

ผลของสารละลายพลาสมาต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไย

Effects of Plasma Solution on Quality and Shelf Life of Longan Fruit

วันทนวิภา แสนกล และ ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข*

Wattanawipa Sankon and Tanachai Pankasemsuk*

ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: tanachai.p@cmu.ac.th

(Received: 7 March 2023; Revised: 29 May 2026 ; Accepted: 30 May 2026)

Abstract: Longan is the major economic fruit crop in Thailand, but the fresh fruit has a short storage and shelf life. The objective of this study was to investigate the effects of plasma solution on the postharvest quality of longan. The fruits were soaked in 1% plasma solution for various times; 1, 3, and 5 minutes. Tap water-soaked fruits (1 min) were used as the control. The fruits were then stored at 5°C with 80-85% relative humidity. After 28 days of storage, results showed that weight loss, firmness, total soluble solids (TSS), and titratable acidity (TA) among all treatments were not significantly different, ranging from 4.52-12.98%, 16.55-26.15 kg/cm², 18.82-21.03%, and 0.69-1.44%, respectively. The total phenolic compounds of longan fruits soaked in plasma solution treatment for 5 minutes were significantly higher than those in the plasma solution treatment for 1, 3 minutes, and tap water (control) at 28 days of storage. In terms of the color of the longan peel, all plasma solution treatments had browning index values of 2.35-2.65 at 28 days of storage, lower than 4.15 in the untreated control, indicating delayed development of pericarp browning during prolonged storage. For a shelf life, the control had a shelf life of 21 days because fruit decay exceeded 20% at 28 days of storage, while fruit in all plasma solution treatments had a shelf life of 28 days with fruit decay of 13.63-14.50%.

Keywords: Longan, cold plasma, storage

บทคัดย่อ: ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของประเทศไทย แต่ผลสดมีอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่ายสั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายพลาสมาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย โดยใช้ผลลำไยในสารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะเวลาต่างกันคือ 1, 3 และ 5 นาที โดยใช้ผลลำไยที่แช่น้ำประปານาน 1 นาทีเป็นชุดควบคุม จากนั้นนำผลลำไยไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการเก็บรักษานาน 28 วัน พบว่าการสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของน้ำคั้นจากผลลำไยในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.52-12.98 เปอร์เซ็นต์ 16.55-26.15 กก./ชม.² 18.82-21.03 เปอร์เซ็นต์ และ 0.69-1.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลลำไยในกรรมวิธีแช่สารละลายพลาสมานาน 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าผลที่แช่ในสารละลายพลาสมานาน 1 นาที 3 นาที และน้ำประปา (ชุดควบคุม) เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วัน ในส่วนของสีเปลือก ผลลำไยในทุกกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมา มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลอยู่ระหว่าง 2.35-2.65 ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่มีคะแนนเท่ากับ 4.15 แสดงถึงการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกระหว่างการเก็บรักษาสำหรับอายุการเก็บรักษา ผลลำไยในชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 21 วัน เนื่องจากมีอัตราการเน่าเสียเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ในขณะที่กรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมามีอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน ซึ่งมีอัตราการเน่าเสียของผลอยู่ระหว่าง 13.63-14.50 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ลำไย พลาสมาเย็น การเก็บรักษา

คำนำ

ลำไย (longan) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Dimocarpus longan* Lour. จัดอยู่ในวงศ์ Sapindaceae เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ อีกทั้งยังเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในสาธารณรัฐประชาชนจีน ไทย และเวียดนาม (Chen *et al.*, 2014) ประเทศไทยเป็นแหล่งนำเข้าลำไยสดอันดับ 1 ของประเทศจีน และช่วงเดือนมกราคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2566 ประเทศจีนมีการนำเข้าลำไยสดจากประเทศไทยคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 94 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณนำเข้าลำไยสดทั้งหมด (Thai Trade and Commerce Promotion Office, Guangzhou, 2023) ลำไยเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารอาหาร สามารถบริโภคสดและแปรรูปรวมถึงใช้ประโยชน์ทางการแพทย์แผนไทยโดยเมล็ดมีฤทธิ์ห้ามเลือดและรักษาแผล ใบลำไยช่วยแก้หวัดและริดสีดวง ลำไยเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจคงที่หรือลดลงหลังการเก็บเกี่ยวและเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลสูง ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาสั้น (Rattanapanon and Boonyakiat, 2018) โดยมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้เพียง 3-4 วัน

