

ผลของอุณหภูมิและต้นแบบชีวภัณฑ์จากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus siamensis* RFCD306 ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไยพันธุ์ดอ

Effects of Temperature and Bio-product Prototype from Antagonistic Bacteria, *Bacillus siamensis* RFCD306, on Quality and Storage Life of Longan Fruit cv. Daw

ปฐมพร ไชยะ¹ เจนจิรา บุญรักษา¹ เอมลิน พิพัฒน์ภักดี² จันทลักษณ์ ทิยาน^{1,3}
อรอุมา เรืองวงษ์^{2,3} ดนัย บุญยเกียรติ³ และ พิมพีใจ สีหะนาม^{1,3,4*}
Patomporn Chaiya¹, Jenjira Boonraksa¹, Aimalin Pipattanapuckdee², Chantalak Tiyaon^{1,3},
Onuma Ruangwong^{2,3}, Danai Boonyakiat³ and Pimjai Seehanam^{1,3,4*}

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

²ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

²Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

³Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science,

Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

⁴ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

⁴Postharvest Technology Research Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: pimjai193@gmail.com

(Received: 4 August 2021; Accepted: 12 December 2021)

Abstract: The objective of this research was to examine the effects of temperature and bio-product (rice starch-2 formulation) from *Bacillus siamensis* isolate RFCD306 (rate 0.5 g/100 ml) on quality and storage life of longan fruit cv. Daw. The experimental design was a completely randomized design (CRD) with 6 treatments: T1) fruits were neither sprayed with water nor biocontrol product and stored at ambient temperature ($29.75 \pm 0.67^\circ\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\% \text{RH}$), T2) fruits were sprayed with water and stored at ambient temperature ($29.75 \pm 0.67^\circ\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\% \text{RH}$), T3) fruits were sprayed with biocontrol product and stored at ambient temperature ($29.75 \pm 0.67^\circ\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\% \text{RH}$), T4) fruits were neither sprayed with water nor biocontrol product and stored at 15°C and $75\% \text{RH}$ ($15.06 \pm 0.09^\circ\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\% \text{RH}$), T5) fruits were sprayed with water and stored at 15°C and $75\% \text{RH}$ ($15.06 \pm 0.09^\circ\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\% \text{RH}$), and T6) fruits were sprayed with bio-product and stored at 15°C and $75\% \text{RH}$ ($15.06 \pm 0.09^\circ\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\% \text{RH}$) for 2 days. The results showed that longan sprayed with biocontrol product and stored at 15°C and $75\% \text{RH}$ could reduce fresh weight and pulp dry weight loss. Moreover, the treatment could slow down the off-odor, discoloration of peel, and vitamin C contents. In addition, fruits sprayed with biocontrol product and stored at 15°C

and 75 %RH had the highest overall acceptability resulting in the longest shelf life of 13.20 ± 0.49 days. However, biocontrol product and storage temperature had no effect on peel dry weight and total soluble solids of longan fruit.

Keywords: Quality, bio-product, storage life, longan fruit cv. Daw

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรแบ่งข้าวเจ้า - 2 จากเชื้อแบคทีเรียปฏิบัณ *Bacillus siamensis* ไอโซเลท RFCD306 (อัตราการใช้ 0.5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิตร) ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($29.75 \pm 0.67^\circ\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\%$ RH) กรรมวิธีที่ 2 พ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($29.75 \pm 0.67^\circ\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\%$ RH) กรรมวิธีที่ 3 พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($29.75 \pm 0.67^\circ\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\%$ RH) กรรมวิธีที่ 4 ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ($15.06 \pm 0.09^\circ\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\%$ RH) กรรมวิธีที่ 5 พ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ($15.06 \pm 0.09^\circ\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\%$ RH) และกรรมวิธีที่ 6 พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ($15.06 \pm 0.09^\circ\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\%$ RH) เป็นระยะเวลา 2 วัน ผลการทดลองพบว่า ผลลำไยที่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ ร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเนื้อ ชะลอการเกิดการกลืนผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก และปริมาณวิตามินซีได้ นอกจากนี้ยังได้รับการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด คือ 13.20 ± 0.49 วัน อย่างไรก็ตามการพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์และอุณหภูมิที่เก็บรักษาไม่ส่งผลต่อน้ำหนักแห้งเปลือก และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไย

คำสำคัญ: คุณภาพ ชีวภัณฑ์ อายุการเก็บรักษา ผลลำไยพันธุ์ดอ

คำนำ

ลำไย (*Dimocarpus longan*) จัดเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมากของประเทศไทย ในแต่ละปีประเทศไทยสามารถผลิตลำไยได้มากกว่า 1 ล้านตัน โดยผลผลิตประมาณ 0.5 ล้านตัน ถูกส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศและมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ประเทศไทยส่งออกลำไยทั้งรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป เช่น อบแห้ง บรรจุกระป๋อง หรือแช่แข็ง โดยในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีการส่งออกลำไยผลสดมูลค่า 20,810 ล้านบาท และลำไยอบแห้งมูลค่า 8,783 ล้านบาท (Information and Communication Technology Center, 2021) ซึ่งตลาดส่งออกลำไยสดและลำไยอบแห้งที่สำคัญของไทย คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน ทั้งนี้ในปี

