

การใช้เอทานอลเพื่อลดการตกกระของกล้วยไข่

Used of Ethanol to Reduce Senescent Spotting in Banana Fruit cv 'Khai'

กฤษณ์ สงวนพวง

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

โทร: 061-6355955 E-mail: krish.sa@rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหาหลักของกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวคือการตกกระที่บริเวณผิว เป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เอทานอล เพื่อลดการตกกระของผิวกล้วยไข่ โดยทำการศึกษากกรรม และจุ่มเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 200, 500 และ 1,000 ppm เพื่อลดการตกกระของผิวกล้วยไข่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่ากรรมกล้วยไข่ด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm สามารถลดอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลีน และระดับการตกกระได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าสี ปริมาณน้ำตาลกรด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในทุกชุดการทดลอง สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO, POD และ PAL มีกิจกรรมของเอนไซม์ลดต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น สำหรับโครงสร้างของเซลล์ผิวเปลือกกล้วยไข่ พบว่ากล้วยไข่ที่รมเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm ยังคงมีโครงสร้างของเซลล์ผิวเปลือกกล้วยไข่ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (วันที่ 0) อย่างไรก็ตามกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอลไม่เหมาะสมในการใช้ลดการเกิดการตกกระของกล้วยไข่ สำหรับสภาวะที่เหมาะสมคือกรรมกล้วยไข่ด้วยไอระเหยของเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน้อย 18 วัน

คำสำคัญ : เอทานอล กล้วยไข่ ตกกระ

ABSTRACT

The main problem of Banana fruit cv 'Khai' after harvest is senescent spotting which is unacceptable by consumers. This research was to study treatment of ethanol for reducing senescent spotting of 'kluai khai' banana fruit. The studied treatments were ethanol at the concentrations 0 (control), 200, 500 and 1,000 ppm in reducing senescent spotting level of 'kluai khai' banana stored at 13°C . The result showed that 'Kluai khai' banana treated with

500 ppm ethanol vapour gave significantly better result in reducing respiration rate, ethylene production rate and senescent spotting level than other treatments. Moreover, 'Kluai khai' banana treated with 500 ppm ethanol vapour gave results in PPO, POD and PAL activity less than other treatments. The 'Kluai khai' banana treated with 500 ppm ethanol vapour could maintain peel structure with no significant difference from that at day 0. The 'Kluai khai' banana treated with various concentration ethanol solutions was not properly used to reducing senescent spotting level. In conclusion, 'Kluai Khai' Banana treated with 500 ppm ethanol vapour was able to extend its storage life by reducing senescent spotting level at least 18 days.

Keywords : Ethanol, Kluai Khai, Senescent Spotting

1. บทนำ

กล้วยเป็นไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เป็นที่รู้จักและปลูกกันอย่างกว้างขวางในทุกภาคของประเทศไทย ในอดีตประเทศไทยส่งกล้วยออกไปยังตลาดต่างประเทศเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น [1] จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่ามีการเพาะปลูกกล้วยในปริมาณมาก และมีการส่งออกไปยังต่างประเทศมากที่สุด ในปี พ.ศ.2556 ปริมาณการส่งออกกล้วยไปยังต่างประเทศมีประมาณ 16,936 ตัน โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของการส่งออกคิดเป็นร้อยละ 6.7 หรือคิดเป็นมูลค่ากว่า 18.3 ล้านบาท แต่กล้วยที่ส่งออกมักประสบปัญหาเรื่อง ผิวตกรกระ (senescent spotting) ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงต้องการของผู้บริโภค การตกรกระจะเกิดเฉพาะกับผลกล้วยที่เข้าสู่กระบวนการสุกของผลไม้ และเริ่มมีการสุกอม ในช่วงสุกอมกล้วยจะแสดงอาการตกรกระอย่างเห็นได้ชัด แต่การตกรกระของกล้วยก็มีข้อดีคือสามารถใช้เป็นดัชนีที่ใช้ในการบ่งบอกถึงการสุกของกล้วยในระยะที่รับประทานได้ ขั้นตอนในการ

ตกรกระของกล้วย เริ่มการในระยะที่สีเปลือกของกล้วยเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวลงมาเป็นสีเหลืองเข้ม ส่วนของก้านผลและปลายผลไม่มีสีเขียวหลงเหลืออยู่ การตกรกระของกล้วยจะเริ่มจากการเกิดจุดสีน้ำตาลขนาดเล็ก และจะพัฒนาขยายใหญ่ขึ้นตามกระบวนการสุกของกล้วย จนไปถึงรอยดังกล่าวจะขยายใหญ่จนมีพื้นที่ติดกัน และเกิดเป็นรอยบวมเกิดขึ้น

ในการแก้ไขปัญหาการเกิดอาการตกรกระของกล้วย ได้มีการศึกษาวิจัยค่อนข้างมากในการใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดอาการตกรกระของกล้วย เช่น การใช้ความเย็น การใช้อุณหภูมิสูง การใช้บรรจุภัณฑ์ หรือการใช้สภาพแวดล้อมบรรจุอากาศ เป็นต้น แต่ยังไม่มีความวิจัยที่ศึกษาการใช้เอทานอลในการลดการตกรกระของกล้วยโดยทั่วไป เอทานอลจัดเป็นสารที่มีความปลอดภัยสามารถให้ร่วมกับอาหารได้ ในทางเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว การใช้เอทานอลสามารถรักษาการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยา และคุณภาพทางด้านการยอมรับของผล

แอปเปิ้ล [2,3] ลดความฝาดของลูกพลับและกล้วย [4,5] ชะลอการสุกของมะเขือเทศ [6] ลดการเสื่อมเสียของมะนาว ผลเบอรี่เบอร์รี่ และ stone fruit [7,8,9] ป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อ *Collectotrichum acutatum* ที่เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในผลส้มจีน [10] ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในแอปเปิ้ล และอ้อยตัดแต่งพร้อมบริโค [11,12] นอกจากนี้ยังสามารถฆ่าแมลง ไร และหนอนในผลแอปเปิ้ลได้ [13,14,15] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเอทานอลมาใช้ในการลดอาการตกกระของกล้วยไข่เพื่อรักษาคุณภาพ และเพิ่มมูลค่าของผลไม้เศรษฐกิจ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

