

ผลของการให้เฮกซาแนลหลังการเก็บเกี่ยวต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของผลกล้วยในระหว่างการสุก

Effect of Postharvest Hexanal Treatment on Physiological Changes and Quality of Banana Fruits during Ripening

ณัฐญาภรณ์ เสือชุมแสง, สิริราช ทับทิม,

ชลาลัยรัตน์ บุญญาภิสันท์ และนวนลคมล อำนวยสิน*

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Natthayaporn Suachumsang, Sirirach Tubtim,

Chalalairat Boonyapisan and Nuankamol Amnuaysin*

Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้เฮกซาแนลหลังการเก็บเกี่ยวต่อการสุกของกล้วยหอมทอง โดยนำผลกล้วยในระยะแก่ 70 % มาจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ 0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.16 % เป็นเวลา 5 หรือ 10 นาที ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และวัดค่าพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยาและทางคุณภาพของผลกล้วยในระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่าเฮกซาแนลมีผลต่อกระบวนการสุกของกล้วยหอมทอง โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือก การนิ่ม และการสูญเสียน้ำหนักสดของผลกล้วย ผลกล้วยที่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลมีลักษณะภายนอกของผลที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลกล้วยในชุดควบคุม โดยการจุ่มผลกล้วยในสารละลายเฮกซาแนลความเข้มข้น 0.02 และ 0.04 % เป็นเวลา 10 นาที มีประสิทธิภาพดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ดังนั้นการจุ่มในเฮกซาแนลมีศักยภาพในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของผลกล้วยหอมทองในระหว่างการสุก ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

คำสำคัญ : กล้วยหอมทอง; การจุ่มในเฮกซาแนล; การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา; การสุก

Abstract

The purpose of this research was to study the effect of postharvest hexanal treatment on the ripening of Hom Thong bananas. Matured banana fruits (70 %) were dipped in hexanal solution

at different concentrations (0, 0.01, 0.02, 0.04, 0.08 and 0.16 %) for 5 or 10 minutes and then stored at 25 °C. The physiology and quality parameters of banana fruits were determined regularly till the end of storage. Results indicated that hexanal affected the ripening process of Hom Thong bananas. Peel color change, softening, and fresh weight loss of banana fruits were delayed after hexanal treatment. Fruits dipped in hexanal also showed a better overall appearance when compared to control fruits. Postharvest dip treatments in 0.02 and 0.04 % hexanal for 10 minutes were more effective than other hexanal treatments. Therefore, hexanal dip treatment can control physiological changes and quality of Hom Thong bananas during ripening leading to longer shelf life.

Keywords: Hom Thong banana; hexanal dip treatment; physiological change; ripening

1. บทนำ

กล้วยเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศ สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ในทุกภาคของประเทศไทย มีการจำหน่ายทั้งภายในและต่างประเทศ สร้างรายได้ให้แก่ผู้ผลิตเป็นจำนวนมาก หลายปีที่ผ่านมาความต้องการกล้วยในตลาดโลกมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะตลาดสำคัญ เช่น ประเทศญี่ปุ่น [1] แต่ข้อมูลของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในปี พ.ศ. 2563 พบว่าการส่งออกกล้วยหอมผลสดมีมูลค่าการส่งออกลดลง 14.13 และ 39.50 % จากปี พ.ศ. 2561 และ 2562 ตามลำดับ [2]

กล้วยหอมทอง (*Musa acuminata*, AAA group, Gros Michel subgroup, cultivar ‘Hom Thong’) มีผลขนาดใหญ่ เปลือกบาง เมื่อสุกผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง เนื้อสีส้มอ่อน ๆ กลิ่นหอมและรสหวาน กล้วยหอมทองมีการปลูกอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี และมีความต้องการเพิ่มสูงขึ้นทั้งจากตลาดภายในและต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม กล้วยเป็นผลไม้ที่มีเปลือกบาง ช้ำง่าย และสุกเร็ว ปัญหาสำคัญของกล้วยหอมทองที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา คือ การเปลี่ยน

แปลงทั้งทางสรีรวิทยาและทางเคมีของผลกล้วยในระหว่างกระบวนการสุก ได้แก่ การเปลี่ยนสีของเปลือก อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของเอทิลีนภายในผลและการผลิตเอทิลีนมากขึ้น การนิ่มของเนื้อเยื่อ และอัตราส่วนของน้ำตาลกับกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออายุการเก็บรักษา การเข้าทำลายของจุลินทรีย์ รวมถึงความเสียหายทางกายภาพที่เกิดจากการจัดการและการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว [3] ซึ่งปัจจัยจำกัดในการส่งออกและการเก็บรักษาของผลิตผลทางการเกษตร