พ.ศ. 2562 สาธารณรัฐประชาชนจีนมีการนำเข้าลำไยผลสดจากประเทศไทย 279,446 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,300 ล้านบาท และมีการนำเข้าลำไยอบแห้ง 114,127 ตัน คิดเป็นมูลค่า 4,600 ล้านบาท (Agriculture Section, Royal Thai Consulate-General Shanghai, 2021) กรณีลำไยผลสดมีปัญหาสำคัญภายหลังการเก็บเกี่ยว คือ เกิดการเสื่อมสภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว โดยมักแสดงอาการเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ผลเน่า และความเสียหายของเนื้อผล ซึ่งส่งผลต่ออายุการวางจำหน่ายและมูลค่าทางการตลาด (Duan *et al.*, 2007; Jiang *et al.*, 2002) กรณีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยวนั้นเกิดจากการเกิดกระบวนการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกและการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิด

สีน้ำตาล (browning enzymes) เช่น เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) ฟีนิลอะลานีนแอมโมเนียไลเอส (phenylalanine ammonia lyase) และเพอร์ออกซิเดส (peroxidase) (Cheng *et al.*, 2009; Duan *et al.*, 2007; Jiang, 1999) นอกจากนี้ลำไยเป็นผลไม้ที่มีปริมาณน้ำตาลและน้ำภายในเซลล์สูง จึงส่งเสริมให้เกิดการเจริญของยีสต์และเชื้อราก่อโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวและส่งผลให้เกิดการเน่าเสียของผลอย่างรวดเร็ว (Whangchai *et al.*, 2006) การเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคหลังการเก็บเกี่ยว อาจเกิดก่อนการเก็บเกี่ยว ระหว่างการเก็บเกี่ยว หรือภายหลังการเก็บเกี่ยว กรณีการเข้าทำลายก่อนการเก็บเกี่ยว เชื้อสาเหตุจะร่อนจนกว่าสภาพแวดล้อมเหมาะสม เช่น ผลสุก แล้วจึงจะแสดงอาการของโรคภายหลังการเก็บเกี่ยว (Coates and Johnson, 1997) การยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยมีความสำคัญต่อเกษตรกรและพ่อค้าคนกลาง เนื่องจากช่วยยืดระยะเวลาการส่งออกสู่ท้องตลาด ลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ และลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการได้ การยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้การควบคุมการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกผลและการเน่าเสียของผลลำไยในทางการค้า มักใช้วิธีการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) อย่างไรก็ตามหลายประเทศเริ่มหันมาให้ความสำคัญต่อความปลอดภัยและสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากทำให้เกิดอาการแพ้ในผู้บริโภค จึงมีการจำกัดการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย (Whangchai *et al.*, 2006) อย่างไรก็ตามยังมีการใช้วิธีต่าง ๆ ในการยืดอายุการวางจำหน่ายและลดความเสียหายของผลลำไย ตัวอย่าง เช่น การใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อรา การเคลือบผิวด้วยแว็กซ์ การลดอุณหภูมิ และการใช้ชีวภัณฑ์หรือจุลินทรีย์ต้านฤทธิ์ เป็นต้น โดยปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้หลายวิธี เพื่อลดอันตรายจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่เพิ่มขึ้น วิธีการหนึ่งที่ได้ผลดี คือ การใช้ชีววิธี (biocontrol) โดยเฉพาะการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิบัณช์ เพื่อควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจทดแทนการใช้สารเคมี

ในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิต ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่มีการนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชอย่างแพร่หลายคือ แบคทีเรีย *Bacillus* เนื่องจากเป็นเชื้อแบคทีเรียปฏิบัณช์ที่มีความปลอดภัยและไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสภาพแวดล้อม (Horak *et al.*, 2019) ซึ่งเชื้อ *Bacillus siamensis* ไอโซเลท RFCD306 ที่ได้รับการคัดแยกจากเปลือกผลลำไยที่ไม่เป็นโรค (Pipattanapuckdee *et al.*, 2562) มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคลำไยผลเน่าได้ โดยการสังเคราะห์สารปฏิชีวนะหรือสร้างเอนไซม์เพื่อทำลายเชื้อโรคพืช (Thaveechai, 2007) ทั้งนี้จากการทดสอบใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์จากเชื้อแบคทีเรียปฏิบัณช์ *Bacillus siamensis* RFCD306 เบื้องต้นในสภาพการทดสอบที่อุณหภูมิห้องต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลลำไยพันธุ์ดอ พบว่า ให้ผลดีขึ้นเพียงเล็กน้อยซึ่งไม่แตกต่างกับผลลำไยที่ไม่ผ่านการพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ ดังนั้น การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงสนใจที่จะศึกษาผลของอุณหภูมิร่วมกับการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ต่อการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ สุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($29.75 \pm 0.67^{\circ}\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\% \text{ RH}$)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($29.75 \pm 0.67^{\circ}\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\% \text{ RH}$)

กรรมวิธีที่ 3 พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($29.75 \pm 0.67^{\circ}\text{C}$, $66.75 \pm 0.82\% \text{ RH}$)

กรรมวิธีที่ 4 ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75% ($15.06 \pm 0.09^{\circ}\text{C}$, $73.38 \pm 1.21\% \text{ RH}$)

กรรมวิธีที่ 5 พ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % (15.06 ± 0.09 °C, 73.38 ± 1.21 % RH)

กรรมวิธีที่ 6 พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % (15.06 ± 0.09 °C, 73.38 ± 1.21 % RH)

หลังการเก็บรักษาสุ่มตัวอย่างผลลำไยทุกกรรมวิธีเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี ทุก 2 วัน โดยวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบค่าทางสถิติด้วยวิธี analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวอย่างลำไย

