ผลของกรดออกซาลิกและน้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยพันธุ์ดอ

Effect of Oxalic Acid and Sucrose Fatty Acid Ester on the Postharvest Quality of Longan Fruit cv. Daw

แพรวพรรณ จอมงาม[1,]* และ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล[1]

Praewphan Jomngam[1,]* and Jakraphong Phimphimol[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1] Division of Postharvest Technology, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai 50290

รับเรื่อง:	19 มกราคม 2566	Received:	19 January 2023
ปรับแก้ไข:	20 พฤษภาคม 2566	Revised:	20 May 2023
รับตีพิมพ์:	23 พฤษภาคม 2566	Accepted:	23 May 2023

* Corresponding author: praewphan_jg@mju.ac.th

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเปลือกและการสูญเสียน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดออกซาลิก (Oxalic acid, OA) และน้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Sucrose fatty acid ester, SFE) ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยพันธุ์ดอ

วิธีดำเนินการวิจัย: วางแผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) จำนวน 4 ทรีตเมนต์ คือ OA ความเข้มข้นร้อยละ 7.5, SFE ความเข้มข้นร้อยละ 1, OA ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 + SFE ความเข้มข้นร้อยละ 1 (OA + SFE) และชุดควบคุม (น้ำประปา) โดยจุ่มผลลำไยเป็นเวลา 5 นาที จากนั้น ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ผลการวิจัย: ภายหลังการจุ่มสารพบว่า เปลือกผลลำไยที่จุ่ม OA, OA + SFE และ SFE เปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสว่างมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยเปลือกผลชุดควบคุมเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังการเก็บรักษา ส่วนผลลำไยที่จุ่ม OA, OA + SFE และ SFE มีค่า L* (ความสว่าง) และ chroma สูง รวมทั้งสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ผลลำไยที่จุ่ม SFE พบการเน่าเสียมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ขณะที่ ผลลำไยที่จุ่ม OA พบรอยแตกบริเวณเปลือกผลเมื่อเก็บรักษานานขึ้น

สรุป: ผลลำไยที่จุ่ม OA + SFE มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไยพันธุ์ดอได้ดี เช่น ลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเกิดสีน้ำตาล และการเน่าเสียของผลลำไยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน

คำสำคัญ: ลำไย, กรดออกซาลิก, น้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน, การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล

ABSTRACT

Background and Objectives: Pericarp browning and water loss are primary postharvest problems that affect the qualities and shelf life of longan fruit. The objective of this research was to study the effects of oxalic acid (OA) and sucrose fatty acid ester (SFE) on the postharvest qualities of longan fruit cv. Daw.

Methodology: The experimental design was completely randomized design with 4 treatments: 7.5% OA, 1% SFE, 7.5% OA + 1% SFE (OA + SFE), and control (Tap water). Longan fruits were dipped for 5 minutes, then dried and stored at 5 °C.

Main Results: After being treated with OA, OA + SFE, and SFE, the pericarp color of the fruit was improved for its brightness and yellow color compared to the control fruit. The pericarp color of the control fruit turned brown quickly after storage, whereas fruit treated with OA, OA + SFE, and SFE maintained high values of L* (Lightness) and chroma. In addition, the pericarp browning was delayed after being treated with OA, OA + SFE, and SFE during storage. Fruit treated with SFE had high levels of fruit decay after 20 days of storage, whereas fruit treated with OA showed pericarp cracking when storage increased.

Conclusions: Longan fruit treated with OA + SFE was more effective in reducing weight loss, delayed pericarp color changes, pericarp browning, and fruit decay during storage at 5 °C for 25 days than other treatments.

Keywords: Longan, oxalic acid, sucrose fatty acid ester, pericarp browning

Agricultural Sci. J. (2023) Vol. 54(2): 181–192 ว. วิทย. กษ. (2566) 54(2): 181–192

บทนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour.) เป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณการส่งออกผลลำไยสด 470,547 ตัน คิดเป็นมูลค่า 17,434 ล้านบาท (Office of Agricultural Economics, 2022) แต่ผลลำไยสดมีอายุการเก็บรักษาสั้น ประมาณ 2–3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งปัญหาสำคัญที่พบ คือ เปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีคล้ำหรือสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วและผลเน่าเสียง่าย ซึ่งมักเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา การวางจำหน่าย และการขนส่งทั้งในสภาพอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ ทำให้คุณภาพของผลลำไยด้อยลงและมีอายุการวางจำหน่ายสั้น (Jiang *et al*., 2002; Apai, 2010; Zhang *et al*., 2019; Li *et al*., 2023) การสูญเสียดังกล่าว มีสาเหตุมาจากโครงสร้างของเปลือกผลลำไยมีรอยแตกและรูเปิดตามธรรมชาติ และผิวเปลือกลำไยปกคลุมด้วยชั้น cuticle บาง ๆ แบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous cuticle layer) มีกลุ่มของ trichrome และ stomata กระจายบนเปลือก รวมทั้งมีช่องว่างระหว่างเซลล์ในชั้น parenchyma ที่มีขนาดใหญ่ จึงส่งผลให้ลำไยมีการสูญเสียน้ำและถูกเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคเข้าทำลายได้ง่าย (Pan, 1994; Jaitrong *et al*., 2006) การเกิดสีน้ำตาลที่

เปลือกผลลำไยมีสาเหตุเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำหรือเนื่องจากการเกิดอาการสะท้านหนาวและความเสียหายทางกายภาพ รวมไปถึงความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ทั้งนี้ เนื่องจากการมีช่องว่างระหว่างเซลล์ในชั้น parenchyma ที่ใหญ่และมีจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ง่าย เอนไซม์ PPO จึงทำงานได้ดีขึ้น เนื่องจากมีแก๊สออกซิเจนเข้ามาทำงาน ทำให้เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลในลักษณะที่เกิดจากเอนไซม์ (Paull and Chen, 1987)

ปัจจุบันการแก้ปัญหาการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลำไยทำได้ด้วยการรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยยังกลายเป็นมาตรการกีดกันทางการค้าของประเทศคู่ค้า และมีความเป็นพิษต่อผู้ป่วยโรคภูมิแพ้ ดังนั้น จึงควรศึกษาสารเคมีชนิดอื่นมาใช้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค กรดออกซาลิก (Oxalic acid, OA) เป็นสารเคมีในกลุ่ม acidulant ซึ่งมีสภาพความเป็นกรดหรือมีค่า pH ที่ต่ำ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิด และจัดเป็นสารเคมีกลุ่มปลอดภัย (Generally recognized as safe, GRAS; Suttirak and Manurakchinakorn, 2010; Khan *et al*., 2020) การใช้กรดออกซาลิกในผลลำไยสดสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผลลำไยได้ (Boonin *et al*., 2006; Whangchai *et al*., 2006) โดยกรดออกซาลิกจะไปจับกับโลหะทองแดงของเอนไซม์ PPO ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ (Whangchai *et al*., 2006; Ali *et al*., 2020) เช่นเดียวกับ Zheng and Tian (2006) รายงานว่า กรดออกซาลิกสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลิ้นจี่ในระหว่างการเก็บรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้กรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกลำไยพันธุ์ดอได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรดอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ (Whangchai *et al*., 2006)

การใช้สารเคลือบผิวเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการสูญเสียน้ำซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไย น้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Sucrose fatty acid ester, SFE) เป็นสารเคลือบผิวที่รับประทานได้ชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการควบคุมการผ่านเข้าออกของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนลดลง ช่วยให้ผลิตผลเสื่อมสภาพช้าลง และชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ (Akoh and Swanson, 1994; Dhall, 2013; Thakur *et al*., 2018) Yaman and Bayoindirli (2002) พบว่า การใช้น้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน (Semperfresh)™ เคลือบผิวผลเชอรี่สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำตาล ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid) และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลเชอรี่หลังการเก็บเกี่ยวได้ โดย Kaewsuksaeng and Tatmala (2015) รายงานว่า การเคลือบผิวด้วยน้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมันในผลเงาะส่งผลให้เกิดการดัดแปลงสภาพบรรยากาศทำให้เกิดการหายใจน้อยลงและลดการสูญเสียน้ำในผลิตผลได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการใช้กรดออกซาลิกร่วมกับน้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน เพื่อรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผลิตผล

เก็บเกี่ยวผลลำไยพันธุ์ดอในระยะความแก่ทางการค้าระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2562 จากสวนในจังหวัดลำพูน ขนส่งโดยรถบรรทุกธรรมดามายังห้องปฏิบัติการ สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คัดเลือกผลที่มีขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง นำมาแยกเป็นผลเดี่ยว และนำมาใช้ในการทดลอง โดยใช้แผนแบบ

การทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) มี 4 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 5 ซ้ำ ดังนี้ 1) OA ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 (OA), 2) SFE ความเข้มข้นร้อยละ 1 (SFE), 3) OA ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 + SFE ความเข้มข้นร้อยละ 1 (OA + SFE) และ 4) ชุดควบคุม (น้ำประปา) ผลลำไยถูกนำมาจุ่มในสารละลายตามทรีตเมนต์ที่กำหนด เป็นเวลา 5 นาที จากนั้น ผึ่งให้เปลือกผลลำไยแห้งที่อุณหภูมิห้อง นำผลลำไยบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ปริมาณ 500 กรัมต่อถุง นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และบันทึกการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพทุก 5 วัน

การบันทึกข้อมูล

การสูญเสียน้ำหนัก (%Weight loss)

บันทึกน้ำหนักของผลลำไยก่อนและหลังการเก็บรักษาทุก 5 วัน จากนั้น นำข้อมูลน้ำหนักที่วัดได้มาคำนวณการสูญเสียน้ำหนักดังสมการ

การสูญเสียน้ำหนัก (%) =

[(น้ำหนักก่อนเก็บรักษา – น้ำหนักหลังการเก็บรักษา)/น้ำหนักก่อนเก็บรักษา] x 100

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid)

วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยโดยใช้เครื่อง hand refractometer บันทึกค่าเป็นร้อยละ

pH ของเปลือก

นำเปลือกที่บดละเอียด 3 กรัม ปั่นผสมในน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร นำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter ในขณะสภาพที่กำลังหมุนด้วย magnetic stirrer (Joas *et al*., 2005)

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือก

วัดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลลำไยบริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR – 400 ตามระบบ CIE บันทึกข้อมูลด้วยค่า L*, chroma และ hue angle

ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index)

นำค่าการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก (ค่า L*, a* และ b*) มาคำนวณเพื่อหาดัชนีการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยตามวิธีของ Ergünes and Tarhan (2006) ดังสมการ

$$\text{Browning index} = [100 (x - 0.31)] / 0.17$$

เมื่อ $x = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 0.3012b^*)$

การเน่าเสียของผลลำไย (%Decay)

บันทึกจำนวนผลเน่าเสียที่พบในระหว่างการเก็บรักษา แล้วนำมาคำนวณดังสมการ

%Decay = (จำนวนผลลำไยที่เน่าเสีย / จำนวนผลลำไยทั้งหมด) x 100

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วย Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยในทุกทรีตเมนต์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะในวันที่ 25 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในชุดควบคุมและผลลำไยที่จุ่ม OA เกิดการสูญเสียมากถึงร้อยละ 5.21 และ 5.37 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยที่จุ่ม SFE และ OA + SFE ที่เกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่า โดยมีการสูญเสียร้อยละ 2.39 และ 2.13 ตามลำดับ (Figure 1A) ผลลำไยทุกทรีตเมนต์เกิดการสูญเสียน้ำ

หนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจตลอดเวลา ซึ่งเป็นการดึงอาหารที่สะสมในผลลำไยออกไปใช้ในกระบวนการหายใจ ทำให้ส่วนต่าง ๆ ภายในเซลล์ลดลง และผลลำไยยังคงเกิดการสูญเสียน้ำตลอดเวลาจึงทำให้น้ำหนักของผลลำไยลดลง (Siriphanich, 2010) อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าผลลำไยที่จุ่ม OA เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าทรีตเมนต์อื่น ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจาก OA ที่ใช้ในการจุ่มผลลำไยมีความเข้มข้นสูง ซึ่งอาจทำให้เนื้อเยื่อของผลลำไยเกิดความเสียหาย ส่งเสริมให้มีอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ผลลำไยเกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่ผลลำไยที่จุ่ม SFE และ OA + SFE เกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อย เนื่องจาก SFE มีคุณสมบัติเสมือนเป็นสารเคลือบผิวที่สามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตผล ทำให้ผลิตผลเกิดการเหี่ยวช้าลงและช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ (Akoh and Swanson, 1994) การเคลือบผิวด้วย SFE ในผลเงาะส่งผลให้เกิดการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ทำให้เกิดการหายใจน้อยลงและลดการสูญเสียน้ำในผลิตผลได้ (Kaewsuksaeng and Tatmala, 2015)