คัดเลือกกล้วยไข่ โดยดูจากความสมบูรณ์ ไม่มีตำหนิ ขนาดใกล้เคียงกัน ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด และจุ่มด้วยสารละลายเบนโนมิล 1000 ppm แล้วผึ่งให้แห้ง นำกล้วยไข่ 100 กรัม และจุ่มด้วยเอทานอล โดยแบ่งชุดการทดลองดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 0 ppm เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง
- ชุดการทดลองที่ 2 รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 200 ppm เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง
- ชุดการทดลองที่ 3 รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 500 ppm เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง
- ชุดการทดลองที่ 4 รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 1,000 ppm เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง

- ชุดการทดลองที่ 5 จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 0 ppm เป็นระยะเวลา 5 นาที
- ชุดการทดลองที่ 6 จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 2000 ppm เป็นระยะเวลา 5 นาที
- ชุดการทดลองที่ 7 จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 500 ppm เป็นระยะเวลา 5 นาที
- ชุดการทดลองที่ 8 จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 1,000 ppm เป็นระยะเวลา 5 นาที

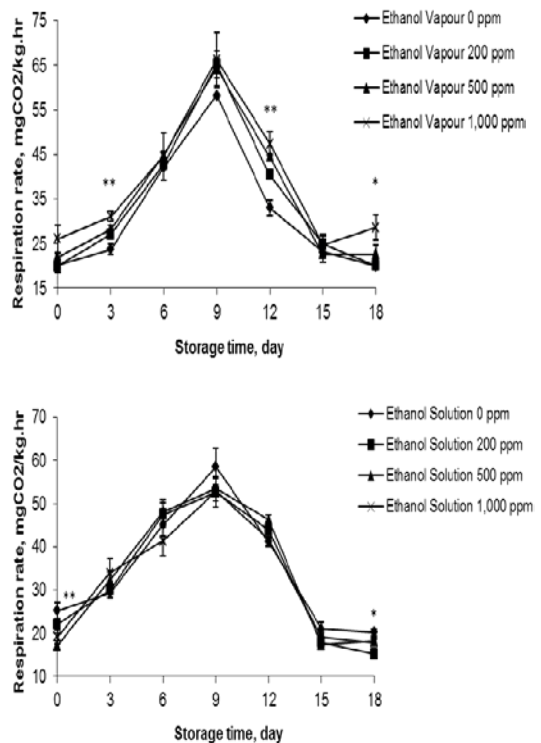
นำกล้วยไข่ที่ผ่านการรม และจุ่มด้วยเอทานอลวางเรียงในตระกร้าพลาสติก และปิดทับด้วยถุงพลาสติกชนิด Polyethylene (PE) หลังจากนั้นทำการเก็บรักษากล้วยไข่ไว้ที่ตู้แช่ควบคุมอุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85–95% ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างทุก 3 วัน เป็นระยะเวลา 18 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 หวี โดยทำการวิเคราะห์อัตราการหายใจ และอัตราการผลิเอทีเอ็นด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC-2014, SHIMADZU, Japan) ปริมาณน้ำตาล [16] ปริมาณกรดด้วยวิธีการไทเทรต [16] อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลต่อกรด การเปลี่ยนแปลงสีด้วยเครื่อง Colorimeter (Color Quest XE, Hunter Color Lab, United States of America) อัตราการเกิดโรค ระดับการเกิดการตกกระ กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase [17] กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidaes [18] และศึกษาโครงสร้างของเปลือกกล้วยด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

3. ผลการวิจัย

อัตราการหายใจของกล้วยไข่ที่ผ่านการรมและจุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 1 พบว่า อัตราการหายใจของกล้วยไข่ที่รมด้วยไอระเหยของเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในวันที่ 9 และลดลงอย่างรวดเร็วตลอดการเก็บรักษา โดยพบอัตราการหายใจสูงที่สุดในวันที่ 9 เท่ากับ 58.19 – 66.18 mgCO₂/kg.hr และไม่แตกต่างกันในทุกชุดการทดลองในวันที่ 9 ของการทดลอง สำหรับอัตราการหายใจของกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามีแนวโน้มของอัตราการหายใจในรูปแบบเดียวกันกับกล้วยไข่ที่ผ่านการรมด้วยเอทานอล และพบว่าในวันที่ 9 อัตราการหายใจของกล้วยไข่เท่ากับ 52.53 – 58.544 mgCO₂/kg.hr โดยพบว่าการจุ่มและรมด้วยเอทานอลในทุกระดับความเข้มข้นอัตราการหายใจจะลดลงต่ำกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้ผ่านการจุ่มและรมด้วยเอทานอล

อัตราการผลิตเอทิลีนของกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนของกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพิ่มขึ้น และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยพบอัตราการผลิตเอทิลีนเท่ากับ 2.13 – 2.54 µL/kg.hr สำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีรูปแบบการผลิตเอทิลีนเหมือนกับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แต่พบว่าการจุ่มกล้วยไข่ด้วยเอทานอลส่งผลต่ออัตราการผลิตเอทิลีนชัดเจนกว่าการรมด้วยเอทานอล ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการผลิตเอทิลีนของกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ทุกระดับความเข้มข้นมีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่า

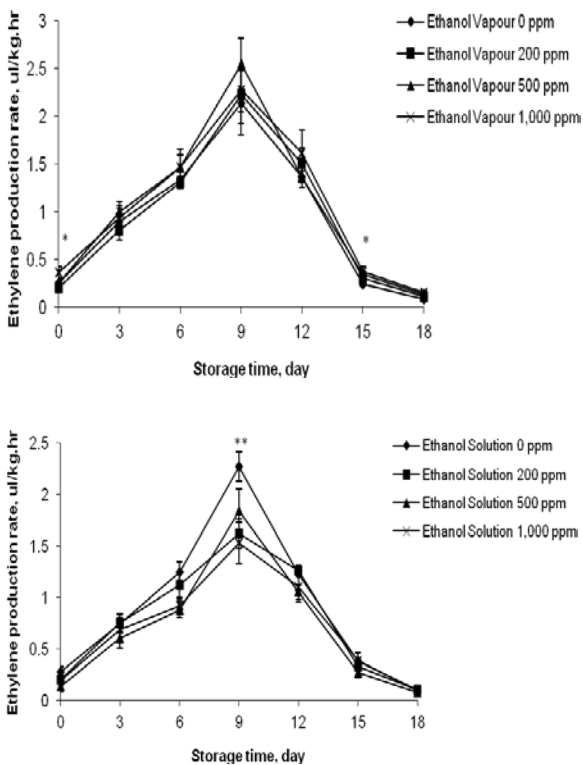
กล้วยไข่ที่ไม่ได้จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าอัตราการผลิตเอทิลีนสูงที่สุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ซึ่งเท่ากับ 1.52 – 2.27 µL/kg.hr (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 อัตราการหายใจของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13±2 องศาเซลเซียส