ลำไยพันธุ์ดอที่เก็บเกี่ยวในระยะผลสุกแก่ทางการค้าจากแปลงเกษตรกรจังหวัดลำพูน คัดเลือกผลลำไยที่ไม่มีการเข้าทำลายของโรคและแมลง ไม่มีความเสียหายทางกล และมีคุณภาพผลใกล้เคียงกัน นำมาตัดแต่งก้านช่อผลให้มีความยาวประมาณ 5 เซนติเมตร จากนั้นพ่นด้วยน้ำกลั่นหรือต้นแบบชีวภัณฑ์ชนิดผงที่ทำมาจากเชื้อแบคทีเรียปฏิบักร์ *Bacillus siamensis* ไอโซเลท RFCD306 (มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิบักร์ 1.75×10^{10} cfu/g) ผสมในสูตรแบ่งข้าวเจ้า-2 โดยพ่นให้ทั่วผลลำไยพันธุ์ดอ จากนั้น ผึ่งผลลำไยให้แห้งที่สภาพอุณหภูมิห้อง แล้วบรรจุลงตะกร้าพลาสติกในลักษณะเปิด ก่อนนำไปเก็บรักษาตามกรรมวิธีต่าง ๆ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมี

เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักสด โดยชั่งน้ำหนักผลลำไยสดด้วยเครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Zepper รุ่น ES-1200HA บริษัท Zepper Instrument สาธารณรัฐประชาชนจีน) บันทึกผลการทดลองทุก 2 วัน จนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา แล้วนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักสดของผลลำไย

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเนื้อและเปลือก โดยนำเนื้อและเปลือกของผลลำไยอบในตู้อบลมร้อน (hot air oven ยี่ห้อ Contherm รุ่น Thermotec 2000 Oven บริษัท Lab Focus ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 60 °C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้น นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเนื้อและเปลือก

ค่าสีของเปลือกนอก เปลือกใน และเนื้อของผลลำไย โดยใช้เครื่องวัดสี (chroma meter ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400 บริษัท Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น) โดยการสุ่มวัดจำนวน 10 ผลต่อซ้ำ แสดงผลเป็นค่า L^* , chroma (C^*) และ hue angle (h°)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลลำไย ได้แก่ การเกิดกลิ่นผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และการยอมรับโดยรวม มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ การประเมินการเกิดกลิ่นผิดปกติ กำหนดให้ 5 คะแนน คือ กลิ่นปกติ 4 คะแนน คือ กลิ่นผิดปกติเล็กน้อย 3 คะแนน คือ กลิ่นผิดปกติปานกลาง 2 คะแนน คือ กลิ่นผิดปกติมาก 1 คะแนน คือ กลิ่นผิดปกติมากที่สุด การประเมินการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลลำไย กำหนดให้ 5 คะแนน คือ สีเปลือกปกติ 4 คะแนน คือ สีเปลือกเปลี่ยนแปลงน้อย 3 คะแนน คือ สีเปลือกเปลี่ยนแปลงปานกลาง 2 คะแนน คือ สีเปลือกเปลี่ยนแปลงมาก 1 คะแนน คือ สีเปลือกเปลี่ยนแปลงมากที่สุด การประเมินการยอมรับโดยรวม กำหนดให้ 5 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด 4 คะแนน คือ ชอบ 3 คะแนน คือ เฉย ๆ 2 คะแนน คือ ไม่ชอบ 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด

การวัดส่วนประกอบทางเคมี ดำเนินการโดยสุ่มผลลำไยแต่ละกรรมวิธี จำนวน 30 ผล แบ่งเป็น 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยลำไย 10 ผล นำเนื้อลำไยแต่ละซ้ำบั่นรวมกันให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น (ยี่ห้อ Philips รุ่น HR2118 บริษัท Philip ประเทศอินโดนีเซีย) จากนั้น จึงนำไปวัดส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ การวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้ pocket refractometer (ยี่ห้อ Atago รุ่น PAL-1 บริษัท Atago ประเทศญี่ปุ่น) รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ การวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ โดยชั่งเนื้อผลลำไยที่บั่นละเอียด 5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้

ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บันทึกค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เริ่มต้น จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เท่ากับ 8.20 แล้วคำนวณปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้จากปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไป รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก (AOAC, 2000) และวัดปริมาณวิตามินซีด้วยวิธี indophenol โดยชั่งเนื้อลำไยที่ปั่นละเอียด 10 กรัม ผสมกับสารละลายกรดออกซาลิกแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร กรองสารละลายดังกล่าว และดูดสารละลายที่กรองได้ 10 มิลลิลิตร นำมาไทเทรตกับสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 % จนถึงจุดยุติ คือสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีโดยใช้ปริมาณ 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอลที่ใช้ไป เทียบกับปริมาณ 2,6-ไดคลอโรฟีนอลอินโดฟีนอล ที่ใช้กับกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.4 % รายงานผลเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด (mg/ 100gFW) (Ranganna, 1986)

การตรวจสอบการเกิดผลเน่าของผลลำไย โดยนับจำนวนผลลำไยที่แสดงอาการผลเน่า นำมาคำนวณการเกิดโรค จากสูตร การเกิดโรค (%) = (จำนวนผลลำไยที่เกิดโรค(ในแต่ละกรรมวิธี) / จำนวนผลลำไยทั้งหมด(ในแต่ละกรรมวิธี)) x 100

อายุการเก็บรักษา กำหนดให้ผลลำไยหมดอายุการเก็บรักษา เมื่อได้รับคะแนนประเมินการยอมรับโดยรวมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

ผลการทดลองและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

ผลลำไยที่ พ่น น้ำ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด เท่ากับ 5.71 ± 0.61 % ขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ มีการสูญเสียน้ำหนักสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) การสูญเสียน้ำหนักสดของผลผลิต