(Jiang *et al.*, 2002; Liu and Ma, 2001) ปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของลำไยคือการสูญเสีย น้ำ การเปลี่ยนสีของเปลือก และการเข้าทำลายของโรคหรือแมลงศัตรูพืช (Jiang and Li, 2001) ปัจจุบันใช้วิธีการรมลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างส่งออกได้นาน 30-40 วัน แต่บ่อยครั้งพบปัญหาการตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินค่ามาตรฐานและการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นอุปสรรคหลักต่อการส่งออก

พลาสมาเป็นสถานะที่สี่ของสารประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนที่ล่องลอยอิสระเนื่องจากถูกปลดปล่อยจากอะตอมหรือโมเลกุลโดยพลังงานหลากหลายรูปแบบ เช่น ความร้อน ไฟฟ้า และคลื่นแสง พลาสมามีสถานะใกล้เคียงก๊าซเนื่องจากการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคอ่อนแอ โดยเฉพาะอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์สำคัญที่มีปฏิกิริยาสูงในสถานะขึ้น (Sanghoo *et al.*, 2019) ในทางปฏิบัติสามารถสร้างได้ด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การคายประจุเรืองแสงโคโรนา คลื่นวิทยุ ไดอิเล็กทริกบาร์เรีย (DBD) ไมโครเวฟ และเจ็ตพลาสมา (Asl *et al.*, 2022) พลาสมาเย็นเป็นนวัตกรรมสำคัญในการยับยั้งจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรม

อาหาร ด้วยศักยภาพในการกำจัดเชื้อสาเหตุการเน่าเสีย ลดสารตกค้างกำจัดศัตรูพืช และรักษาคุณภาพผลผลิต (Chu *et al.*, 2007; Helhel *et al.*, 2005; Soloshenko *et al.*, 2002) กลไกหลักคือการกระตุ้นลิพิดเปอร์ออกซิเดชันที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำลายโปรตีนและ DNA ของจุลินทรีย์บนพื้นผิวอาหาร รวมถึงลดสารเคมีตกค้างทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ พลาสมาเย็นยังกระตุ้นกระบวนการสรีรวิทยาของผลไม้ ชะลอความเสื่อมหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากความเครียดทางสิ่งแวดล้อม ช่วยรักษาคุณภาพทางสรีรวิทยาและยืดอายุการเก็บรักษา (Misra *et al.*, 2016) โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส สปอร์ และไบโอฟิล์มผ่านกระบวนการออกซิเดชันจากไอออนไนเซชันที่รวดเร็ว (Soloshenko *et al.*, 2002; Chu *et al.*, 2007; Helhel *et al.*, 2005) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งประเมินประสิทธิภาพพลาสมาต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาลำไย เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอาหารปลอดภัยที่ยั่งยืนสำหรับการส่งออก

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองของระยะเวลาในการแช่สารละลายพลาสมาต่อการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของเปลือกและของผลลำไยดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูล ห้องปฏิบัติการพลาสมา ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ใช้ลำไยพันธุ์ดอกจากสวนเกษตรกรในจังหวัดลำพูน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ช่อ คัดเลือกผลลำไยที่มีคุณภาพผลดีไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายจากโรคและแมลง มัดรวมกันเป็นช่อ ช่อละ 250 กรัม เตรียมสารละลายพลาสมาโดยใช้สาร NaHCO_3 ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ผ่านระบบผลิตพลาสมาพร้อมกับปั๊มผลิตฟองไมโครนาโนเป็นเวลา 5 นาที นำผลลำไยชุดควบคุมแช่ในน้ำประปานาน 5 นาที และแช่ผลลำไยในสารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 1, 3 และ 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์แล้ววิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทาง

กายภาพและทางเคมีทุก 7 วัน โดยบันทึกผลการทดลอง ดังนี้การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids: TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity: TA) ค่าสีของผล ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (total phenolic compounds) ความแน่นเนื้อโดยใช้เครื่องวัดแรงกดที่มีรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตร กดลงบนเนื้อผลลำไยที่นำเปลือกออก และอายุการเก็บรักษาพิจารณาจากการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล เมื่อคะแนนผิวเปลือกมากกว่า 3.0 กำหนดเป็นคะแนนที่ไม่ยอมรับด้านสีผิว เกณฑ์การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกลำไย (browning index) มี 5 ระดับดังนี้ 1 = ผลไม่เกิดสีน้ำตาล 2 = เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อยหรือเป็นจุดเล็ก ๆ (ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์) 3 = เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ 4 = เกิดสีน้ำตาลระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์ และ 5 = เกิดสีน้ำตาลบนพื้นที่ผลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Jiang and Li (2001) โดยอายุการเก็บรักษาของผลลำไยในแต่ละกรรมวิธีสิ้นสุดลงเมื่อผลลำไยในกรรมวิธีนั้น ๆ มีเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผลมากกว่าหรือเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ของผลที่ทำการเก็บรักษาในกรรมวิธีนั้น ๆ บันทึกผลการทดลองทุกวันจนผลลำไยหมดอายุการเก็บรักษา วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบ ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0

ผลการทดลอง

สีน้ำตาลของเปลือกและอายุการเก็บรักษา

หลังการแช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า อายุการเก็บรักษาของลำไย ซึ่งพิจารณาจากคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกที่มีค่ามากกว่า 3.0 คะแนน โดยในวันที่เริ่มการเก็บรักษา และวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าเปลือกลำไยทั้ง 4 กรรมวิธีมีการเปลี่ยนสีของเปลือก 1 คะแนน แสดงให้เห็นว่าเปลือกผลลำไยไม่เกิดสีน้ำตาล ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือก 1.25

คะแนน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 1, 3 และ 5 นาที ซึ่งมีคะแนนการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล 1.10, 1.15 และ 1.14 คะแนนตามลำดับ และในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือก 4.15 คะแนน ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (Table 1)

เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย

การเน่าเสียหลังการเก็บรักษา พบว่าผลลำไยในชุดควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 21 วัน เนื่องจากมีอัตราการเน่าเสียของผลลำไยเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ส่วนผลลำไยในทุกกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมา มีอายุการเก็บรักษา 28 วัน โดยมีอัตราการเน่าเสียของผลอยู่ระหว่าง 13.63-14.50 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลลำไย

ค่า L^* คือ ค่าที่แสดงความมืดและความสว่างของสี ถ้าค่า L^* เข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีทึบ ถ้าค่า L^* เข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีสว่าง (McGuire, 1992) จากผลการวิเคราะห์ ค่า L^* ของผลลำไย ในวันที่เริ่มการเก็บรักษา พบว่ามีค่า L^* อยู่ในช่วง 50.31-51.12 ในวันที่ 7

ของการเก็บรักษาผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมมีค่า L^* เท่ากับ 47.28 ซึ่งสูงกว่าค่า L^* ของเปลือกผลลำไยในกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมมีค่า L^* 45.24 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่ในสารละลายพลาสมา 3 และ 5 นาที ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 44.55 และ 44.56 ตามลำดับ แต่สูงกว่าค่า L^* ในกรรมวิธีที่ได้รับการแช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 นาที (43.30) ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที มีค่า L^* 43.52 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมา นาน 1 และ 5 นาที ซึ่งมีค่า L^* 42.24 และ 42.30 ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมหมดอายุการเก็บรักษา (Table 3)

ค่า chroma (C^*) เป็นค่าที่แสดงความบริสุทธิ์ของสี โดยค่า chroma ที่มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงวัตถุมีสีซีดหรือเทา หากมีค่าเข้าใกล้ 60 หมายถึงวัตถุมีสีที่เข้ม (McGuire, 1992) จากผลการวิเคราะห์ค่า chroma ของผลลำไยในวันที่เริ่มการเก็บรักษา พบว่ามีค่า chroma

Table 1. Peel browning of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Longan peel browning (score)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	1.00±0.00	1.00±0.00	1.25±0.11	2.40±0.11 a	4.15±0.15 a
1% plasma (1 min)	1.00±0.00	1.00±0.00	1.10±0.07	1.75±0.10 b	2.35±0.10 b
1% plasma (3 min)	1.00±0.00	1.00±0.00	1.15±0.08	2.30±0.10 a	2.55±0.11 b
1% plasma (5 min)	1.00±0.00	1.00±0.00	1.14±0.10	2.30±0.10 a	2.65±0.11 b
F-test _(p=0.05)	NS	NS	NS	*	*