ปริมาณน้ำตาลของกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับต่างๆ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาและมีปริมาณมากที่สุดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 39.77 – 52.31 g/100g น้ำหนักสดสำหรับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอล 1,000 ppm พบปริมาณน้ำตาลมากที่สุด

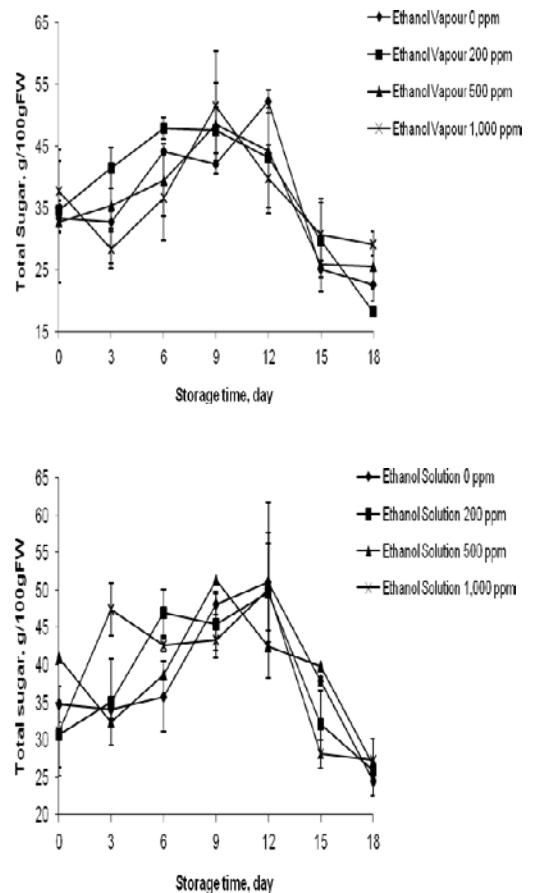
ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยมีค่าเท่ากับ 51.50 g/100g น้ำหนักสดสำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลเหมือนกับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอล โดยปริมาณน้ำตาลที่มากที่สุดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา เท่ากับ 42.51 – 52.09 g/100g น้ำหนักสด หลังจากนั้นปริมาณน้ำตาลทั้งหมดลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 อัตราการผลิตเอทิลีนของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

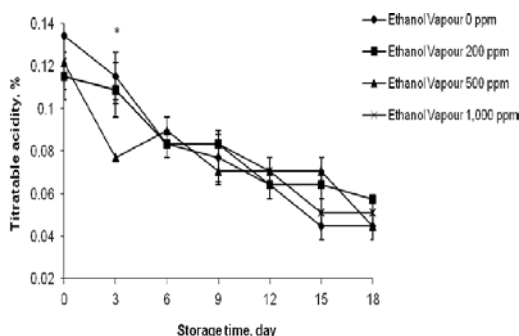
กล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับต่างๆ มีปริมาณกรดที่ไตรเอทรีทได้ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว และไม่มี

ความแตกต่างกันในทุกชุดการทดลอง โดยการรมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดที่ไตรเอทรีทได้มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถชะลอการสุกของกล้วยไข่ได้ สำหรับการจุ่มเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามีแนวโน้มเหมือนกับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอล โดยการจุ่มเอทานอลที่ทุกระดับความเข้มข้นพบปริมาณเอทานอลน้อยกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

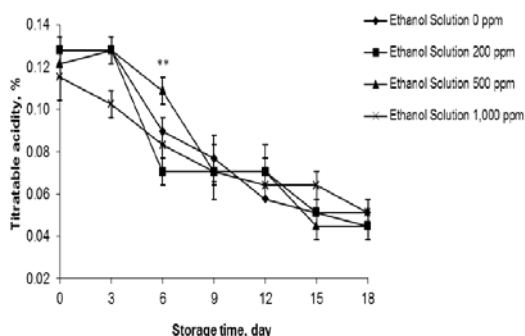
อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลและกรดของกล้วยไข่ที่ผ่านการรม และจุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 5 พบว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลและกรดของกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา โดยจะเพิ่มมากที่สุดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ



ภาพที่ 4 ปริมาณกรดด้วยวิธีการไตเตรทของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงค่าสีเปลือก (L^* , a^* และ b^*) ของกล้วยไข่ที่ผ่านการรม และจุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 6 และ 7 พบว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L^*) ลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา โดยการรมกล้วยไข่ด้วยเอทานอลจะสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของกล้วยไข่ได้ และการรมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 1000 ppm สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของกล้วยไข่ได้ดีที่สุด สำหรับค่า a^* พบว่าการรมด้วยเอทานอล มีการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา แสดงว่ากล้วยไข่มีการพัฒนาจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการสุก

612 – 887 และมีค่าลดลงตลอดการเก็บรักษาสำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามีแนวโน้มเหมือนกับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอล แต่จะพบว่าการจุ่มด้วยเอทานอลมีค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำตาลและกรดสูงที่สุดซ้ำกว่าการรมด้วยเอทานอล คือในวันที่ 15 มีค่าเท่ากับ 452 – 941 และมีแนวโน้มลดลงตลอดการเก็บรักษา

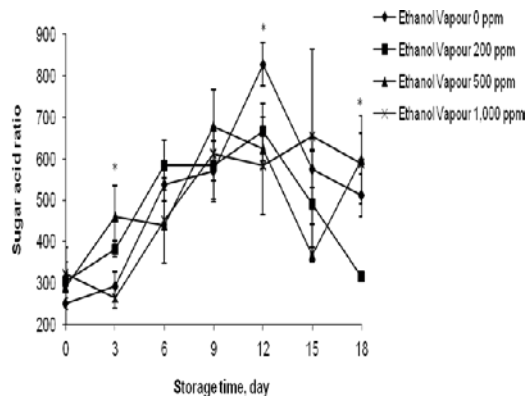
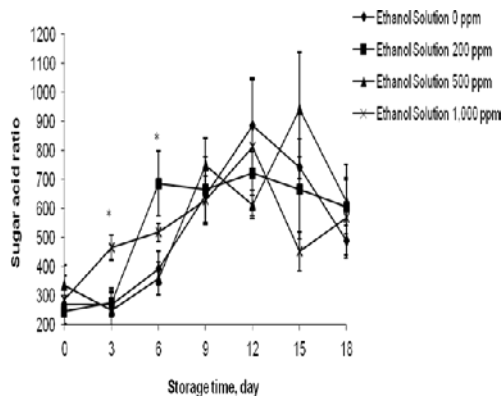