เกิดจากการสูญเสียน้ำ ทั้งนี้ในเซลล์ของผักและผลไม้มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 80 - 95 % ดังนั้นการสูญเสียน้ำของผักและผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหาย ส่งผลให้สูญเสียน้ำหนักและลักษณะรูปร่างเปลี่ยนไป (Boonyakiat, 1997) นอกจากนี้ผลลำไยยังคงมีการหายใจและคายความร้อนตลอดเวลา ร่วมกับ การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง ทำให้มีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลน้ำมากขึ้น โดยโมเลกุลน้ำจะแยกตัวออกจากกันทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในรูปของไอน้ำมากขึ้นไปด้วย (Siriphanich, 2001)

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเปลือกและเนื้อผลลำไย

เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเปลือกผลลำไยทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 64.11 ± 1.49 ถึง 79.37 ± 0.46 % สำหรับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเนื้อผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเนื้อผลลำไยที่พ่นน้ำแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง คือเท่ากับ 23.88 ± 1.04 และ 26.37 ± 0.84 % ตามลำดับ แต่ทั้งสองกรรมวิธีข้างต้นไม่แตกต่างกับน้ำหนักแห้งของเนื้อผลลำไยในกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 1) โดยทั่วไปเนื้อเยื่อพืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบประมาณ 80-90 % ขึ้นกับชนิดและระยะการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพืชมีการสะสมน้ำหนักแห้งประมาณ 2 % โดย 90 % ของน้ำหนักแห้งเป็นอินทรีย์สาร โดยส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ (Boonyakiat, 1997)

ค่าสีเปลือกนอก

จากผลการทดลอง ค่า L^* ของเปลือกนอกผลลำไยพันธุ์ดอไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 47.98 ± 0.49 , 46.75 ± 0.67 และ 48.05 ± 0.55 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับค่า L^* ของเปลือกนอกของ

Table 1. Effects of bio-product and storage temperatures on weight loss, peel dry weight and pulp dry weight of longan fruit cv. Daw during storage for 2 days

Treatments	Weight loss (%)	Peel dry weight (%)	Pulp dry weight (%)
Non-sprayed, ambient temperature	4.12 ± 0.09 ^b	73.96 ± 4.71	23.88 ± 1.04 ^b
Sprayed with water, ambient temperature	5.71 ± 0.61 ^b	64.11 ± 1.49	26.37 ± 0.84 ^a
Sprayed with bio-product, ambient temperature	3.66 ± 0.30 ^b	65.82 ± 1.08	25.44 ± 0.97 ^{ab}
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	3.89 ± 0.18 ^b	76.92 ± 0.51	25.88 ± 0.22 ^{ab}
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	4.54 ± 0.01 ^b	79.37 ± 0.46	26.03 ± 0.52 ^{ab}
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	4.04 ± 0.32 ^b	71.03 ± 3.17	25.39 ± 0.28 ^{ab}
F - test	*	ns	*

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

(ns = non-significant, * = significant)

ผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่มีค่าเท่ากับ 41.12 ± 0.61, 41.87 ± 0.49 และ 42.72 ± 0.51 ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าค่า chroma ของเปลือกนอกผลลำไยพันธุ์ดอที่พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 23.55 ± 0.56 และ 21.94 ± 0.64 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับค่า chroma ของเปลือกนอกผลลำไยกรรมวิธีอื่น ๆ สำหรับค่า hue angle ของเปลือกนอกผลลำไยพันธุ์ดอไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ และพ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าใกล้เคียงกัน คือเท่ากับ 75.69 ± 1.05 และ 75.67 ± 0.46 °C ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวน้อยกว่าและแตกต่างทางสถิติกับค่า hue angle ของเปลือกนอกผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 80.61 ± 0.59, 79.23 ± 0.57, 80.08 ± 0.36 และ 78.93 ± 0.60 °C ตามลำดับ (Table 2) ค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเปลือกของผล

ลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิตำมีสีน้ำตาลอมเหลืองอ่อนกว่าผลลำไยที่พ่นน้ำและพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ค่าสีเปลือกใน

จากผลการทดลองพบว่า ค่า L* ของเปลือกในผลลำไยพันธุ์ดอมีค่าไม่แตกต่างกันทุกกรรมวิธี ทั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 49.85 ± 0.65 ถึง 65.95 ± 0.86 ตามลำดับ สำหรับค่า chroma ของเปลือกในผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 23.94 ± 0.38, 23.73 ± 0.45 และ 24.03 ± 0.33 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่า chroma ของเปลือกในผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่มีค่าเท่ากับ 17.91 ± 0.26, 17.46 ± 0.27 และ 16.44 ± 0.29 ตามลำดับ กรณีของผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีค่า hue angle ของเปลือกในมากที่สุด คือเท่ากับ 91.76 ± 0.93 °C ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับค่า hue angle ของเปลือกในผลลำไยที่พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษา

Table 2. Effects of bio-product and storage temperatures on L*, chroma and hue angle of outer peel of longan fruit cv. Daw during storage for 2 days

Treatments	L*	chroma	hue angle (°)
Non-sprayed, ambient temperature	47.98 ± 0.49 ^a	25.88 ± 0.46 ^a	80.61 ± 0.59 ^a
Sprayed with water, ambient temperature	46.75 ± 0.67 ^a	23.55 ± 0.56 ^b	79.23 ± 0.57 ^a
Sprayed with bio-product, ambient temperature	48.05 ± 0.55 ^a	21.94 ± 0.64 ^c	80.08 ± 0.36 ^a
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	41.12 ± 0.61 ^a	26.63 ± 0.52 ^a	75.69 ± 0.05 ^b
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	41.87 ± 0.49 ^a	26.11 ± 0.51 ^a	75.67 ± 0.46 ^b
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	42.78 ± 0.51 ^b	27.05 ± 0.44 ^a	78.93 ± 0.60 ^a
F - test	*	*	*