Note: Means followed by different letters within the same column are significant different at $P<0.05$

NS Not significant different

Table 2. Fruit spoilage of longan cv. 'Daw' soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Fruit spoilage (%)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	0	2.25±0.23 a	6.25±0.35 a	12.00±0.23 a	20.30±0.23 a
1% plasma (1 min)	0	1.00±0.35 b	3.25±0.23 b	9.50±0.42 b	14.50±0.41 b
1% plasma (3 min)	0	0.75±0.34 b	3.63±0.41 b	7.63±0.50 b	13.63±1.41 b
1% plasma (5 min)	0	1.13±0.33 b	3.38±0.23 b	7.88±0.31 b	13.63±0.23 b
F-test _(p=0.05)	NS	*	*	*	*

Note: Means followed by different letters within the same column are significant different at $P<0.05$

^{NS} Not significant different

Table 3. L* values of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	L*				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	51.12±0.71	47.28±0.57 a	45.24±0.44 a	43.05±0.39 ab	-
1% plasma (1 min)	50.32±0.49	41.01±0.75 b	43.30±0.54 b	42.24±0.48 b	43.39±0.60 b
1% plasma (3 min)	50.31±1.09	42.59±0.71 b	44.55±0.45 ab	43.52±0.26 a	43.65±0.32 a
1% plasma (5 min)	50.71±0.48	41.34±0.59 b	44.56±0.48 ab	42.30±0.34 b	43.73±0.61 a
F-test _(p=0.05)	NS	*	*	*	*

Note: Means followed by different letters within the same column are significant different at $P<0.05$

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

ในช่วง 30.43-33.20 โดยผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่ในสารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 5 นาที มีค่า chroma 33.20 ซึ่งไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 3 นาที แต่สูงกว่าค่า chroma ของผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาเป็นเวลา 1 นาทีที่มีค่า chroma 30.43 และ 30.73 ตามลำดับ

ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าเปลือกผลลำไยมีค่า chroma ในช่วง 30.64-32.26 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 14 และ 21 ของการเก็บรักษา พบว่าเปลือกผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมมีค่า chroma 28.95 และ 30.15 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลลำไยในทุกกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมา และในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ผลลำไยใน

กรรมวิธีควบคุมหัตถการเก็บรักษา และพบว่าผล
ลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น
1 เปอร์เซ็นต์ 5 นาที มีค่า chroma 39.53 ซึ่งสูงกว่าค่า
chroma ของผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมา
ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์นาน 1 และ 3 นาที (Table 4)

ค่า hue angle เป็นค่าที่แสดงสีส้มหรือแดง
โดยค่าที่เข้าใกล้ 90 องศา สีวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเหลือง
หากมีค่าเข้าใกล้ 180 องศา สีวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีเขียว
(McGuire,1992) จากผลการวิเคราะห์ค่า hue angle (h°)

ของผลลำไยในวันที่เริ่มการเก็บรักษา พบว่ามีค่า hue
angle อยู่ในช่วง 76.20-78.43 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน
ทางสถิติ ในการเก็บรักษาวันที่ 7, 14, 21 และ 28
ผลลำไยมีค่า hue angle อยู่ในช่วง 67.98-70.45, 68.00-
68.93, 66.52-68.68 และ 67.40-68.42 องศา ตามลำดับ
ซึ่งผลลำไยทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของค่า hue angle
ลดลง และตลอดการทดลองพบว่าค่า hue angle ของ
ผลลำไยทั้ง 4 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
(Table 5)

Table 4. Chroma values of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Chroma (C*)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	30.43±0.74 b	32.26±0.61	28.95±0.46 a	30.15±0.89 a	-
1% plasma (1 min)	30.73±0.27 b	31.68±0.55	26.87±0.59 b	25.49±0.29 c	24.32±0.50 b
1% plasma (3 min)	31.23±0.56 ab	31.29±0.87	25.67±0.33 b	26.92±0.21 bc	24.79±0.46 b
1% plasma (5 min)	33.20±1.18 a	30.64±0.47	26.69±0.44 b	27.26±0.26 b	39.53±2.27 a
F-test($p=0.05$)	*	NS	*	*	*

Note: Means followed by different letters within the same column are significant different at $P<0.05$