ของกล้วยไข่เพิ่มขึ้น สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า b^* พบว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอล มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า b^* เพิ่มมากขึ้น โดยการรมที่ 1000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงค่า b^* มากที่สุดและแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการจุ่มกล้วยไข่ด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการจุ่มกล้วยไข่ด้วยเอทานอล มีค่าความสว่างลดลงอย่างรวดเร็วตลอดการเก็บรักษา การจุ่มด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm พบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างได้ดีที่สุด และแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า a^* พบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่า a^* เพิ่มขึ้นตลอดการ

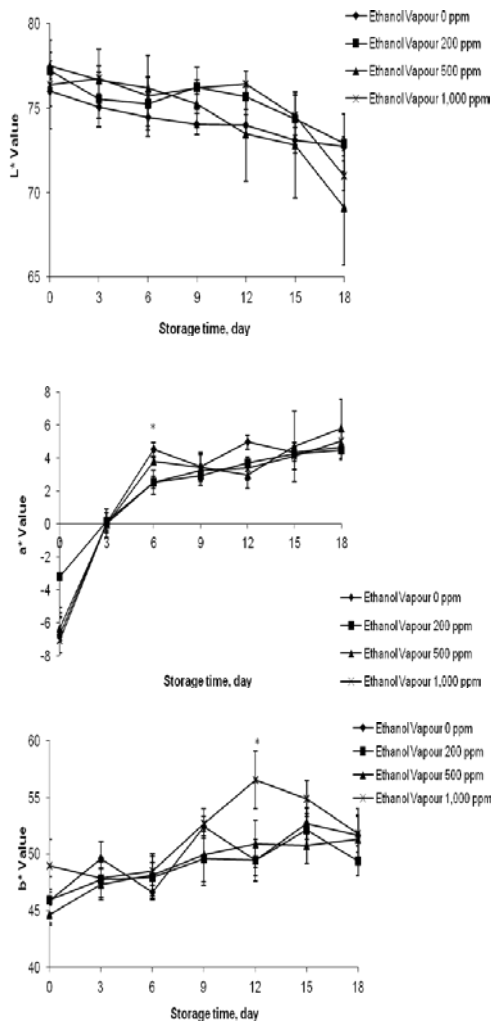
เก็บรักษา และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า b^* พบว่า การจุ่มกล้วยด้วยสารละลายเอทานอลที่ทุกระดับความเข้มข้นสามารถลดอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า b^* ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล

กล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm พบอัตราการเกิดโรคน้อยที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา สำหรับกล้วยไข่ที่จุ่ม

ด้วยสารละลายเอทานอล พบว่าสามารถลดระดับการเกิดโรคได้ดีกว่าชุดที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล 0 ppm ตลอดการเก็บรักษา เนื่องจากกล้วยไข่สัมผัสกับสารละลายเอทานอลโดยตรง ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดอัตราการเกิดโรคจะเกิดขึ้นได้ดีกว่า และที่การจุ่มด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm สามารถลดอัตราการเกิดโรคได้ดีที่สุด (ภาพที่ 8)



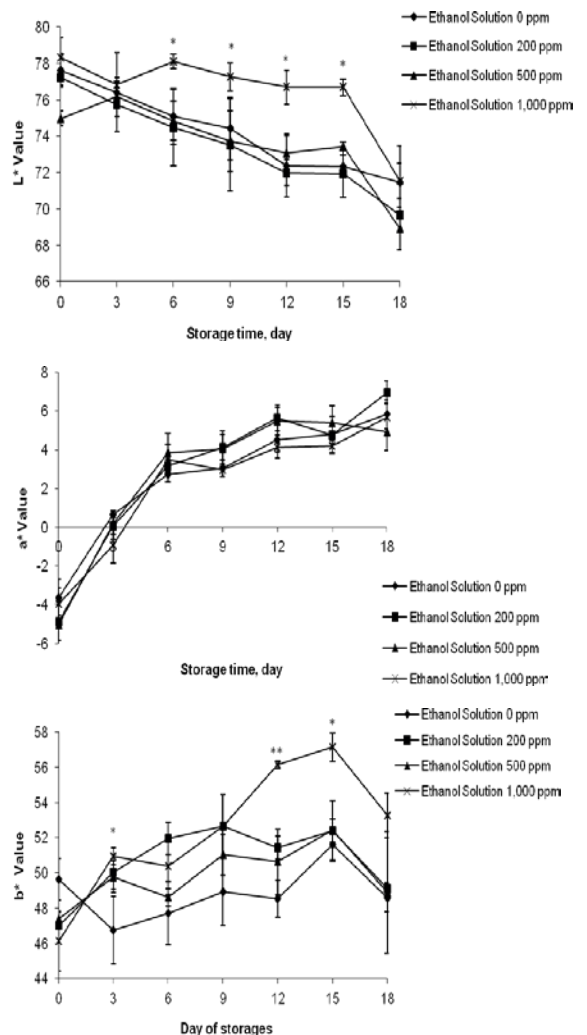
ภาพที่ 5 อัตราส่วนระหว่างน้ำตาลและกรดของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส



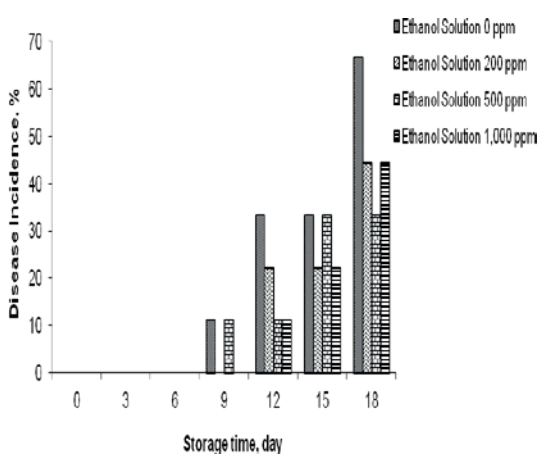
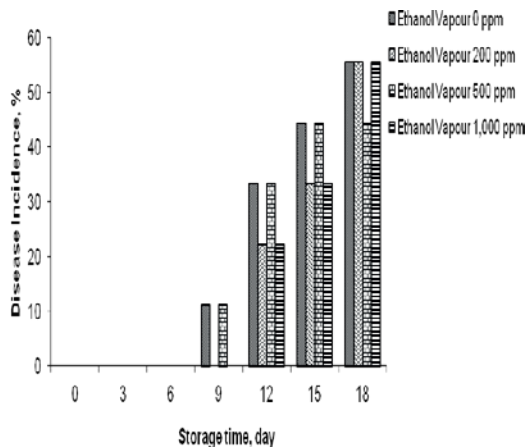
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

กล้วยไข่ที่รมด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ สามารถชะลอการเกิดการตกกระของกล้วยไข่ได้ ยกเว้นการรมที่ระดับความเข้มข้น 1000 ppm จะช่วยให้การเกิดการตกกระเพิ่มมากขึ้น และมีการเกิดการตกกระมากกว่าชุดที่รมด้วยเอทานอล 0 ppm โดยชุดการทดลองที่รมด้วยเอทานอลระดับความเข้มข้น 500

ppm สามารถลดอาการเกิดการตกกระได้ดีที่สุด และแตกต่างจากทุกการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการจุ่มกล้วยไข่ด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าการจุ่มด้วยสารละลายเอทานอลกล้วยไข่จะสัมผัสกับสารละลายเอทานอลโดยตรงจึงทำให้เกิดการกระตุ้นการเกิดการตกกระในกล้วยไข่ในทุกชุดการทดลองที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล (ภาพที่ 9)



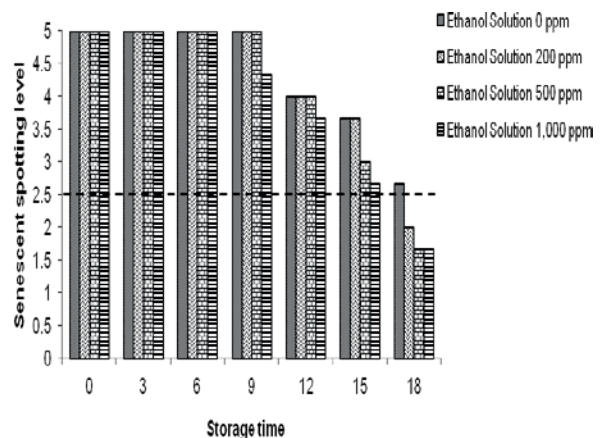
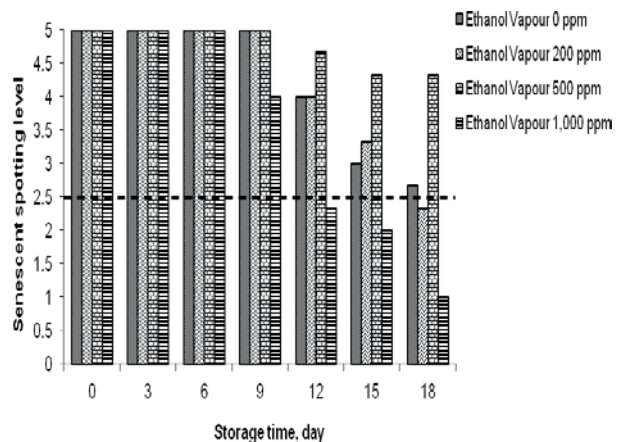
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 8 อัตราการเกิดโรคของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

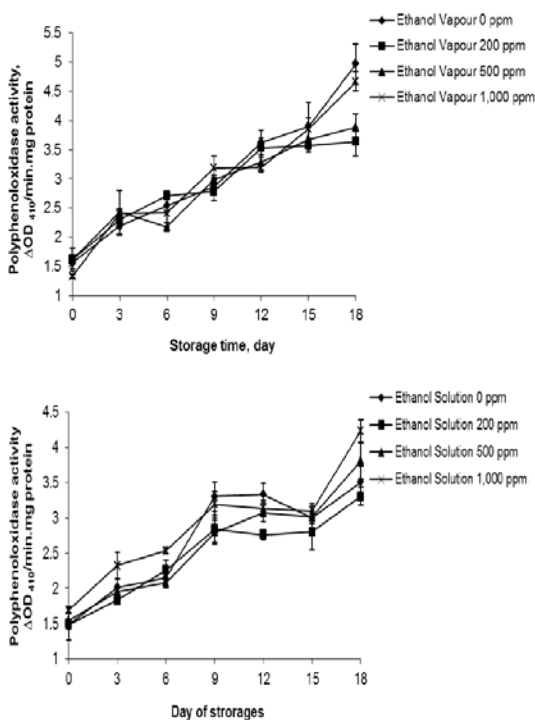
กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ของกล้วยไข่ที่ผ่านการรม และจุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 10 พบว่ากล้วยไข่รม และจุ่มด้วย เอทานอลก่อนการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส โดยการรมเอทานอลจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่าลดลง โดยการรมด้วยเอทานอลที่ระดับ

ความเข้มข้น 200 และ 500 ppm มีการลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในวันที่ 18 และแตกต่างจากกล้วยไข่ที่ไม่ได้รมเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าเท่ากับ 3.31 และ 3.81 $\Delta OD_{410}/\text{min.mg protein}$ ตามลำดับ สำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm พบกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีค่ามากกว่ากล้วยไข่ที่จุ่มเอทานอลระดับความเข้มข้น 0 และ 200 ppm

