalene acetic acid and calcium chloride application on nutrient uptake, growth, yield and post harvest performance of tomato fruit. Pakistan Journal of Botany 45: 1581-1587.

Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Science and Technology 28: 25–30.

Budu, A.S. and D.C. Joyce. 2015. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of minimally processed pineapple cv. 'Smooth Cayenne' fruit. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 80: 193–198.

Devakate, R.V., V.V. Patil, S.S. Waje and B.N. Thorat. 2009. Purification and drying of bromelain. Separation and Purification Technology. 64: 259-264.

Hashimoto, S. and K. Yamafuji. 2001. The determination of diketo-Lgulonic acid, dehydro-L-ascorbic acid, and L-ascorbic acid in the same tissue extract by 2, 4-dinitrophenol hydrazine method. Journal of Biological Chemistry 147: 201–208

Li, X., X. Zhu, H. Wang, X. Lin, H. Lin and W. Chen. 2018. Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. Postharvest Biology Technology 136: 99–110.

Lu, X., D. Sun, Y. Li, W. Shi and G. Sun. 2011. Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. Scientia Horticulturae 130: 97–101.

Mandal, G., H.S. Dhaliwal and B.V.C. Mahajan. 2012. Effect of pre-harvest application of NAA and potassium nitrate on storage quality of winter guava (*Psidium guajava*). Indian Journal of Agricultural Sciences 82: 985.

Mbandlwa, N.P., H. Fotouo-M, M.M. Maboko and D. Sivakumar. 2020. Preharvest application of naphthalene acetic acid and kelpak® improve postharvest quality and phytonutrient contents of sweet pepper. International Journal of Vegetable Science 26: 3-14.

Minh, N.P., T.T.Y. Nhi, D.N. Hue, D.T.T. Ha and V.M. Chien. 2019. Quality and shelf life of processed pineapple by different edible coatings. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 114: 1441-1446.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in plant science 7: 405-410.

Montero-Calderón, M., M.A. Rojas-Graü and O. Martín-Belloso. 2008. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). Postharvest Biology Technology 50: 182–189.

Moore, D.J. and J.C. Caygill. 1979. Proteolytic activity of Malaysian pineapples. Tropical Science 21: 97–103.

Paull, R.E. and N.J. Chen. 2020. Tropical fruits: pineapples. pp. 381-388. *In:* M.I. Gil and R. Beaudry (eds.). Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce. Academic Press.

Sagisaka, S. 1976. The occurrence of peroxide in a perennial plant, *Populus gelrica*. Plant Physiology 57: 308-309.

Sangprayoon, P., S. Supapvanich, P. Youryon, C. Wongs-Aree and P. Boonyaritthongchai. 2019. Efficiency of salicylic acid or methyl jasmonate immersions on internal browning alleviation and physicochemical quality of Queen pineapple cv. "Sawi" fruit during cold storage. Journal of food biochemistry 43: 1-11.

Selvan, M.T. and J.S. Bal. 2005. Effect of different treatments on the shelf life of Sardar guava during cold storage. Journal of Ressearch, Punjab Agricultural University 42: 28–33.

Singh, J., N. Prasad and S.K. Singh. 2017. Postharvest treatment of guava (*Psidium guajava* L.) fruits with boric acid and NAA for quality regulation during ambient storage. International Journal of Bio-Resource and Stress Management 8: 201-206.

Slinkard, K. and V. Singleton. 1997. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture. 37: 49-55.

Xu, Y., P. Chang, D. Liu, M.L. Narasimhan, K.G. Raghothama, P.M. Hasegawa and R.A. Bressan. 1994. Plant defense genes are synergistically induced by ethylene and methyl jasmonate. Plant cell 8: 1077-1085.