เฮกซานัล (hexanal) เป็นสารหอมระเหยกลุ่มแอลดีไฮด์ (C_6 aldehyde) ที่พบได้ตามธรรมชาติในผักและผลไม้ สร้างขึ้นจากกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) โดยใช้วิธีของเอนไซม์ lipoxygenase และเอนไซม์ hydroperoxide lyases เมื่อเนื้อเยื่อพืชได้รับความเสียหายทั้งทางกายภาพและชีวภาพ [4] เฮกซานัลจัดเป็นสารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัยต่อผู้บริโภค มีการนำมาใช้ในทางการค้า และได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา [5] โดยเฮกซานัลจะไม่เกิดการสะสมในเนื้อเยื่อ เนื่องจากเฮกซานัลจะเปลี่ยนเป็นเฮกซานอล

ก่อนสลายไปผ่านกระบวนการหายใจ [6] ปัจจุบันมีการศึกษาพบว่าเฮกซาแนลสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทางเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างการสุกของผลไม้ได้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล กล้วย เชอรี่ พีช สตรอเบอร์รี่ รวมถึงผัก เช่น บร็อคโคลี่ มะเขือเทศ ผักสดตัดแต่ง และดอกไม้ เช่น คาเนชั่น กุหลาบ [7] โดยการศึกษาของ Cheema และคณะ (2018) [8] พบว่าการให้สารระเหยเฮกซาแนลความเข้มข้น 0.005, 0.01 และ 0.02 % (w/w) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถชะลอกระบวนการสุกและรักษาคุณภาพของผลพริกหยวกได้ โดยผลพริกหยวกที่ได้รับเฮกซาแนลจะมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และมีการสูญเสีย น้ำหนักและการนำไฟฟ้าลดลง รวมถึงกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase และ guaiacol peroxidase มีค่าเพิ่มขึ้น ผลมะเขือเทศที่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลความเข้มข้น 0.02 % (v/v) มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีของผลช้าลง และมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น [6] การฉีดพ่นด้วยสารละลายที่ผสมเฮกซาแนลความเข้มข้น 0.01, 0.015 และ 0.02 % (v/v) ก่อนการเก็บเกี่ยว ช่วยให้คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลฝรั่งดีขึ้น ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรด และปริมาณเพกทินเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถเก็บรักษาผลฝรั่งไว้ได้นานถึง 4 สัปดาห์ [9] Anusuya และคณะ [10] ศึกษาผลของการพ่นสารละลายเฮกซาแนลก่อนการเก็บเกี่ยวต่อคุณภาพของผลมะม่วง หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส พบว่าการพ่นสารละลายเฮกซาแนลสามารถเพิ่มน้ำหนักผลผลิตต่อต้นถึง 4-5 กิโลกรัม ช่วยลดการสูญเสีย น้ำหนักสดและเพิ่มอายุการเก็บรักษา ขณะเดียวกันความแน่นเนื้อ ปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรดของผลมะม่วงในชุดทดลองก็มีค่าสูงกว่าในชุด

ควบคุม และสามารถลดการเกิดโรคที่เกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โรคหัวผลเน่า (stem end rot) เช่นเดียวกับการศึกษาในผลพีช ซึ่งพบว่าการพ่นสารละลายที่ผสมเฮกซาแนลความเข้มข้น 0.02 % ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลพีชหลังการเก็บเกี่ยวได้ นอกจากนี้เฮกซาแนลยังมีผลในการควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอนไซม์ phospholipase D ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่กระตุ้นการสลายตัวของเยื่อหุ้มเซลล์อีกด้วย [11] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของเฮกซาแนลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาของผลกล้วยหอมทอง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการจัดการผลกล้วยหอมทองหลังการเก็บเกี่ยวให้มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดและมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น ลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ตัวอย่างผลกล้วยหอมทองและการให้เฮกซาแนล

นำผลกล้วยหอมทองในระยะแก่ 70 % ที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีบาดแผลและโรค ไปแช่ลงในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตความเข้มข้น 0.5 % (v/v) เป็นเวลา 5 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า ตั้งทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำผลกล้วยหอมทองไปจุ่มลงในสารละลายเฮกซาแนลความเข้มข้นต่างกัน [0.01, 0.02, 0.04, 0.08 และ 0.16 % (v/v)] เป็นเวลา 5 หรือ 10 นาที โดยมีผลกล้วยหอมทองที่ไม่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลเป็นชุดควบคุม เมื่อผลกล้วยแห้งสนิท บรรจุลงในกล่องกระดาษ แล้วนำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 ± 10 % จากนั้นบันทึกการเปลี่ยนแปลงทาง