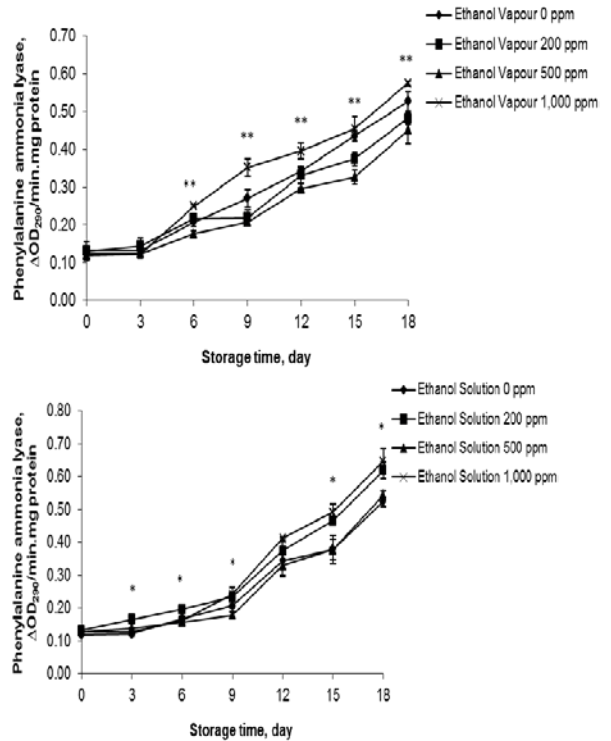


ภาพที่ 9 ระดับการเกิดการตกกระของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

กล้วยไข่ที่ผ่านการรมเอทานอลระดับความเข้มข้น 200 และ 500 ppm พบกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้ผ่านการรมด้วยเอทานอล และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าเท่ากับ 0.48 และ 0.45 $\Delta OD_{290}/\text{min.mg protein}$ ในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา ตามลำดับสำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล พบว่ากล้วยไข่ที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 1,000 ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL มากกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 11)

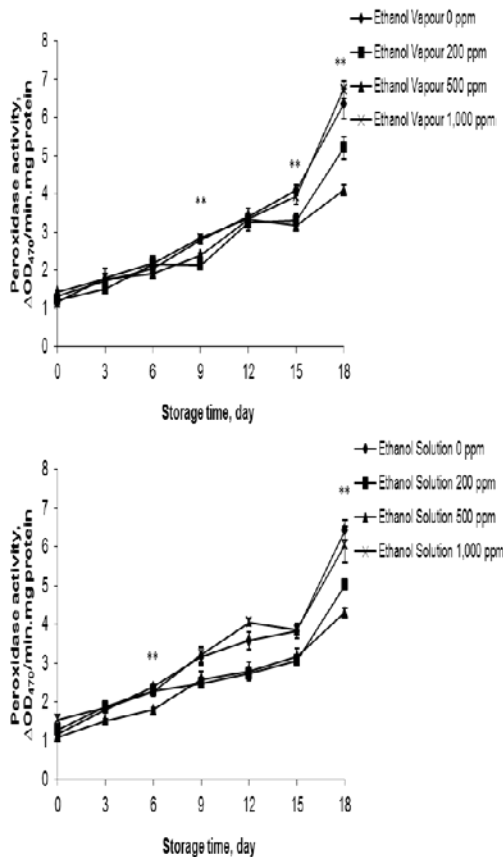


ภาพที่ 10 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ของกล้วยไข่ที่รม (ซ้าย) และจุ่ม (ขวา) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 11 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine Ammonia Lyase ของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นในกล้วยไข่ที่รมและจุ่มด้วยเอทานอล และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm จะพบกิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ $4.10 \Delta OD_{470}/\text{min.mg protein}$ สำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอล พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ POD มีค่าต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm ซึ่งมีค่าเท่ากับ $4.30 \Delta OD_{470}/\text{min.mg protein}$ และแตกต่างจากกล้วยไข่ที่ไม่ได้จุ่มเอทานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase ของกล้วยไข่ที่รม (บน) และจุ่ม (ล่าง) ด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

โครงสร้างของเปลือกกล้วยไข่ที่ผ่านการรมและจุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 13 และ 14 พบว่าโครงสร้างผิวเปลือกกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm และกล้วยไข่ที่ไม่ได้รมด้วยเอทานอล ในวันที่ 18 มีโครงสร้างผิวชั้นนอกของเปลือกกล้วยไข่ยุบตัวลงเนื่องจากโครงสร้างเกิดการสูญเสียทำให้เซลล์เกิดการหดตัวได้ สำหรับกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 และ

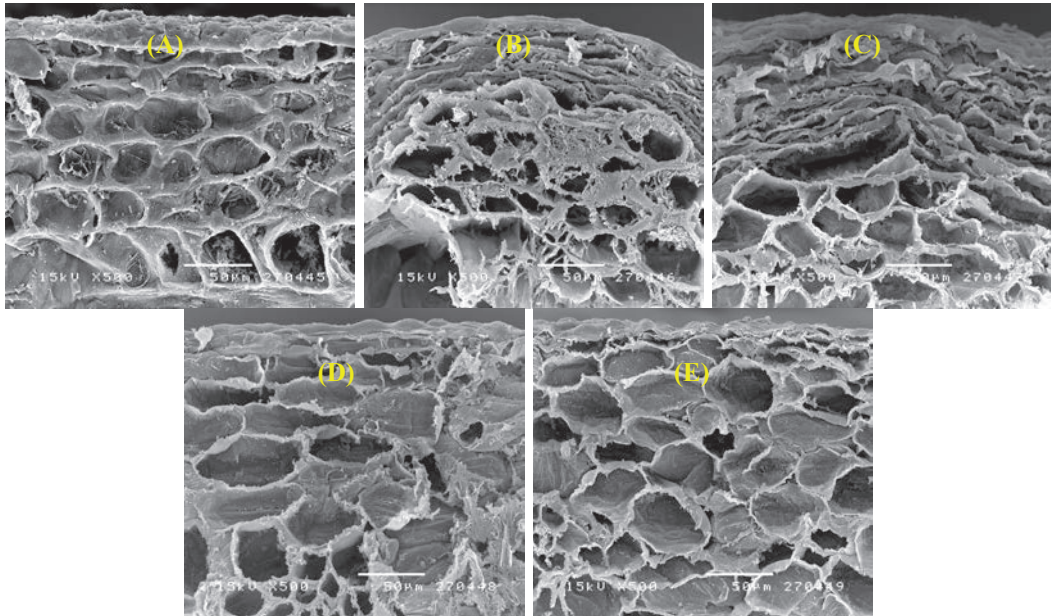
1,000 ppm โครงสร้างของเซลล์เปลือกกล้วยไข่ยังคงมีโครงสร้างไม่แตกต่างกันกับกล้วยไข่ชุดควบคุมในวันที่ 0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลสามารถชะลอการตกกระได้จึงทำให้เซลล์ผิวของกล้วยไข่ยังคงเหมือนกล้วยไข่ในวันที่ 0 สำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอล พบว่าในทุกระดับความเข้มข้นเซลล์ของเปลือกกล้วยไข่เกิดการยุบตัวในทุกชุดการทดลอง แต่พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm การยุบตัวของเซลล์เกิดน้อยกว่าในเปลือกกล้วยไข่ที่ไม่ได้จุ่มด้วยเอทานอล และที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm ซึ่งผลจากการที่เซลล์สัมผัสกับเปลือกของกล้วยไข่โดยตรงส่งผลให้เซลล์ผิวของกล้วยไข่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้ง่าย