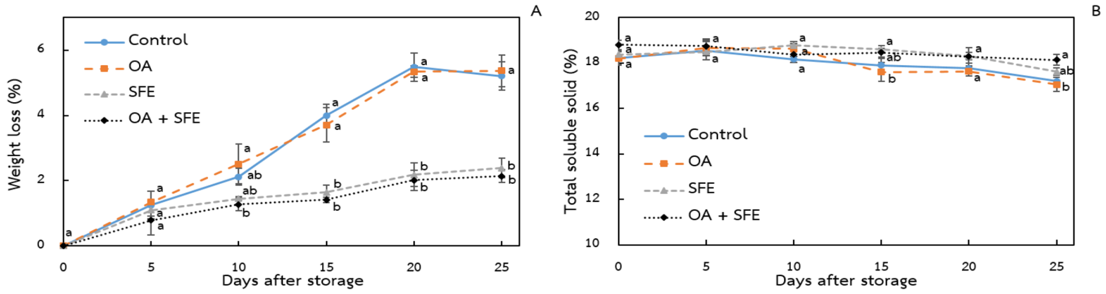

Figure 1 Change in weight loss (A) and total soluble solid (B) of longan fruit cv. Daw dipped in tap water (Control), 7.5% oxalic acid (OA), 1% sucrose fatty acid ester (SFE) and 7.5% oxalic acid + 1% sucrose fatty acid ester (OA + SFE) during storage at 5 °C for 25 days. Error bars indicate the mean SE (n = 5). Difference letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 17.06–18.78 (Figure 1B) แสดงให้เห็นว่า ผลของการจุ่ม OA และ SFE แบบเดี่ยวหรือใช้ร่วมกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ซึ่งสันนิษฐานได้ว่าความเข้มข้นของ OA และ SFE ที่ใช้ไม่มีผลกระทบต่อเนื้อของผลลำไย Hai *et al*. (2014) รายงานว่า ความเข้มข้นของ OA ที่ใช้ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลลำไยพันธุ์ Long ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจ จึงมีการใช้น้ำตาลที่สะสมอยู่ภายในผลเป็นสารตั้งต้นเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยส่วนใหญ่คือน้ำตาล จึงส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (Kabbua and Pankasemsuk, 2008)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและการเกิดสีน้ำตาล

การจุ่มผลลำไยด้วย OA และ OA + SFE มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลลำไยทันทีหลังจากการจุ่มสาร โดยพบว่า มีค่า L* และ chroma สูงกว่าและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน ในทางตรงกันข้าม ผลลำไยในชุดควบคุมมีค่า L* และ chroma น้อยกว่า และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (Figures 2A–2B) อย่างไรก็ตาม ผลลำไยที่จุ่ม OA พบรอยแตกบริเวณเปลือกผลและรอยด่างบริเวณเปลือก ในขณะที่ OA + SFE ช่วยลดปัญหาเปลือกผลแตกและไม่พบรอยด่างบริเวณเปลือก ทำให้มีสีเปลือกที่สม่ำเสมอกว่า (Figure 3) ทั้งนี้สันนิษฐานว่าความเป็นกรดที่สูงของ OA อาจทำลายเนื้อเยื่อชั้น cuticle ซึ่งปกคลุมผิวเปลือกของผลลำไย ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหรือความชื้นและปรากฏอาการผลแตกและรอยด่างได้ ส่วน SFE เป็นสารเคลือบที่เข้าไปทำหน้าที่เคลือบผิวของผลลำไยทดแทนในส่วนของเนื้อเยื่อชั้น cuticle ที่ถูกทำลายจาก OA ดังนั้นการใช้ OA + SFE จึงช่วยลดการแตกของเปลือกผลลำไยได้ Jung and Choi (2021) ศึกษาเนื้อเยื่อชั้น cuticle ของเปลือกผลแอปเปิลที่เคลือบด้วย SFE โดยพบว่า SFE สามารถยึดเกาะปกคลุมบนเนื้อเยื่อชั้น cuticle ได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษาผลแอปเปิลได้นานถึง 28 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