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

Table 5. Hue angle of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Hue angle ($^\circ$)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	76.92±0.51	70.45±0.54	68.93±0.61	68.19±0.52	-
1% plasma (1 min)	78.43±0.73	68.98±1.37	68.00±0.47	66.52±1.62	67.87±0.75
1% plasma (3 min)	76.20±1.29	69.40±1.36	68.73±0.40	68.68±0.90	67.40±0.25
1% plasma (5 min)	77.23±0.64	67.98±0.55	68.13±0.44	67.65±0.34	68.42±0.51
F-test($p=0.05$)	NS	NS	NS	NS	NS

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของลำไยหลังเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 28 วันพบว่าลำไยในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน โดยลำไยที่ผ่านการแช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที มีค่าการสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 4.97-12.98, 4.52-12.70 และ 4.83-12.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมหมดอายุการเก็บรักษา (Table 6)

ความแน่นเนื้อ

ลำไยหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 28 วัน พบว่าในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา ค่าความแน่นเนื้อของทุกกรรมวิธีเพิ่มขึ้นจากการเก็บรักษาวันแรก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 21.42-26.25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเมื่อเก็บรักษาผลลำไยได้ 14 วัน ค่าความแน่นเนื้อของผลลำไยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และลดลงในวันที่ 21 และ 28 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลลำไยในกรรมวิธีแช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์เวลา 1, 3 และ 5 นาที และกรรมวิธีควบคุมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids: TSS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของลำไยในวันที่เริ่มการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วง 18.82-20.33 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 14 และ 21 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในช่วง 20.69-20.94 และ 19.92-21.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 28 ของการเก็บรักษาผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมหมดอายุการเก็บรักษา และพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยที่แช่สารละลายพลาสมาอยู่ในช่วง 20.83-20.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 8)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity: TA)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลำไย พบว่าวันแรกที่เก็บรักษาผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 1, 3 และ 5 นาที และกรรมวิธีควบคุม มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้อยู่ในช่วง 0.80- 0.91 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลลำไยอยู่ในช่วง 0.69-1.02 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 28 ของ

Table 6. Weight loss of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Weight loss (%)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	0	4.60±0.17	11.50±0.17	11.18±0.17	-
1% plasma (1 min)	0	4.97±0.20	11.29±0.18	11.16±0.26	12.98±0.25
1% plasma (3 min)	0	4.52±0.19	11.69±0.18	11.25±0.17	12.70±0.17
1% plasma (5 min)	0	4.83±0.23	11.67±0.19	11.81±0.21	12.53±0.21
F-test _(p=0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

Table 7. Firmness of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Firmness (kg/cm ²)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	20.21 ± 2.26	16.15 ± 4.10	21.42 ± 6.51	19.78 ± 5.85	-
1% plasma (1 min)	19.84 ± 1.88	17.48 ± 3.82	24.22 ± 4.56	20.22 ± 5.11	20.65 ± 4.53
1% plasma (3 min)	19.78 ± 2.40	16.55 ± 4.01	26.15 ± 4.29	21.77 ± 4.07	20.56 ± 3.52
1% plasma (5 min)	19.89 ± 1.90	17.88 ± 3.70	22.54 ± 4.39	22.56 ± 4.13	21.37 ± 3.55
F-test _(p=0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

Table 8. Total soluble solids of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Total soluble solids (%)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	19.78 ± 0.37	19.46 ± 0.36	20.73 ± 0.18	19.92 ± 0.28	-
1% plasma (1 min)	20.33 ± 0.38	18.92 ± 0.37	20.70 ± 0.23	21.03 ± 0.22	20.83 ± 0.24
1% plasma (3 min)	18.92 ± 0.33	18.93 ± 0.24	20.69 ± 0.28	20.56 ± 0.29	20.94 ± 0.25
1% plasma (5 min)	18.82 ± 0.37	19.66 ± 0.38	20.94 ± 0.21	20.41 ± 0.24	20.91 ± 0.29
F-test _(p=0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

^{NS} Not significant differences

- The fruit condition was unacceptable

การเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ตลอดการศึกษาพบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลลำไยในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 9)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Total phenolic compounds)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของลำไย ในวันที่เริ่มการเก็บรักษา มีค่าอยู่ในช่วง 5.90-7.25 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด โดยผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 1

นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่ากรรมวิธี ควบคุม ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่าผลลำไยมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.50-7.40 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 14 หลังการเก็บรักษา พบว่าผลลำไยในกรรมวิธีที่ แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 3 และ 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 14.72 และ 13.70 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าสารประกอบฟีนอลทั้งหมดของผลลำไยในกรรมวิธี

ควบคุมและในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมานาน 1 นาที ซึ่งมีค่า 10.74 และ 12.02 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา พบว่า ผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์นาน 1 และ 3 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอล 12.79 และ 12.07 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลลำไยในกรรมวิธีควบคุมที่มีสารประกอบฟีนอล 11.76 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด แต่สูงกว่าสารประกอบฟีนอลในผลลำไย

ที่ได้รับการแช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 5 นาที ที่มีค่า 10.19 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด และวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 5 นาที มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดเท่ากับ 19.22 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด ซึ่งสูงกว่าผลในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสมาความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 และ 3 นาที ที่มีปริมาณ 14.61 และ 14.16 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ (Table 10)

Table 9. Titratable acidity of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Titratable acidity (%)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	0.80±0.01	0.69±0.01	0.88±0.02	0.96±0.02	-
1% plasma (1 min)	0.89±0.02	0.82±0.02	1.07±0.01	1.16±0.02	1.40±0.03
1% plasma (3 min)	0.91±0.03	0.94±0.02	1.14±0.02	1.15±0.02	1.26±0.03
1% plasma (5 min)	0.88±0.02	1.02±0.01	0.80±0.01	1.25±0.01	1.44±0.03
F-test _(p=0.05)	NS	NS	NS	NS	NS

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

Table 10. Phenolic compounds of longan cv. 'Daw' fruits soaked in 1% plasma solution for 1, 3, and 5 min then stored at 5 °C and 80-85% RH

Treatments	Phenolic compounds (µg/gFW)				
	Storage period (days)				
	0	7	14	21	28
Control (water)	5.90±0.66 b	6.50±1.13	10.74±1.51 b	11.76±1.41 ab	-
1% plasma (1 min)	7.25±1.03 a	7.40±0.21	12.02±1.10 b	12.79±0.13 a	14.61±2.49 b
1% plasma (3 min)	7.02±0.42 ab	7.01±0.88	14.72±0.43 a	12.07±0.43 a	14.16±1.09 b
1% plasma (5 min)	6.90±0.41 ab	6.70±1.04	13.70±1.59 a	10.19±1.33 b	19.22±0.48 a
F-test _(p=0.05)	*	NS	*	*	*

Note: Means followed by different letters within the same column are significant different at $P<0.05$

^{NS} Not significant different

- The fruit condition was unacceptable

วิจารณ์

ผลลำไยในทุกกรรมวิธีมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากผลลำไยมีน้ำเป็นองค์ประกอบ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และยังคงการหายใจต่อเนื่องหลังการเก็บเกี่ยว จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นตลอดเวลา เมื่อเก็บเกี่ยวผลิตผลออกจากต้น ผลิตผลจะถูกตัดขาดจากแหล่งน้ำที่เคยได้รับจากราก จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำของผลผลิต (Boonyakiat, 1997) ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลลำไยที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการระเหยของน้ำจากผิวลำไยโดยรอบและซั้วผลซึ่งเป็นบาดแผลที่เป็นช่องเปิดโดยตรง (Siripanich, 1995)

ความแน่นเนื้อของผลลำไยในกรรมวิธีที่แช่สารละลายพลาสติกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 3 กรรมวิธี และกรรมวิธีควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงเมื่อครบอายุการเก็บรักษา เนื่องจากช่วงแรกของการทดลองผิวของเนื้อลำไยมีความตึงผิวมากทำให้การกดลงบนผลลำไยทำได้ง่ายเมื่อเวลาผ่านไป ลำไยมีความตึงผิวลดลงทำให้ต้องใช้แรงในการกดมากขึ้น ค่าของความแน่นเนื้อจึงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักสดของผลลำไย เมื่อผลลำไยมีการหายใจลดลง ความตึงผิวของเนื้อลำไยไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าการแช่ผลลำไยในสารละลายพลาสติกไม่มีผลกระทบต่อผนังของเปลือกลำไย สอดคล้องกับการทดลองของ Mulphumsai (2014) ซึ่งพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาผลลำไยนาน 20 วัน ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของลำไยในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และค่าที่วัดได้ค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Pattanapo *et al.* (2016) ซึ่งพบว่าลำไยพันธุ์ตี่แช่สารละลายพลาสติกมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้คงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยภายหลังการเก็บเกี่ยวน้ำตาลจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นใน