สรีรวิทยาและเคมีของผลกล้วยทุก 2 วัน จนกระทั่งผลกล้วยหมดอายุการเก็บรักษา

2.2 การเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วย

วัดการเปลี่ยนสีของเปลือกกล้วยด้วยเครื่องวัดสี (Konica Minolta รุ่น CR 10) เพื่อวัดค่าความสว่าง (L value) และค่าการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง (hue value) ที่ตำแหน่งหัว กลาง และปลายของผล

2.3 ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผล

วัดความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผลด้วยเครื่อง penetrometer (Lutron, Taiwan) โดยใช้หัวกดแบบทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร กดลงบนเปลือกกล้วยหรือเนื้อกล้วย 3 ครั้งต่อผล ในตำแหน่งหัว กลาง และปลายของผล แล้วแปลงค่าความแน่นเนื้อที่ได้จากกิโลกรัมเป็นนิวตัน

2.4 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดและอัตราส่วนน้ำหนักเปลือกต่อน้ำหนักเนื้อ

ชั่งน้ำหนักผลกล้วยในแต่ละชุดการทดลองด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด จากนั้นชั่งน้ำหนักของเปลือกและเนื้อกล้วย แล้วคำนวณหาอัตราส่วนน้ำหนักเปลือกต่อน้ำหนักเนื้อ

2.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลกล้วย โดยนำเนื้อกล้วยที่ตำแหน่งกลางผลมาปั่นผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นกรองเอาเฉพาะส่วนใสไปวัดด้วยเครื่อง refractometer (Brix 0-32 %, Now, Japan)

2.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์สถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแต่ละชุดมี 4 ซ้ำ เก็บผลการทดลองทุก 2 วัน จนผลกล้วยหอมทองหมดอายุ

การเก็บรักษา โดยข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference test (LSD)

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาผลของการให้เฮกซาแนลโดยการจุ่ม (hexanal dip treatment) ต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลกล้วยหอมทองในระหว่างการสุก พบว่าสารละลายเฮกซาแนลสามารถชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทอง ผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลจะเข้าสู่กระบวนการสุกในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผลกล้วยหอมทองในชุดควบคุมเกิดการสุกตั้งแต่วันที่ 6 โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นสัญญาณที่บ่งบอกชัดเจนถึงการสุกของผล และการเปลี่ยนสีของผลกล้วยที่เห็นนี้มีความสอดคล้องกับค่าสีของเปลือกที่วัดและแสดงออกมาเป็นค่า L value และ hue value โดย L value จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วน hue value มีค่าลดลง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และผลของสารละลายเฮกซาแนลที่สามารถชะลอการสุกของผลกล้วยหอมทอง ค่า L value ของผลกล้วยในชุดการทดลองที่จุ่มในสารละลายเฮกซาแนลความเข้มข้นตั้งแต่ 0.01 % เป็นเวลา 5 และ 10 นาที จึงมีการเพิ่มขึ้นช้ากว่าในชุดควบคุม โดยเฉพาะในชุดการทดลองที่จุ่มสารละลายเฮกซาแนล เป็นเวลา 10 นาที (รูปที่ 1A) และการลดลงของค่า hue value ของผลกล้วยในชุดการทดลองที่จุ่มในสารละลายเฮกซาแนลก็มีแนวโน้มช้ากว่าด้วยเช่นกัน (รูปที่ 1B) รวมถึงลักษณะภายนอกของผลที่ปรากฏก็มีลักษณะที่ดีกว่าในชุดควบคุม ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านั้นในเซอร์พพบว่า การให้เฮกซาแนลช่วยให้การพัฒนาของสีและความสว่างของผลดีขึ้น และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 30 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส [12] โดยการ

เปลี่ยนแปลงของสีและการพัฒนาของสีผิวอย่างเหมาะสมนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพของผลผลิต และมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อผลไม้เริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก ผลจะเกิดการนิ่ม (softening) เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลกล้วยหอมทองที่พบว่านิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา ส่งผลให้ความแน่นเนื้อของทั้งส่วนเปลือก (peel firmness) และเนื้อผล (pulp firmness) ลดลง โดยจะเห็นการลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา และการจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทำให้ความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผลลดลงช้ากว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับในชุดควบคุม โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 0.02 และ 0.04 % (รูปที่ 2A และ 2B) แสดงให้เห็นว่าสารละลายเฮกซาแนลสามารถรักษาความแน่นเนื้อในส่วนเปลือกและเนื้อผลของกล้วยหอมทองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yumbya และคณะ [13] ที่พบว่าผลกล้วย (var. *Grand Nain*) ที่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซาแนลความเข้มข้น 2 และ 3 % ภายหลังการเก็บเกี่ยว มีค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าผลกล้วยในชุดควบคุม โดยการลดลงของความแน่นเนื้อในส่วนเปลือกและเนื้อของผลกล้วยระหว่างการสุกนั้นมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในผนังเซลล์และชั้นมีดิลลาเมลลา (middle lamella) การเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ รวมถึงการสลายตัวของแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล [14] ซึ่งการให้เฮกซาแนลสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ โดยอาจเกิดจากการที่เฮกซาแนลสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ phospholipase D ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสลาย phospholipid เป็น phosphatidic acid แล้ว phosphatidic acid ที่เกิดขึ้นจะไปชักนำให้เกิดการสร้าง reactive oxygen species (ROS) ซึ่งปริมาณ ROS และความเครียดที่เกิดจากอนุมูลอิสระ (oxidative stress) นั้นมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อม