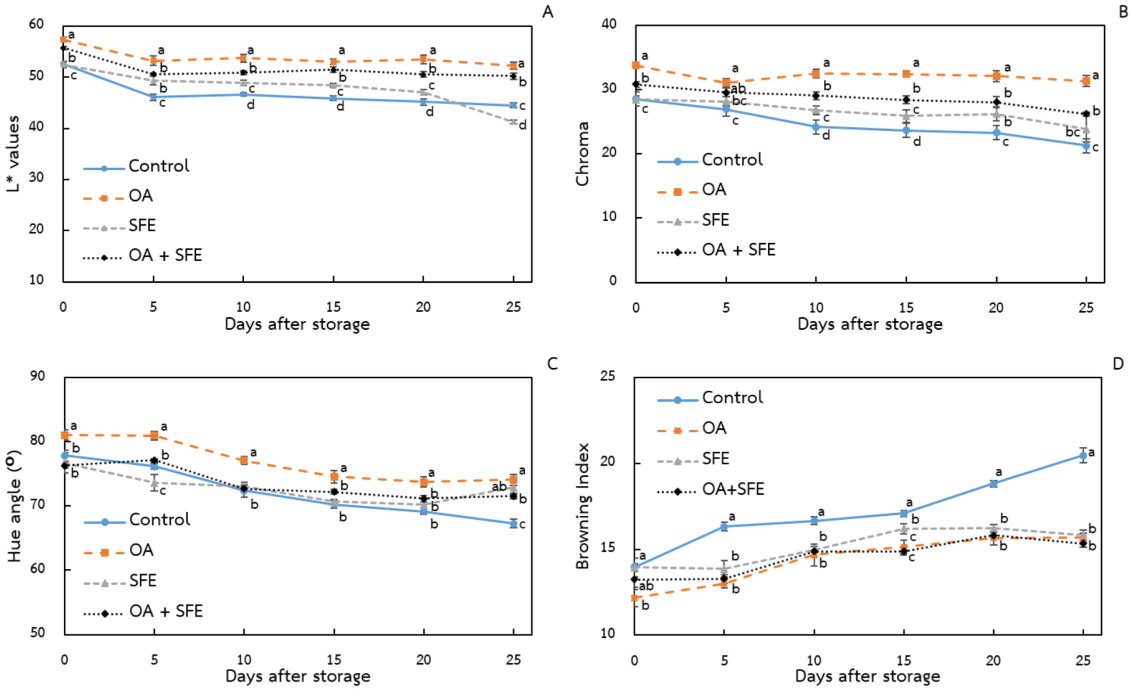

Figure 2 Change in L* value (A), chroma (B), hue angle (C) and browning index (D) of longan fruit pericarp cv. Daw dipped in tap water (Control), 7.5% oxalic acid (OA), 1% sucrose fatty acid ester (SFE) and 7.5% oxalic acid + 1% sucrose fatty acid ester (OA + SFE) during storage at 5 °C for 25 days. Error bars indicate the mean SE (n = 20). Difference letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกของผลลำไยเป็นหนึ่งในคุณลักษณะทางด้านกายภาพที่มีความสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการศึกษาพบว่าผลลำไยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยผลลำไยในชุดควบคุมเกิดสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน และเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลมากกว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ OA, SFE และ OA + SFE สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลได้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (Figure 2D) Liu *et al.* (2022) รายงานว่า การเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกของผลไม้เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกโดยการทำงานของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่ง OA เป็นสารในกลุ่ม acidulant ซึ่งมีสภาพความเป็นกรด ทำให้ค่า pH ของเซลล์ลดลง ซึ่งมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้หลายชนิด (Yörük *et al.*, 2004; Suttirak and Manurakchinakorn, 2010) การใช้ OA ในผลลำไยสดสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผลลำไยได้ (Boonin *et al.*, 2006; Whangchai *et al.*, 2006) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าการแช่ผลลิ้นจี่ด้วย SFE ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5–1.5 สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผล และมีค่า L* สูงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน (Kaewchana *et al.*, 2006)