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

(* = significant)

ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่มีค่าเท่ากับ 88.63 ± 1.06, 88.97 ± 0.96, 89.24 ± 0.87, 87.15 ± 0.47 และ 88.69 ± 0.54 °C ตามลำดับ (Table 3) เมื่อพิจารณาจากค่าต่าง ๆ แสดงว่าเปลือกในของผลลำไยมีสีเหลืองอ่อนหรือขาวอมเหลือง โดยเปลือกในของผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีสีเข้มกว่าผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการเสื่อมสภาพของผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ค่าสีเนื้อ

ผลการทดลองพบว่า ค่า L* ของเนื้อผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 39.03 ± 1.36, 37.81 ± 0.50 และ 38.46 ± 0.51 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า L* ของเนื้อผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ที่มีค่าเท่ากับ 33.78 ± 0.46, 33.16 ± 0.33 และ 33.75 ± 0.31 ตามลำดับ ค่า chroma

ของเนื้อผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีค่าสูงกว่าค่า chroma ของเนื้อผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % คือเท่ากับ 9.39 ± 0.76, 9.97 ± 0.29, 9.22 ± 0.46, 5.92 ± 0.31, 6.18 ± 0.23 และ 6.09 ± 0.17 ตามลำดับ สำหรับค่า hue angle ของเนื้อผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน คือเท่ากับ 96.15 ± 1.60 และ 94.74 ± 1.51 °C ตามลำดับ แต่ค่า hue angle ของเนื้อผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % มีค่ามากกว่าค่า hue angle ของเนื้อผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และพ่นน้ำเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % (Table 4) จากการพิจารณาค่า L*, chroma และ hue angle แสดงให้เห็นว่าเนื้อของผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีสีขาวอมเหลืองโดยมีสีเข้มกว่าเนื้อของลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

Table 3. Effects of bio-product and storage temperatures on L*, chroma and hue angle of inner peel of longan fruit cv. Daw during storage for 2 days

Treatments	L*	chroma	hue angle (°)
Non-sprayed, ambient temperature	65.95 ± 0.86	23.94 ± 0.38 ^a	91.76 ± 0.93 ^a
Sprayed with water, ambient temperature	61.58 ± 1.34	23.73 ± 0.45 ^a	88.36 ± 1.06 ^b
Sprayed with bio-product, ambient temperature	60.82 ± 2.39	24.03 ± 0.33 ^a	88.97 ± 0.92 ^b
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	50.18 ± 1.67	17.91 ± 0.26 ^b	89.24 ± 0.87 ^b
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	49.85 ± 0.65	17.46 ± 0.27 ^b	87.15 ± 0.47 ^b
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	64.57 ± 1.47	16.44 ± 0.29 ^c	88.69 ± 0.54 ^b
F - test	ns	*	*

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

(ns = non-significant, * = significant)

Table 4. Effects of bio-product and storage temperatures on L*, chroma and hue angle of longan pulp cv. Daw during storage for 2 days

Treatments	L*	chroma	hue angle (°)
Non-sprayed, ambient temperature	39.03 ± 1.36 ^a	9.39 ± 0.76 ^a	86.15 ± 1.77 ^{cd}
Sprayed with water, ambient temperature	37.81 ± 0.50 ^a	9.97 ± 0.29 ^a	81.06 ± 2.15 ^d
Sprayed with bio-product, ambient temperature	38.46 ± 0.51 ^a	9.22 ± 0.46 ^a	85.29 ± 1.77 ^c
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	33.78 ± 0.46 ^b	5.92 ± 0.31 ^b	96.15 ± 1.60 ^a
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	33.16 ± 0.33 ^b	6.18 ± 0.23 ^b	90.22 ± 1.56 ^b
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	33.75 ± 0.31 ^b	6.09 ± 0.17 ^b	94.74 ± 1.51 ^{ab}
F - test	*	*	*

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

(* = significant)

การประเมินคุณภาพด้านการบริโภค

คะแนนประเมินการเกิดกลิ่นผิดปกติของผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % มีค่าเท่ากับ 5.00 ± 0.00 คะแนน ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงว่าผลลำไยยังไม่เกิดกลิ่นผิดปกติและค่าดังกล่าวแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติกับคะแนนประเมินการเกิดกลิ่นผิดปกติของผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2.00 ± 0.45 ถึง 2.40 ± 0.40 คะแนน ทั้งนี้ค่าดังกล่าวแสดงว่าผลลำไยเกิดกลิ่นผิดปกติระดับมาก (Table 5)

คะแนนประเมินการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลลำไยพันธุ์ดอไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 2.40 ± 0.25 , 2.60 ± 0.25 และ 2.60 ± 0.25 คะแนนตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่มีคะแนนประเมินการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเท่ากับ 4.60 ± 0.25 , 4.60 ± 0.25 และ 4.80 ± 0.20 คะแนนตามลำดับ (Table 5) จากระดับคะแนนดังกล่าวหมายความว่าผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกเล็กน้อย ขณะที่สีเปลือกของผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงมาก

คะแนนประเมินการยอมรับโดยรวมของผลลำไยพันธุ์ดอ ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีค่าน้อยกว่าผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่

พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 2.40 ± 0.25 , 2.60 ± 0.25 , 2.60 ± 0.25 , 4.60 ± 0.25 , 4.80 ± 0.20 และ 5.00 ± 0.00 คะแนนตามลำดับ (Table 5) ค่าคะแนนดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินไม่ชอบผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง แต่ยังรู้สึกชอบถึงชอบมากที่สุดต่อลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

ผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพ ชีวเคมี และการเข้าทำลายโดยเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ลดลงของสี กลิ่น รสชาติ ความสด และการยอมรับโดยผู้บริโภค หากสามารถป้องกันหรือชะลอการสูญเสียทั้งในส่วนของการเกี่ยว การทำงานของเอนไซม์ และกระบวนการชีวเคมี รวมทั้งการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ 2 - 3 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตสดใหม่ คุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณภาพดีออกสู่ตลาด ซึ่งเป็นที่ต้องการของ

Table 5. Effects of bio-product and storage temperatures on off-odor, discoloration of peel and overall acceptability of longan fruit cv. Daw during storage for 2 days

Treatments	Off-odor (scores)	Discoloration of peel (scores)	Overall acceptability (scores)
Non-sprayed, ambient temperature	2.00 ± 0.45^b	2.40 ± 0.25^b	2.40 ± 0.25^a
Sprayed with water, ambient temperature	2.40 ± 0.40^b	2.60 ± 0.25^b	2.60 ± 0.25^a
Sprayed with bio-product, ambient temperature	2.20 ± 0.49^b	2.60 ± 0.25^b	2.60 ± 0.25^a
Non-sprayed, 15°C 75 % RH	4.60 ± 0.25^a	4.60 ± 0.25^a	4.60 ± 0.25^b
Sprayed with water, 15°C 75 % RH	4.80 ± 0.20^a	4.60 ± 0.25^a	4.80 ± 0.20^b
Sprayed with bio-product, 15°C 75 % RH	5.00 ± 0.00^a	4.80 ± 0.20^a	5.00 ± 0.00^b
F - test	*	*	*

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

(* = significant)

The evaluation criteria of off-odor and discoloration of peel scores are defined as:

1 = changed for 81 - 100 % 2 = changed for 61 - 80 % 3 = changed for 41 - 60 % 4 = changed for 21 - 40 % 5 = changed for 0 - 20 %

The evaluation criteria of overall acceptability scores are defined as:

1 = unusable 2 = poor 3 = fair 4 = good 5 = excellent

ผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ (Cherry *et al.*, 1992) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพ่นผลลำไยด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์ก่อนนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ คือ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % มีแนวโน้มสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการบริโภคของผลลำไยได้ดีที่สุด ทั้งการเกิดกลิ่นผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก และการยอมรับโดยรวม ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากการพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดโรคและการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไย ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านการบริโภคเกิดช้ากว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จึงได้รับการยอมรับโดยรวมมากที่สุด

การตรวจสอบการเกิดโรคผลเน่า

ในกรรมวิธีที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน พบการเกิดโรคผลเน่าอยู่ที่ 54.4, 68.8 และ 55.5 % ตามลำดับ และใน

วันที่ 4 พบการเกิดโรคผลเน่า 100 % (Table 6) ในขณะที่ผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % ในทุกกรรมวิธีเริ่มพบการเกิดโรคผลเน่าในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา โดยพบการเกิดโรคเฉลี่ย 2.2 % และในวันที่ 14 ของการเก็บรักษาพบผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เกิดโรคผลเน่าในทุกกรรมวิธี โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 24 - 30 % ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบเชื้อราที่เข้าทำลายผลลำไย คือ *Lasiodiplodia* sp. และ *Phomopsis* sp. (Figure 1, 2) จากผลการทดลองใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์รูปแบบผงที่ได้จากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. siamensis* ไอโซเลท RFCD306 ที่ผสมในสูตรแป้งข้าวเจ้า-2 มีแนวโน้มจะสามารถควบคุมการเกิดโรคเน่าของผลลำไยได้ แต่ยังมีประสิทธิภาพที่ไม่เด่นชัดมากนัก อาจต้องมีการพัฒนาสูตรให้เหมาะสมสำหรับนำไปทำเป็นชีวภัณฑ์สำหรับเชื้อ *B. siamensis* เพื่อใช้ในการควบคุมการเกิดโรคผลเน่าของลำไยต่อไป

Table 6. Disease incidence of longan fruit rot caused by fungi after spray with bio-product (rice starch - 2 formulation) from *Bacillus siamensis* isolate RFCD306

Treatments	Disease incidence (%)						
	2	4	6	8	10	12	14
Non-sprayed, ambient temperature	54.4 ^b	100 ^a	-	-	-	-	-
Sprayed with water, ambient temperature	68.8 ^a	100 ^a	-	-	-	-	-
Sprayed with bio-product, ambient temperature	55.5 ^b	100 ^a	-	-	-	-	-
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	0.0 ^c	0.0 ^b	0.0	2.2	11.1	20.0	28.9
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	0.0 ^c	0.0 ^b	0.0	2.2	8.9	17.8	24.4
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	0.0 ^c	0.0 ^b	0.0	2.2	12.2	21.1	30.0
F - test	*	*	ns	ns	ns	ns	ns

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

(ns = non-significant, * = significant)

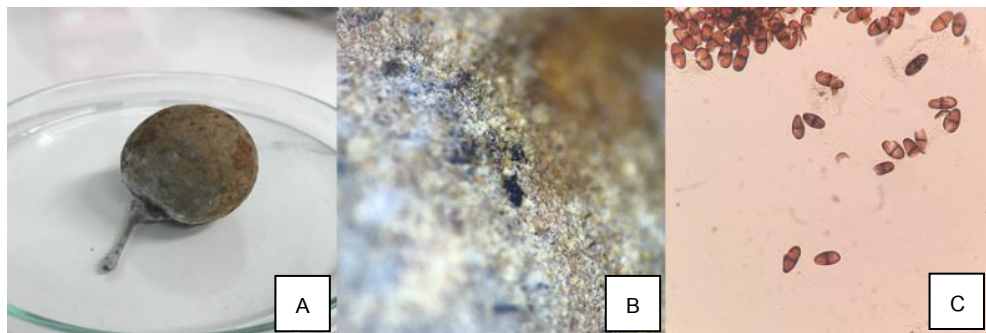


Figure 1. Fruit rot of longan caused by *Lasiodiplodia* sp. in the efficacy test of rice starch-2 bio-product. stored at 15 °C and 75 % relative humidity

(A) Longan fruit rot by *Lasiodiplodia* sp. (B) Symptom on longan peel (C) Conidia of *Lasiodiplodia* sp.