คุณภาพของผลหลังการเก็บเกี่ยว [15] รวมทั้งอาจเกิดจากผลของเฮกซาแนลในการลดการแสดงออกของยีน polygalacturonase และยีน β -galactosidase ซึ่งเป็นยีนที่ควบคุมการแสดงออกของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายเพกทินที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ และ middle lamella ของพืช เมื่อการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองถูกยับยั้งจึงสามารถคงค่าความแน่นเนื้อของผลไม้ไว้ [16]

นอกจากนี้ การสูญเสียความเต่งของเซลล์ (turgidity) ที่เกิดจากการสูญเสียน้ำก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่บ่งบอกถึงความสามารถในการรักษาความสดของผลไม้ ซึ่งความเต่งของเซลล์มีความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อ Anusuya และคณะ [10] รายงานว่าการสูญเสียน้ำหนักสดที่ช้ากว่าของผลมะม่วงที่ได้รับเฮกซาแนลมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการรักษาความแน่นเนื้อของผล ซึ่งการศึกษาค้นค้านี้น้ำหนักสดของผลกล้วยหอมทองมีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา และการลดลงของน้ำหนักสดของผลกล้วยหอมทองในชุดการทดลองที่จุ่มในเฮกซาแนลเกิดขึ้นช้ากว่าในชุดควบคุม โดยชุดการทดลองที่จุ่มในสารละลายเฮกซาแนลความเข้มข้น 0.02 และ 0.04 % เป็นเวลา 5 และ 10 นาที มีการลดลงของน้ำหนักสดช้าที่สุด (รูปที่ 3A) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cheema และคณะ (2018) [8] พบว่าการใช้สารละลายเฮกซาแนลช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักสดได้ โดยมีการลดลงของน้ำหนักสด 7-8 % เท่านั้น ขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้สารละลายเฮกซาแนลมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่า และชุดการทดลองที่สามารถรักษาน้ำหนักสดไว้ได้ดีที่สุด คือ ความเข้มข้นของเฮกซาแนล 0.02 และ 0.05 % เนื่องจากเฮกซาแนลช่วยคงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ไว้ เป็นผลให้กระบวนการเสื่อมสลายและการสูญเสียน้ำของผลผลิตลดน้อยลง [7,16] และศึกษาพบว่าอัตราส่วนเปลือกต่อเนื้อผลก็มีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษา

เนื่องจากน้ำหนักของทั้งส่วนเปลือกและเนื้อผลกล้วยหอมทองลดลงในระหว่างการสุก โดยเห็นการลดลงอย่างชัดเจนในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 3B) ซึ่งการจุ่มในสารละลายเฮกซานัลมีส่วนช่วยในการรักษาน้ำหนักสดของผลกล้วยหอมทองได้ ทำให้อัตราส่วนเปลือกต่อ

เนื้อผลมีค่าสูงกว่า โดยผลกล้วยหอมทองที่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซานัลความเข้มข้นตั้งแต่ 0.02 % ขึ้นไปเป็นเวลา 10 นาที มีอัตราส่วนเปลือกต่อเนื้อผลสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