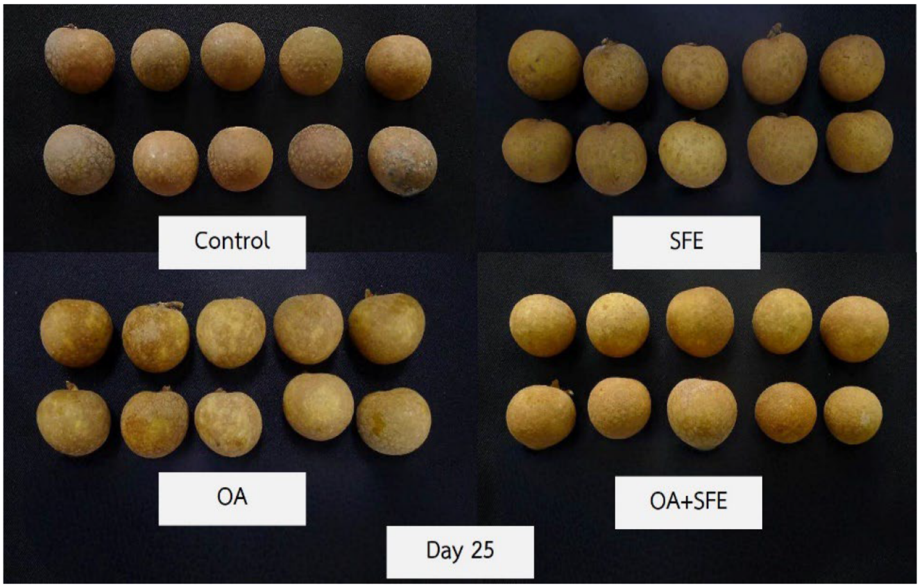

Figure 3 Visual appearance of longan fruit cv. Daw dipped in tap water (Control), 7.5% oxalic acid (OA), 1% sucrose fatty acid ester (SFE) and 7.5% oxalic acid + 1% sucrose fatty acid ester (OA + SFE) during storage at 5 °C for 25 days

ค่า pH ของเปลือกผลลำไย

ค่า pH ของเปลือกผลลำไยที่จุ่ม OA และ OA + SFE มีค่าลดลงทันทีภายหลังการจุ่มสารและมีค่า pH ต่ำกว่าทรีตเมนต์อื่นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4A) โดยมีค่า pH 3.98–4.32 ใน OA และ 4.51–5.09 ใน OA + SFE เนื่องจาก OA มีสภาพความเป็นกรดสูง จึงทำให้ค่า pH ของเปลือกผลลำไยลดลงเช่นเดียวกับผลลำไยที่จุ่มร่วมกันกับ SFE (OA + SFE) ปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการทำงานของเอนไซม์ PPO ซึ่งเอนไซม์ PPO ทำงานได้ดีเมื่อมีค่า pH 5–11 แต่กิจกรรมของเอนไซม์จะลดลงเมื่อมีค่า pH น้อยกว่า 5 (Jiang *et al*., 2002; Yoruk and Marshall, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Caro and Joas (2005) ที่พบว่า ค่า pH ของเปลือกผลลิ้นจี่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล ดังนั้นการลดค่า pH ของเปลือกผลลงสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลได้ นอกจากนี้ OA ยังมีคุณสมบัติเป็น chelating agent เข้าจับกับทองแดงซึ่งเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์ PPO มีผลทำให้เอนไซม์ทำงานไม่ได้หรือช้าลง จึงมีผลชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดี (Suttirak and Manurakchinakorn, 2010; Ali *et al.*, 2020) Whangchai *et al*. (2006) รายงานว่า การใช้ OA ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรดชนิดอื่น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Hai *et al*. (2014) ที่รายงานว่า การใช้ OA ความเข้มข้นร้อยละ 5 ร่วมกับ mixed wax ความเข้มข้นร้อยละ 6 สามารถรักษาคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ Long และชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล รวมทั้งมีค่า pH ของเปลือกที่ต่ำตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน

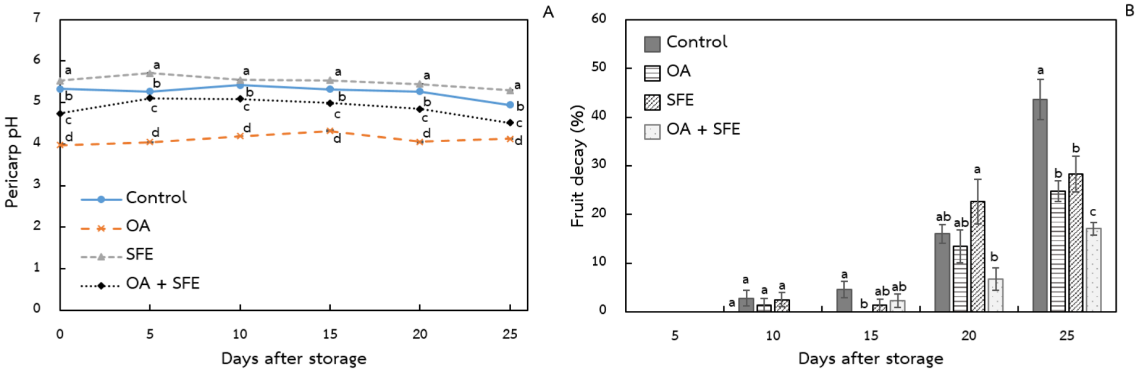

Figure 4 Change in pericarp pH (A) and the percentage fruit decay (B) of longan fruit cv. Daw dipped in tap water (Control), 7.5% oxalic acid (OA), 1% sucrose fatty acid ester (SFE) and 7.5% oxalic acid + 1% sucrose fatty acid ester (OA + SFE) during storage at 5 °C for 25 days. Error bars indicate the mean SE (n = 5). Difference letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