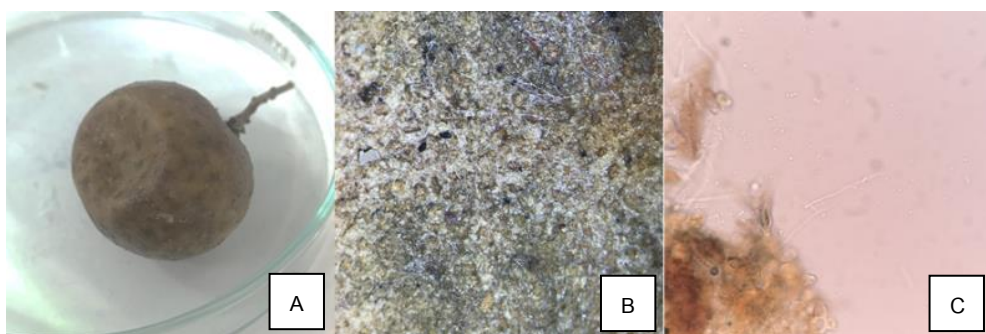


Figure 2. Fruit rot of longan caused by *Phomopsis* sp. in the efficacy test of rice starch-2 bio-product. stored at 15 °C and 75 % relative humidity

(A) Longan fruit rot by *Phomopsis* sp. (B) Symptom on longan peel (C) Conidia of *Phomopsis* sp.

ส่วนประกอบทางเคมี

ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ และพ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 0.009 ± 0.000 และ 0.007 ± 0.001 % ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มากกว่าผลลำไยในกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 7)

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีค่าไม่แตกต่างจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำ

และไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มีค่าอยู่ในช่วง 14.50 ± 0.90 ถึง 18.23 ± 0.72 % (Table 7)

ปริมาณวิตามินซีของผลลำไยที่พ่นน้ำเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นระยะเวลา 2 วัน มีค่าเท่ากับ 146.81 ± 19.50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณวิตามินซีของผลลำไยที่ไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 2 วัน ที่มีค่าเท่ากับ 102.12 ± 6.38 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด แต่ไม่แตกต่างกับปริมาณวิตามินซีของผลลำไยกรรมวิธีอื่น ๆ (Table 7)

Table 7. Effects of bio-product and storage temperatures on titratable acidity, total soluble solids, vitamin C contents and storage life of longan fruit cv. Daw during storage for 2 days

Treatments	Titratable acidity (%)	Total soluble solids (%)	Vitamin C contents (mg / 100 g FW)
Non-sprayed, ambient temperature	0.009 ± 0.000 ^a	18.23 ± 0.72	114.89 ± 12.76 ^{ab}
Sprayed with water, ambient temperature	0.007 ± 0.001 ^a	16.86 ± 0.38	129.78 ± 12.94 ^{ab}
Sprayed with bio-product, ambient temperature	0.005 ± 0.001 ^b	16.86 ± 0.08	102.12 ± 6.39 ^{ab}
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	0.003 ± 0.000 ^b	16.76 ± 0.26	138.29 ± 11.84 ^{ab}
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	0.003 ± 0.000 ^b	15.96 ± 0.23	146.81 ± 19.50 ^{ab}
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	0.003 ± 0.000 ^b	14.50 ± 0.90	136.17 ± 4.25 ^{ab}
F - test	*	ns	*

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

(ns = non-significant, * = significant)

อายุการเก็บรักษา

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลลำไยพันธุ์ดอที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ พ่นน้ำ และพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษาเท่ากัน คือ 2.40 ± 0.25 วัน ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการประเมินการยอมรับโดยรวมที่มีค่าต่ำกว่า 3 คะแนน สำหรับผลลำไยในกรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ส่งผลให้คะแนนประเมินการยอมรับโดยรวมมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง กรณีของผลลำไยที่ไม่พ่นน้ำและไม่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ และพ่นน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % มีคะแนนการประเมินโดยรวมเท่ากับ 2.6 และ 2.8 คะแนน ตามลำดับ เมื่อมีอายุการเก็บรักษา คือ 11.60 ± 0.40 วัน ส่งผลให้ผลลำไยทั้ง 2 กรรมวิธี สิ้นสุดอายุการเก็บรักษา ขณะที่ผลลำไยที่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเมื่อระดับคะแนนการประเมินโดยรวมมีค่าเท่ากับ 2.8 คะแนน ซึ่งมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดเท่ากับ 13.20 ± 0.49 วัน (Table 8)

การเสื่อมสภาพของผลิตผลสดที่นำไปสู่การสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางจำหน่าย