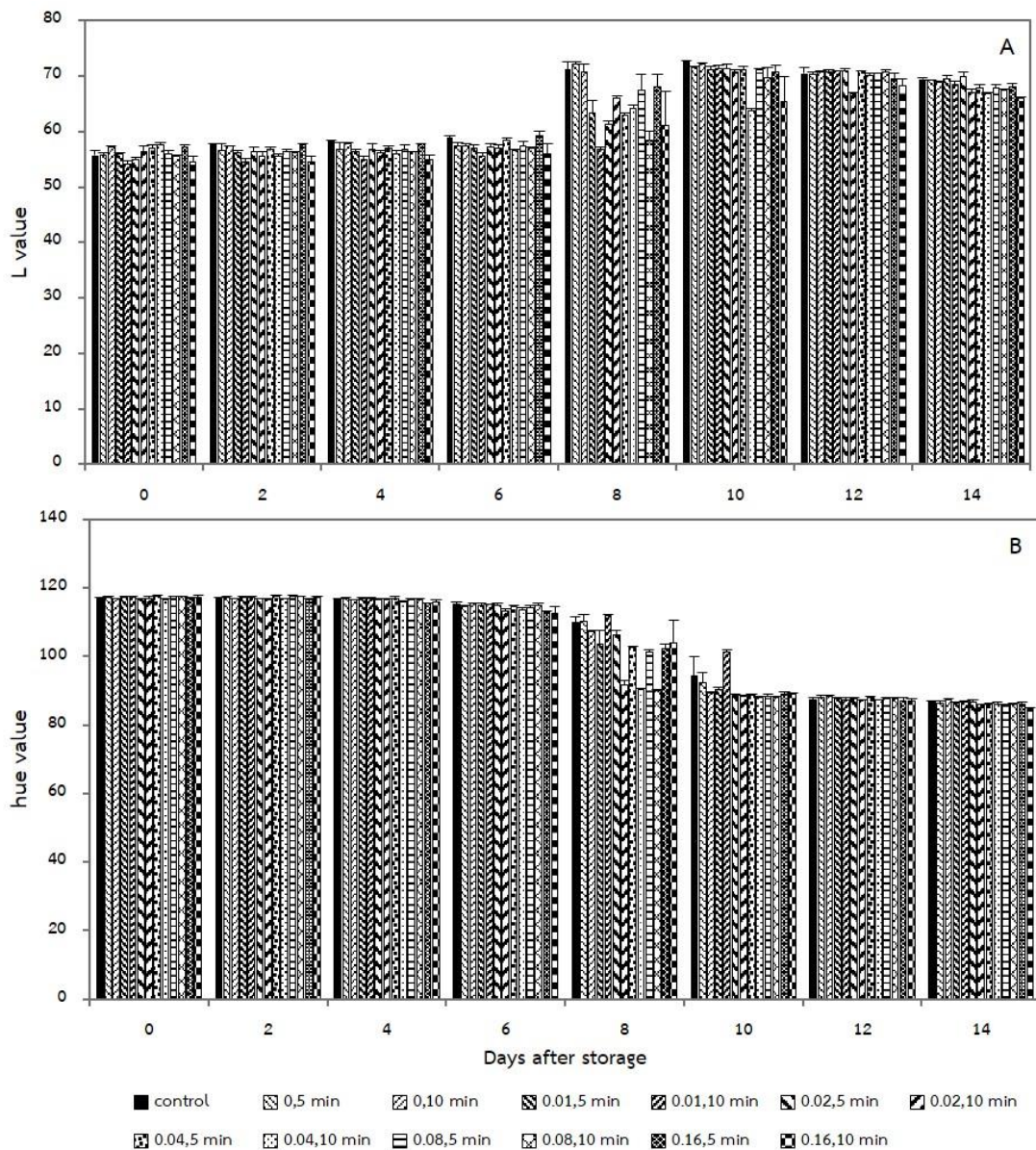


Figure 1 Effect of hexanal dip treatments on L value (A) and hue value (B) of Hom Thong banana fruits during storage at 25 °C. Bars represent the mean $\pm$ standard error.