การเน่าเสียของผลลำไย

อาการเน่าเสียของผลลำไยเริ่มปรากฏขึ้นหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลลำไยเกิดการเน่าเสียมากขึ้น (Figure 4B) โดยในวันที่ 25 ของการเก็บรักษา พบอาการเน่าเสียของผลลำไยมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 43.6 ในชุดควบคุม ถัดมาคือ SFE และ OA เกิดการเน่าเสียร้อยละ 28.3 และ 24.8 ตามลำดับ ในขณะที่ OA + SFE พบอาการเน่าเสียน้อยที่สุดเท่ากับร้อยละ 17.1 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Hai *et al*. (2014) รายงานว่า การจุ่มผลลำไยด้วย OA ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ร่วมกับการเคลือบ mixed wax ความเข้มข้นร้อยละ 6 สามารถลดการเน่าเสียของผลลำไยในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน Tatsumi *et al*. (2002) พบว่า SFE ความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botrytis cinerea* Peas. ในจานเพาะเชื้อ ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเชื้อราดังกล่าวเป็นสาเหตุของโรคเน่าที่พบในผลไม้ และ Bepete *et al*. (1994) รายงานว่า SFE ช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลิตผลและป้องกันการเน่าเสียในผลไม้ได้ แม้ว่าการใช้ OA หรือ SFE แบบเดี่ยวสามารถชะลอการเน่าเสียของผลลำไยได้ดี แต่การใช้ร่วมกัน (OA + SFE) ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียในผลลำไยพันธุ์ดอได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

สรุป

การจุ่มผลลำไยด้วยกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ร่วมกับน้ำตาลซูโครสในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมันความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถลดสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเกิดสีน้ำตาล และการเน่าเสียของผลลำไยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อาคารคัดบรรจุผลิตผลเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนและเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Akoh, C.C and B.G. Swanson. 1994. Carbohydrate Polyester as Fat Substitutes. Marcel Dekker, New York, USA. 269 pp.

Ali, S., A.S. Khan, M.A. Anjum, A. Nawaz, S. Naz, S. Ejaz and S. Hussain. 2020. Effect of postharvest oxalic acid application on enzymatic browning and quality of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) root slices. Food Chem. 312: 126051. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126051.

Apai, W. 2010. Effect of fruit dipping in hydrochloric acid then rinsing in water on fruit decay and browning of longan fruit. Crop Prot. 29(10): 1184–1189. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.014.

Bepete, M., N. Nenguwo and J.E. Jackson. 1994. The effect of sucrose ester coating on ambient temperature storage of several fruits, pp. 427–429. *In* B.R. Champ, E. Highley and G.I. Johnson, (Eds.), Postharvest Handling of Tropical Fruits: Proceedings of an International Conference held at Chiang Mai, Thailand, 19–23 July 1993. ACIAR Proceedings No. 50. Watson Ferguson and Company, Brisbane, Australia.

Boonin, P., K. Whangchai, K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2006. Effect of anti-browning substances on peel color and quality of longan fruit cv. Daw during storage. Agricultural Sci. J. 37: 144–147. (in Thai)

Caro, Y. and J. Joas. 2005. Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids: II. Effect of the initial water content of pericarp. Postharvest Biol. Technol. 38(2): 137–144. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.06.012.

Dhall, R.K. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 53(5): 435–450. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568.

Ergünes, G. and S. Tarhan. 2006. Color retention of red peppers by chemical pretreatments during greenhouse and open sun drying. J. Food Eng. 76(3): 446–452. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.046.

Hai, L.H., A. Joomwong, Y. Chanbang and J. Uthaibutra. 2014. Effect of oxalic acid dipping and wax coating on pericarp browning and storage life of fresh Vietnamese longan fruit cv. Long. Int. J. Agric. Innov. Res. 3(2): 670–677.

Jaitrong, S., N. Rattanapanone, J.A. Manthey, E.A. Baldwin and D. Boonyakiat. 2006. Microscopic anatomy and biochemical components of normal and chilling injured of longan pericarp. Agricultural Sci. J. 37: 5 (Suppl.): 80–84.

Jiang, Y., Z. Zhang, D.C. Joyce and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). Postharvest Biol. Technol. 26: 241–252. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00047-9.

Joas, J., Y. Caro, M.N. Ducamp and M. Reynes. 2005. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic acids: I. Effect of pH and pericarp dehydration. Postharvest Biol. Technol. 38(2): 128–136. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.06.013.