4. การอภิปรายและวิจารณ์ผล

กล้วยไข่ที่ใช้เอทานอลก่อนการเก็บรักษาทั้งการรมและการจุ่มด้วยสารละลาย พบว่าสามารถชะลอการสุกของกล้วยไข่ได้เป็นอย่างดี โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกล้วยไข่ได้ แต่พบว่ากล้วยไข่ที่ผ่านการจุ่มด้วยสารละลายเอทานอลนั้น จะเกิดอาการผิวดก และเกิดการตกกระที่ผิวเปลือกของกล้วยไข่ได้เร็วกว่าและเกิดในปริมาณที่สูงกว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยไอระเหยของเอทานอล เนื่องจากกล้วยไข่สัมผัสกับเอทานอลโดยตรงจึงทำให้เกิดการเป็นพิษกับเซลล์ได้ง่ายกว่าการรม ซึ่งทำให้กล้วยไข่เกิดการสูญเสียได้ง่ายซึ่งเอทานอลที่ใช้ก่อนการเก็บรักษานี้จะส่งผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ของกล้วยไข่ทำให้อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนลดลง เนื่องจากเอทานอลส่งผลโดยตรงกับการสังเคราะห์เอทิลีน และปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์จึงสามารถชะลอการสุก และการ

เกิดการตกกระที่ผิวของกล้วยไข่ได้ [19] และส่งผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลโดยตรง ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์จะมีกิจกรรมเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษากล้วยไข่เป็นระยะเวลานานขึ้น และจะทำให้เกิดการตกกระได้ [20] จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าเอทานอลสามารถชะลอการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และการเปลี่ยนแปลงสารให้กลิ่นของแอปเปิ้ลสายพันธุ์ ‘Red Delicious’ ได้ และยังสามารถลดการเกิดจุดดำบนผิวของแอปเปิ้ลได้เป็นอย่างดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค [21] จากการศึกษาพบว่าเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 200 และ 500 ppm สามารถใช้เพื่อลดการตกกระของกล้วยไข่ได้โดยไปลดกิจกรรมต่างๆ ของผิวเปลือกกล้วยไข่และไม่ส่งผลต่อผิวของเปลือกกล้วยไข่ โดยให้ผลแตกต่างจากการทดลองที่ผ่านมา ซึ่งเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm

สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ของแอปเปิ้ลและมะเขือเทศได้ดีที่สุด [19,21] สำหรับโครงสร้างภายนอกของผิวเปลือกกล้วยไข่ พบว่าการเหี่ยวของเซลล์ผิวเปลือกนอกของกล้วยไข่ โดยกล้วยไข่ที่ผ่านการจุ่มด้วยสารละลายเอทานอลจะมีการเหี่ยวของเซลล์มากกว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยไอระเหยของเอทานอล เนื่องจากกล้วยไข่สัมผัสกับเอทานอลโดยตรง เมื่อเกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของน้ำภายในเซลล์ก็จะมีการแพร่สารจากที่มีความเข้มข้นมากไปหาความเข้มข้นที่น้อยกว่า ประกอบกับเมื่อกล้วยไข่มีอายุการเก็บมากขึ้นการสูญเสียน้ำของกล้วยไข่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เซลล์ผิวเปลือกกล้วยไข่เกิดการเหี่ยวตัวได้ด้วยเช่นกัน จึงจะเห็นได้ว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลจะมีลักษณะเซลล์ผิวชั้นนอกของกล้วยไข่ที่ยังคงรักษาสภาพของเซลล์ไว้ได้โดยปราศจากการยุบตัวของเซลล์ผิวเปลือกกล้วยไข่



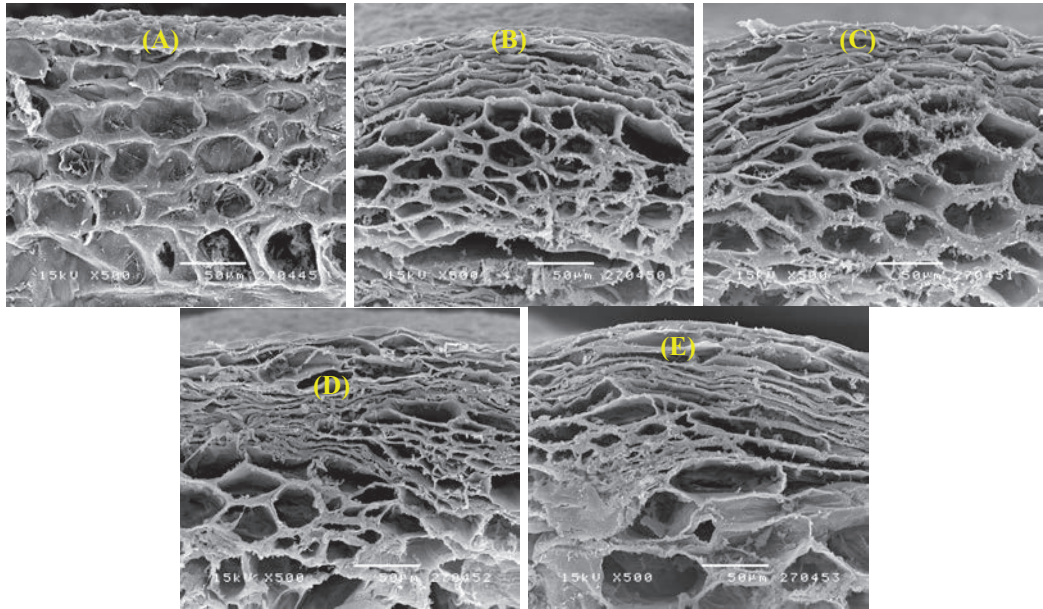
ภาพที่ 13 โครงสร้างของเปลือกกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