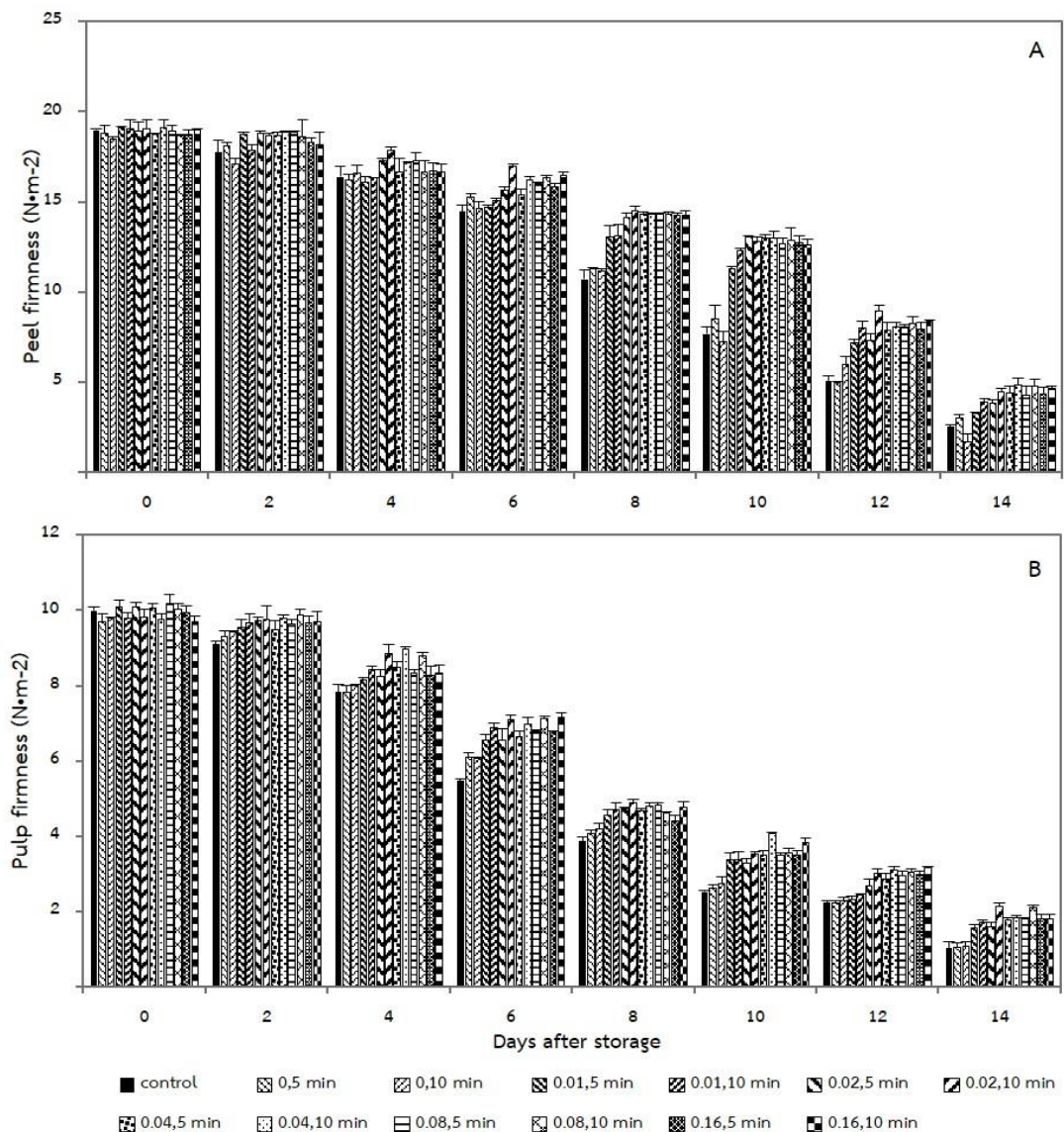


Figure 2 Effect of hexanal dip treatments on peel (A) and pulp (B) firmness of Hom Thong banana fruits during storage at 25 °C. Bars represent the mean $\pm$ standard error.

เมื่อเข้าสู่ระยะการสุกของกล้วยหอมทอง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น การศึกษานี้พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำในผลกล้วยที่ผ่านการจุ่มและไม่ผ่านการจุ่มในสารละลายเฮกซานัลมีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 4) โดยการจุ่มผลกล้วยในสารละลาย

เฮกซานัลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ เช่นเดียวกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ในมะเขือเทศที่พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในชุดควบคุมและชุดการทดลองที่มีการใช้สารละลายเฮกซานัลไม่มีความแตกต่างกัน [6]