กระบวนการหายใจโดยการแช่ผลลำไยในพลาสติกไม่ได้ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลลำไย จึงไม่มีผลในการกระตุ้นอัตราการหายใจ ทำให้ระดับน้ำตาลในผลลำไยในทุกกรรมวิธีถูกนำไปใช้ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกันเช่นเดียวกันกับรายงานของ Pant (2024) ซึ่งรายงานว่า การใช้พลาสติกไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะเขือเทศ และพบว่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ของมะเขือเทศอยู่ในระดับคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดพบว่าในวันที่ 28 ของการเก็บรักษากรรมวิธีการแช่ในสารละลายพลาสติกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เวลา 5 นาทีมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงที่สุดเท่ากับ 19.22 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีการแช่ในสารละลายพลาสติกความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 และ 3 นาที อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใกล้หมดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักสดที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลภายในเซลล์มีความเข้มข้นมากขึ้น และการแช่ลำไยในสารละลายพลาสติกไม่มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเปลี่ยนแปลง สารประกอบฟีนอลเกิดจากการสัมผัสกับออกซิเจนจึงถูกออกซิไดซ์ได้เป็นสารควิโนนแล้วจึงรวมกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นกลายเป็นสารสีน้ำตาล ซึ่งสารที่ใช้ยับยั้งการเกิดสารประกอบฟีนอลได้คือสารกลุ่มซัลไฟต์ (Siripanich and Romphopphak, 2006) จึงมีการนำซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปใช้ในการรมผลลำไยให้มีสีเหลืองทองเพื่อคุณภาพที่ดีทางการค้า ในขณะที่ Mlambo *et al.* (2025) รายงานว่าการใช้พลาสติกในฝรั่งมีผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงกว่าตัวอย่างชุดควบคุม แต่การศึกษาของลำไยในปัจจุบันไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งคาดว่าอาจเกิดจากการตอบสนองของพลาสติกที่แตกต่างกันตามประเภทผลไม้

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกนอกของผลลำไย การทดลองแช่ผลลำไยในสารละลายพลาสติกความเข้มข้น

1 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทำให้ค่า L^* , C^* และ h^o แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมและพบว่าตลอดการเก็บรักษาค่า L^* , C^* และ h^o ที่วัดได้มีแนวโน้มลดลงจนหมดอายุเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Pattanapo and Pankasemsuk (2019) ที่พบว่าผลลำไยมีเปลือกคล้ำ สีเข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และพบว่ามีผลลดลงซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารสีและมีสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น (Siripanich, 1995)

อายุการเก็บรักษาประเมินจากคุณภาพของสีเปลือกด้วยการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาล โดยคะแนนมากกว่า 3.0 ขึ้นไป ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษาการแช่พลาสมาสร้าง reactive oxygen species รวมถึงอนุมูลไฮดรอกซิล ($\cdot OH$) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่สำคัญอนุมูลเหล่านี้สามารถยับยั้งการเน่าเสีย การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรค และยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสารสี (Akeber *et al.*, 2024) จากผลการทดลองพบว่าผลลำไยที่แช่พลาสมาทั้ง 3 กรรมวิธีมีคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยทั้งสามกรรมวิธีมีคะแนนอยู่ในช่วง 2.35-2.65 คะแนนเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีคะแนน 4.15 คะแนน ซึ่งเกินเกณฑ์ 3.0 (หมดอายุการเก็บรักษา) ผลนี้แสดงให้เห็นว่าการแช่พลาสมาช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพสีเปลือกของผลลำไยในระหว่างการเก็บรักษา