สามารถแบ่งออกเป็น 2 สาเหตุหลัก คือ การเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากระบวนการเมแทบอลิซึม ได้แก่ การสูญเสีย น้ำ การอ่อนนิ่ม การสุก และการเข้าสู่วัฏจักรเสื่อมสภาพของผลิตผล สาเหตุอีกประการหนึ่ง คือ การเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากการเน่าเสียจากการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ เชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ก่อโรค โดยทั้งสองสาเหตุขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและทั้งสองสาเหตุมีอิทธิพลต่อกันด้วย การเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ สภาพอุณหภูมิต่ำจะช่วยลดการเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลิตผลและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ โดยจะต้องมีการควบคุมระดับอุณหภูมิ ความชื้น ส่วนประกอบของอากาศในสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสม ในกรณีการควบคุมการเน่าเสียของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมีการศึกษาและใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น การใช้ไอโซน การใช้น้ำไอโซน การใช้บรรจุภัณฑ์ การเก็บรักษาในสภาพควบคุมบรรยากาศ หรือการใช้สารจากธรรมชาติ ได้แก่ ไคโตซาน น้ำมันหอมระเหย สารเคลือบผิวจากธรรมชาติ ที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา กรดอินทรีย์ รวมทั้งต้นแบบชีวภัณฑ์ (Ziv and Fallik, 2021) มีรายงานการทดสอบ

Table 8. Effects of bio-product and storage temperatures on storage life of longan fruit cv. Daw

Treatments	Storage life (days)
Non-sprayed, ambient temperature	2.40 ± 0.25 ^c
Sprayed with water, ambient temperature	2.40 ± 0.25 ^c
Sprayed with bio-product, ambient temperature	2.40 ± 0.25 ^c
Non-sprayed, 15 °C 75 % RH	11.60 ± 0.40 ^b
Sprayed with water, 15 °C 75 % RH	11.60 ± 0.40 ^b
Sprayed with bio-product, 15 °C 75 % RH	13.20 ± 0.49 ^a
F-test	*

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

(* = significant)

Bacillus subtilis และ *Agrobacterium radiobacter* เพื่อลดการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยวของผลเลมอน อันเนื่องมาจากเชื้อรา *Penicillium digitatum* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคราเขียว (green mould) ในพืชวงศ์ส้ม ผลการศึกษาลบพบว่า *B. subtilis* และ *A. radiobacter* สามารถนำมาผลิตเป็นต้นแบบชีวภัณฑ์ชนิดใหม่ในการควบคุมโรคราเขียวหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพืชในวงศ์ส้มได้

สรุป

ผลลำไยที่พ่นต้นแบบชีวภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus siamensis* ไอโซเลต RFCD306 สูตรผสมในแป้งข้าวเจ้า-2 ร่วมกับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งเนื้อ ชะลอการการเกิดกลิ่นผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก และปริมาณวิตามินซีได้ นอกจากนี้ยังได้รับการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด และยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้นานที่สุด คือ 13.20 ± 0.49 วัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และสาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Agriculture Section, Royal Thai Consulate-General Shanghai. 2021. The situation of importation fresh longan (HS08109030) and dried longan (HS08134010) from Thailand of China. Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agriculture and Cooperatives. 9 p. (in Thai)
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 4377 p.

- Boonyakiat, D. 1997. Postharvest Physiology of Horticultural Crops. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. 226 p. (in Thai)
- Cheng, G., Y. Jiang, X. Duan, A. Macnish, Y. You and Y. Li. 2009. Effect of oxygen concentration on the biochemical and chemical changes of stored longan fruit. *Journal of Food Quality* 32(1): 2-17.
- Cherry, J.P., G.M. Sapers, M.F. Kozempel, C.H. Liao, J.M. Wells, K.B. Hicks, C.L. Wilson, K.C. Gross and A.E. Pavlath. 1992. For consumer value: New technologies extend shelf life of fresh fruits and vegetables. pp. 239-245. *In: 1992 Yearbook of Agriculture*. USDA, Washington, D.C.
- Coates, L. and G. Johnson. 1997. Postharvest diseases of fruit and vegetables. pp. 533-547. *In: J.F. Brown and H.J. Ogle (eds.). Plant Pathogens and Plant Diseases*. Rockvale Publications, Armidale, NSW.
- Duan, X., X. Su, Y. You, H. Qu, Y. Li. and Y. Jiang. 2007. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. *Food Chemistry* 104(2): 571-576.
- Horak, I., G. Engelbrecht, P.J.J. van Rensburg and S. Claassens. 2019. Microbial metabolomics: Essential definitions and the importance of cultivation conditions for utilizing *Bacillus* species as bionematicides. *Journal of Applied Microbiology* 127(2): 326-343.
- Information and Communication Technology Center. 2021. The main export products of Thailand according to the structure of export products: world. (Online). Available: <http://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomRecode&ImExType=1&Lang=Th> (June 27, 2021). (in Thai)
- Jiang, Y. 1999. Purification and some properties of polyphenol oxidase of longan fruit. *Food Chemistry* 66(1): 75-79.
- 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.
- Pipattanapuckdee, A., D. Boonyakait, C. Tiyaon, P. Seehanam and O. Ruangwong. 2019. Detection of fruit rot disease pathogens on longan and selection of antagonistic bacteria to control the disease. *Agricultural Science Journal* 50(Suppl. 3): 139-142.
- Ranganna, S. 1986. *Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products*. 2nd ed. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi. 1111 p.
- Siriphanich, J. 2001. *Postharvest Physiology and Technology of Fruits and Vegetables*. 4th ed. Kasetsart University Press, Bangkok. 396 p. (in Thai)
- Thaveechai, N. 2007. *Plant Disease Control with Natural Method*. Kasetsart University, Bangkok. 37 p. (in Thai)
- 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 Protection* 25(8): 821-825.
- Ziv, C. and E. Fallik. 2021. Postharvest storage techniques and quality evaluation of fruits and vegetables for reducing food loss. *Agronomy* 11: 1133, doi: 10.3390/agronomy11061133.