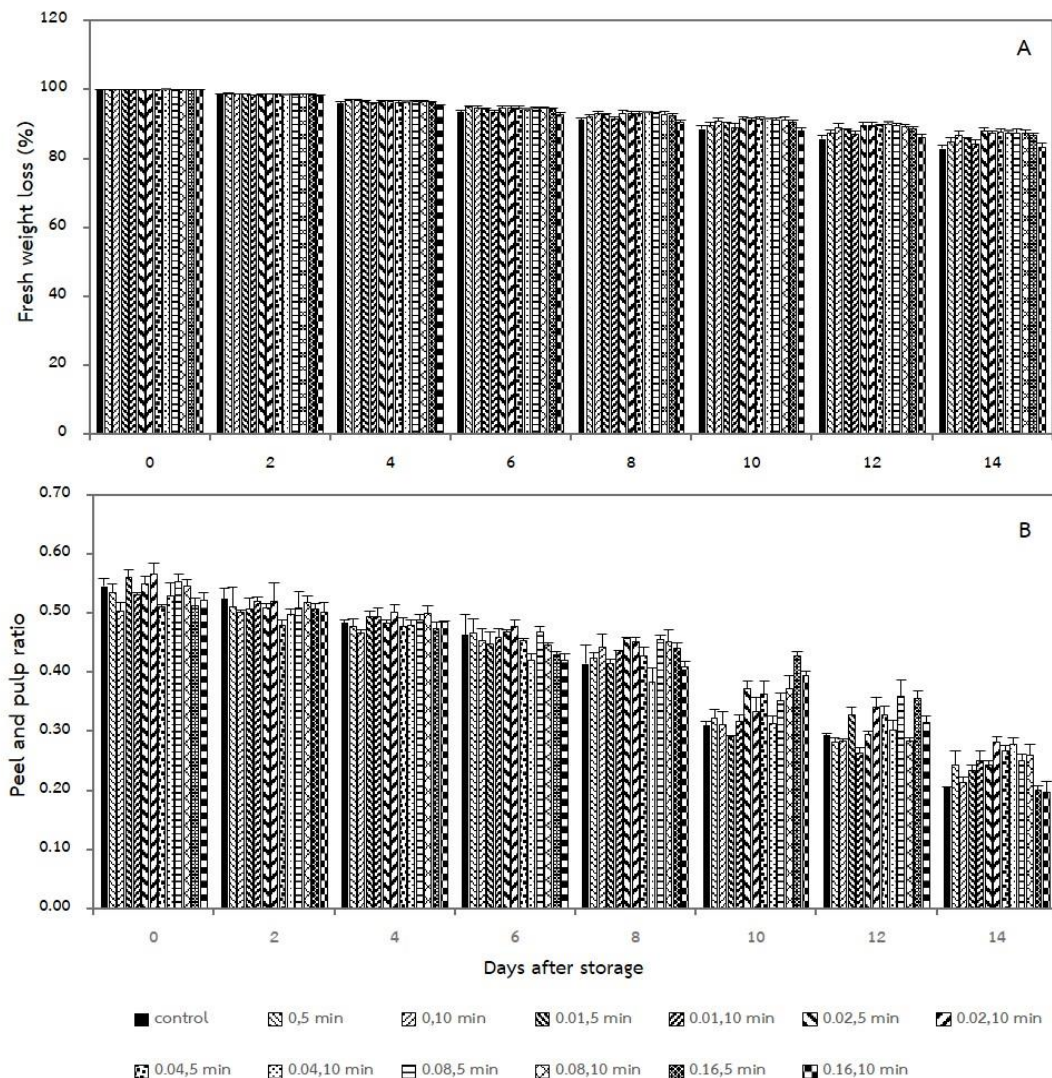


Figure 3 Effect of hexanal dip treatments on fresh weight loss (A) and peel and pulp ratio (B) of Hom Thong banana fruits during storage at 25 °C. Bars represent the mean $\pm$ standard error.

4. สรุป

สารละลายเฮกซาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลกล้วยหอมทอง โดยการจุ่มในสารละลายเฮกซาลความเข้มข้น 0.02 และ 0.04 % เป็นเวลา 10 นาที สามารถชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือกการนิ่ม และการสูญเสียน้ำหนักสดของผลกล้วยอย่างมี

ประสิทธิภาพดีกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ ดังนั้นการจุ่มในเฮกซาลสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของผลกล้วยหอมทองในระหว่างการสุก และมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในการชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาผลกล้วยหอมทองต่อไป

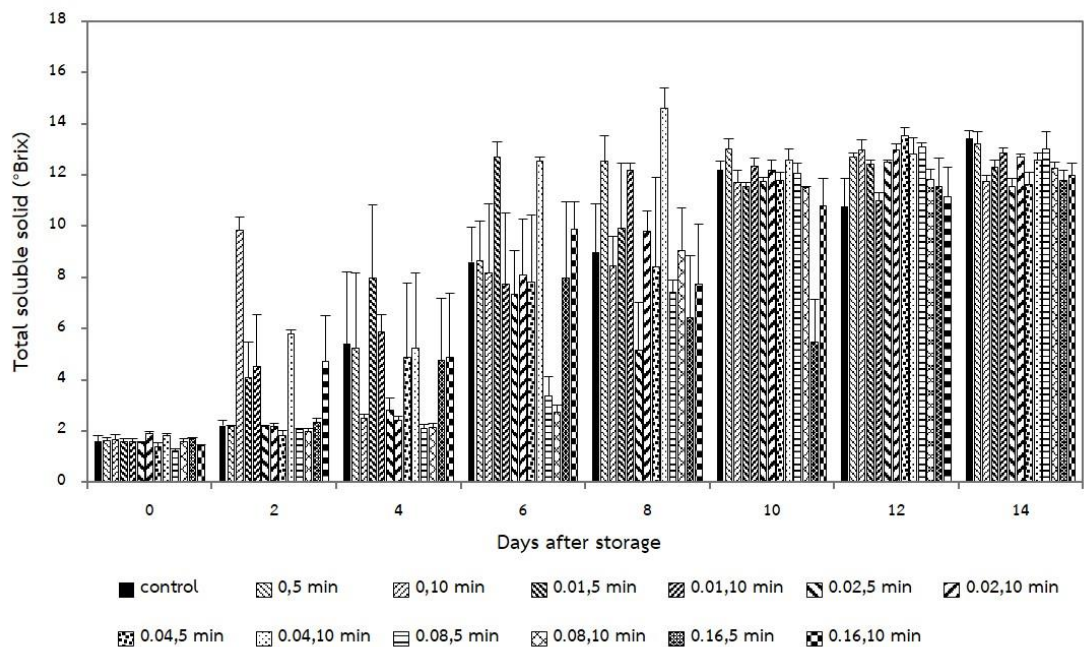


Figure 4 Effect of hexanal dip treatments on total soluble solid of Hom Thong banana fruits during storage at 25 °C. Bars represent the mean $\pm$ standard error