สรุป

พลาสมามีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของลำไย โดยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 7 วัน ที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 5 องศาเซลเซียส และพลาสมาสามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวได้จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของพลาสมา ความปลอดภัยและความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Akeber, S., Y. Ramezen and M. Reza Khani. 2024. Effect of post-harvest cold plasma treatment on physicochemical properties and inactivation of *Penicillium digitatum* in Persian lime fruit. Food Chemistry 437: 137616.
- Asl, P.J., V. Rajulapati, M. Gavahian, I. Kapusta, P. Putnikand and A.M. Khaneghah. 2022. Non-thermal plasma technique for preservation of fresh foods. Food Control 134: 108560.
- Boonyakiat, D. 1997. Postharvest Physiology of Horticulture. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. 222 p. (in Thai)
- Chen, Y., H. Lin, Y. Jiang, S. Zhang, Y. Linand Z. Wang. 2014. *Phomopsis longanae* Chi-induced pericarp browning and disease development of harvested longan fruit in association with energy status. Postharvest Biology and Technology 93: 24-28.
- Chu, L.B., X.H. Xing, A.F. Yu, Y.N. Zhou, X.L. Sun and B. Jurcik. 2007. Enhanced ozonation of simulated dyestuff wastewater by microbubbles. Chemosphere 68(10): 1854-1860.
- Helhel, S., L. Oksuz and A.Y. Rad. 2005. Silicone catheter sterilization by microwave plasma; argon and nitrogen discharge. International Journal of Infrared and Millimeter Waves 26(11): 1613-1625.
- Jiang, Y. and Y. Li. 2001. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chemistry 73(2): 139-143.
- Jiang, Y., Z. Zhang, D.C. Joyce and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and handling of

- longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). Postharvest Biology and Technology 26(3): 241-252.
- Liu, X.H. and C.L. Ma. 2001. Production and research of longan in China. Acta Horticulturae 558(8): 73-82.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. Horticultural Science 27(12): 1254-1255.
- Misra, N.N., O.K. Schlüter and P.J. Cullen. 2016. Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications. Academic Press, Amsterdam. 369 p.
- Mlambo, B., F.R. Kutu, Z.A. Belay, R.R. Mphahlele, T. Suinyuy, L. Mokwena and O.J. Caleb. 2025. Low-pressure cold plasma pretreatment: Impact on quality attributes of "Fan Retief" guava and efficacy against *Colletotrichum gloeosporioides*. Journal of Food Science 90(2): e70058.
- Mulphumsai, W. 2014. Effects of precooling on quality and shelf-life of longan cv. Daw. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. 74 p. (in Thai)
- Pant, A. 2024. Effect of non-thermal plasma on postharvest quality of tomato. M.S. Thesis. Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, doi: 10.58837/CHU LA.THE.2024.306.
- Pattanapo, W., T. Pankasemsuk, W. Moonpumsai and S. Chitworakool. 2016. Effect of plasma on storage life and quality of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) cv. Daw. Journal of Agricultural Science 47(3): 341-344. (in Thai)
- Pattanapo, W. and T. Pankasemsuk. 2019. The effect of plasma solution on quality change in longan (*Dimocarpus longan* cv. Long) after harvest. pp. 1-6. In: Proceedings of the 18th National Horticultural Congress "Advanced Horticulture Brings Wealth to Thailand". Richmond Stylish Convention Hotel, Nonthaburi. (in Thai)
- Rattanapanon, N. and D. Boonyakiat. 2018. Postharvest Technology of Longans. Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai. 279 p. (in Thai)
- Sanghoo, P., J.Y. Park and W. Choe. 2019. Origin of hydroxyl radicals in a weakly ionized plasma-facing liquid. Chemical Engineering Journal 378: 122-131.
- Siripanich, J. 1995. Physiology and Postharvest Technology of Vegetables and Fruits. Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom. 396 p. (in Thai)
- Siripanich, J. and T. Romphophak. 2006. Postharvest Management of Vegetables and Fruits. National Agricultural Extension and Training Center, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom. 94 p. (in Thai)
- Soloshenko, I.A., V.V. Tsiolko, V.A. Khomich, V.Y. Bazhenov, A.V. Rybtsev, A.I. Schedrin and I.L. Mikhno. 2002. Features of sterilization using low-pressure DC-discharge hydrogen-peroxide plasma. IEEE Transactions on Plasma Science 30(4): 1440-1444.
- Thai Trade and Commerce Promotion Office, Guangzhou. 2023. Chat about "longan" – Opportunities and new challenges of Thai longan in China. (Online). Available: <https://thaibizchina.com> (January 28, 2026). (in Thai)