Jung, S.K. and H.S. Choi. 2021. Fruit quality and antioxidant activities of yellow-skinned apple cultivars coated with natural sucrose monoesters. Sustainability. 13(5): 2423. https://doi.org/10.3390/su13052423.

Kabbua, S. and T. Pankasemsuk. 2008. Effects of ascorbic acid on browning and activity of polyphenol oxidase on postharvest quality of longan cv. Daw. Journal of Agriculture. 24(1): 43–50. (in Thai)

Kaewchana, R., C. Techavuthiporn and S. Kanlavanarat. 2006. Sucrose fatty acid coating retards pericarp browning of litchi cv. Hong Huay. Acta Hortic. 712: 579–584. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.712.69.

Kaewsuksaeng, S. and N. Tatmala. 2015. Color change and effect of coating with sucrose fatty acid ester on postharvest quality and storage life on off-season rambutan cv. Rongrian. Khon Khan Agr. J. 43(Suppl. 1): 811–817. (in Thai)

Khan, M.R., W. Chinsirikul, A. Sane and V. Chonhenchob. 2020. Combined effects of natural substances and modified atmosphere packaging on reducing enzymatic browning and postharvest decay of longan fruit. Int. J. Food Sci. Technol. 55(2): 500–508. https://doi.org/10.1111/ijfs.14293.

Li, M., Q. Lin, Y. Chen, Y. Chen, M. Lin, Y.C. Hung and H. Lin. 2023. Acidic electrolyzed water treatment suppresses *Phomopsis longanae* Chi-induced the decreased storability and quality properties of fresh longans through modulating energy metabolism. Food Chem. 404: 134572. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134572.

Liu, P., N. Xu, R. Liu, J. Liu, Y. Peng and Q. Wang. 2022. Exogenous proline treatment inhibiting enzymatic browning of fresh-cut potatoes during cold storage. Postharvest Biol. Technol. 184: 111754. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111754.

Office of Agricultural Economics. 2022. Agricultural Statistics of Thailand 2022. Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. 194 pp. (in Thai)

Pan, X.C. 1994. Study on relationship between preservation and microstructure of *Euphoria longan* fruit. J. Guanxi Agric. Univ. 13: 185–188.

Paull, R.E. and N.J. Chen. 1987. Change in longan and rambutan during postharvest storage. HortScience. 22(6): 1303–1304. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.22.6.1303.

Siriphanich, J. 2010. Postharvest Biology and Plant Senescence. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 453 pp. (in Thai)

Suttirak, W. and S. Manurakchinakorn. 2010. Potential application of ascorbic acid, citric acid and oxalic acid for browning inhibition in fresh-cut fruits and vegetables. Walailak J. Sci. & Tech. 7(1): 5–14.

Tatsumi, Y., T. Hadate, S. Matsuo and K. Tsuno. 2002. Effect of sucrose fatty acid esters, monoglycerol and polyglycerol fatty acid ester on *in vitro* growth of *Botrytis cinerea* PEAS. and on postharvest control of rot in fruits. Food Preservation Science. 28(5): 227–234. https://doi.org/10.5891/jafps.28.227.

Thakur, R., P. Pristijono, J.B. Golding, C.E. Stathopoulos, C.J. Scarlett, M. Bowyer, S.P. Singh and Q.V. Vuong. 2018. Development and application of rice starch based edible coating to improve the postharvest storage potential and quality of plum fruit (*Prunus salicina*). Sci. Hortic. 237: 59–66. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.005.

Whangchai, K., K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2006. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. Crop Prot. 25(8): 821–825. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.11.003.

Yaman, O. and L. Bayoindirli. 2002. Effect of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. Lebensm. Wiss. Technol. 35(2): 146–150. https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0827.

Yörük, M.A., M. Gül, A. Hayirli and M. Karaoglu. 2004. Laying performance and egg quality of hens supplemented with sodium bicarbonate during the late laying period. Int. J. Poult. Sci. 3(4): 272–278. https://doi.org/10.3923/ijps.2004.272.278.

Yoruk, R. and M.R. Marshall. 2003. Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review. Food Biochem. 27(5): 361–422. https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2003.tb00289.x.

Zhang, S., H. Lin, M. Lin, Y. Lin, Y. Chen, H. Wang, Y. Lin and J. Shi. 2019. *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl. reduced energy status and ATPase activity and its relation to disease development and pericarp browning of harvested longan fruit. Food Chem. 275: 239–245. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.105.

Zheng, X. and S. Tian. 2006. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. Food Chem. 96(4): 519–523. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.049.