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

6. References

- [1] Chuchouisuan, P., Charoenrat, T., Chittapun, S., Amnuaysin, N. and Kawichai, T., 2019, Prediction of ripening stages of 'Hom Thong' banana using partial least square regression, Thai J. Sci. Technol. 9(2): 287-297. (in Thai)
- [2] Tradereport, 2020, Information and Communication Technology Center, Ministry of Commerce In collaboration with the Customs Department, Available Source: <http://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report= MenucomRecode&ImExType=1&Lang=Th>, November 29, 2020. (in Thai)
- [3] Amnuaysin, N., Seraypheap, K. and Kidyoo, M., 2012, Anatomical changes in peel structure of 'Hom Thong' banana during fruit development and ripening, Trop. Nat. Hist. 12: 127-136.
- [4] Marczy, J.Sz., Nemeth, A.Sz. and Szajani, B., 2002, Production of hexanal from hydrolyzed sunflower oil by lipoxygenase and hydroperoxide lyase enzymes, Biotechnol. Lett. 24: 1673-1675.
- [5] Ashitha, G.N., Preetha, P. and Varadharaju, N., 2019, Effect of Post Harvest Hexanal Treatment on Shelf Life of Guava, Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 8: 1057-1067.

- [6] Cheema, A., Padmanabhan, P., Subramanian, J., Blom, T. and Paliyath, G., 2014, Improving quality of greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by pre- and postharvest applications of hexanal-containing formulations, *Postharvest Biol. Technol.* 95: 13-19.
- [7] Paliyath, G. and Subramanian, J., 2008, Phospholipase D Inhibition Technology for Enhancing Shelf Life and Quality, pp. 195-239, In Paliyath, G., Murr, D.P., Hand, A.K. and Lurie, S. (Eds.), *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetable and Flowers*, 1st Ed., Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ.
- [8] Cheema, A., Padmanabhan, P., Amer, A., Parry, M.J., Lim, L., Subramanian, J. and Paliyath, G., 2018, Postharvest hexanal vapor treatment delays ripening and enhances shelf life of greenhouse grown sweet bell pepper (*Capsicum annum* L.), *Postharvest Biol. Technol.* 136: 80-89.
- [9] Gill, K.S., Dhaliwal, H.S., Mahajan, B.V.C., Paliyath, G. and Boora, R.S., 2016, Enhancing postharvest shelf life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda by pre-harvest application of hexanal containing aqueous formulation, *Postharvest Biol. Technol.* 112: 224-232.
- [10] Anusuya, P., Nagaraj, R., Janavi, G.J., Subramanian, K.S., Paliyath, G. and Subramanian, J., 2016, Pre-harvest spays of hexanal formulation for extending retention and shelf-life of mango (*Maniferindica* L.) fruits, *Sci. Hort.* 211: 231-240.
- [11] Kumar, S.K., Kayal, W.E., Sullivan, J.A., Paliyath, G. and Jayasankara, S., 2018, Pre-harvest application of hexanal formulation enhances shelf life and quality of 'Fantasia' nectarines by regulating membrane and cell wall catabolism-associated genes, *Sci. Hort.* 229: 117-124
- [12] Sharmar, M., Jacob, J.K., Subramanian, J. and Paliyath, G., 2010, Hexanal and 1-MCP treatment for enhancing the shelf life and quality of sweet cherry (*Prunusavium* L.), *Sci. Hort.* 125: 239-247.
- [13] Yumbya, P.M., Hutchinson, M.J., Ambuko, J., Owino, W.O., Sullivan, A., Paliyath, G. and Subramanian, J., 2018, Efficacy of hexanal application on the post-harvest shelf life and quality of banana fruits (*Musa acuminata*) in Kenya, *Trop. Agric.* 95: 14-35.
- [14] Mirshekar, A., Ding, P. and Gazali, H.M., 2015, Enzymatic activity and micro structural changes of hot water treated banana during ripening, *Agric. Sci. Technol.* 17: 949-962.
- [15] Jincy, M., Djanaguiraman, M., Jeyakumar, P., Subramanian, K.S., Jayasankar, S. and Paliyath, G., 2017, Inhibition of phosphor lipase D enzyme activity through hexanal leads to delayed mango (*Mangifera indica*

- L.) fruit ripening through changes in oxidants and antioxidant enzymes activity, Sci. Hort. 218: 316-325.
- [16] Tiwari, K. and Paliyath, G., 2011, Microarray analysis of ripening-regulated gene expression and its modulation by 1-MCP and hexanal, Plant Physiol. Biochem. 49: 329-340.