A = ชุดควบคุมวันที่ 0, B = กล้วยไข่ที่ไม่ได้รมด้วยเอทานอลวันที่ 18

C = กล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 200 ppm วันที่ 18

D = กล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 500 ppm วันที่ 18

E = กล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลความเข้มข้น 1,000 ppm วันที่ 18



ภาพที่ 14 โครงสร้างของเปลือกกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ± 2 องศาเซลเซียส

- A = ชุดควบคุมวันที่ 0, B = กล้วยไข่ที่ไม่ได้จุ่มด้วยเอทานอลวันที่ 18
- C = กล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 200 ppm วันที่ 18
- D = กล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 500 ppm วันที่ 18
- E = กล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอลความเข้มข้น 1,000 ppm วันที่ 18

5. สรุปผลการวิจัย

กล้วยไข่ที่รมและจุ่มด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ สามารถชะลอการสุกและลดการตกกระของกล้วยไข่ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะกล้วยไข่ที่รมด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm พบว่ากล้วยไข่มีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลินต่ำลง และพบลักษณะปรากฏที่ดีกว่าชุดการทดลองอื่น อาการการตกกระในวันที่ 18 เกิดในปริมาณต่ำ สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลพบว่า กล้วยไข่ที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500

ppm มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO, POD และ PAL ต่ำตลอดอายุการเก็บรักษาโครงสร้างของผิวเปลือกกล้วยไข่พบว่าเกิดการเหี่ยวของเซลล์น้อยกว่ากล้วยไข่ที่รมด้วยไอของเอทานอลที่ระดับความเข้มข้นอื่น เนื่องจากการมีอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลินที่ต่ำทำให้ปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์เกิดขึ้นช้าลงจึงทำให้ลดการสูญเสียน้ำของเซลล์ได้ จึงพบว่าเซลล์เกิดการเหี่ยวและยุบตัวลงน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น สำหรับกล้วยไข่ที่จุ่มด้วยเอทานอล พบว่ากล้วยไข่ที่จุ่มด้วยสารละลายเอทานอลที่ทุกระดับความเข้มข้นมีอัตราการหายใจ อัตราการผลิตเอทิลิน และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านอื่นๆ ลดลง แต่การสัมผัส

เอทานอลโดยตรงกับเปลือกกล้วยไข่จะทำให้เกิดอาการเป็นพิษที่ผิวเปลือก จึงทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผิวของกล้วยไข่ขึ้นมากกว่าการรมด้วยเอทานอล ดังนั้นการรมกล้วยไข่ด้วยเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง สามารถชะลอการตกกระของกล้วยไข่ และยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ได้เป็นระยะเวลา 18 วัน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] จำลอง เจตนะจิตร. ส่งกล้วยไข่ไปขายที่ญี่ปุ่น. กสิกร. 2534; 64: 336-338.
- [2] Berger RG. and Drawert F. Changes in the composition of volatiles by post-harvest application of alcohols to Red Delicious apples. J. Sci. Food Agric. 1984; 35:1318-1325.
- [3] Zhang WS, Li X, Wang XX, Wang GY, Zheng JT, Abeyasinghe DC, Ferguson IB. and Chen KS. Ethanol vapour treatment alleviates postharvest decay and maintains fruit quality in Chinese bayberry. Postharvest Biol. Technol. 2007; 46:195-198.
- [4] Kato K. Astringency removal and ripening in persimmons treated with ethanol and ethylene. HortScience 1990; 25:205-207.
- [5] Esguerra EB, Kawada K., Kitagawa H. and Subhadrabandhu S. Removal of astringency in 'Amas' banana (Musa AA group) with postharvest ethanol treatment. Acta Hortic. 1993; 321:811-820.
- [6] Saltveit ME. and Sharaf AR. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. J. Am. Soc. Hort. Sci. 1992; 117: 793-798.
- [7] Yuen CM, Paton JE, Hanawati R. and Shen LQ. Effects of ethanol, acetaldehyde and ethyl formate vapour on the growth of *Penicilium italicum* and *P. digitatum* on oranges. J. Hort. Sci. 1995; 70:81-84.
- [8] Margosan DA, Smilanick JL, Simmons GF. and Delmer JH. Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines. Plant Dis. 1997; 81: 1405-1409.
- [9] Zhang WS. Li X. Wang XX. Wang GY. Zheng JT. Abeyasinghe DC. Ferguson IB. and Chen KS. Ethanol vapour treatment alleviates postharvest decay and maintains fruit quality in Chinese bayberry. Postharvest Biol. Technol. 2007; 46(2):195-198.
- [10] Wang K. Cao S. Di Y. Liao Y. and Zheng Y. Effect of ethanol treatment on disease resistance against anthracnose rot in postharvest loquat fruit. Sci. Hort. 2015; 188:155-121.

- [11] Yan S. Luo Y. Zhou B. and Ingram DT. Dual effectiveness of ascorbic acid and ethanol combined treatment to inhibit browning and inactivate pathogens on fresh-cut apples. *LWT-Food Sci. Technol.* 2017; 80: 311-320.
- [12] Homaida MA. Yan S. and Yang H. Effects of ethanol on inhibiting fresh-cut sugarcane enzymatic browning and microbial growth. *LWT-Food Sci. Technol.* 2017; 77:8-14.
- [13] Rohitha BH, McDonald RM, Hill RA. and Karl AK. A preliminary evaluation of some naturally occurring volatiles on codling moth eggs. *Proceedings of 46th New Zealand Plant Protection Conference*, 1993; 197-199.
- [14] Tebbets JS, Vail PV. and Margosan D. Effect of water at 50oC or 5% ethanol at 50oC on the development of codling moth eggs in the laboratory. *Arthropod Manage.* 1993; 19:373.
- [15] Jamieson LE. Meier X. Smith KJ. Lewthwaite SE. and Dentener PR. Effect of ethanol vapour treatment on lightbrown apple moth larval mortality and ‘Bareburn’ apple fruit characterization. *Postharvest Biol. Technol.* 2003; 28(3):391-403.
- [16] A.O.A.C. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, Inc., Virginia. 1990.
- [17] Yingsanga P, Srilaong V, Kanlayanarat S, Noichinda S. and McGlasson WB. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephellium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo. *Postharvest Biol. Technol.* 2008; 50:164-168.
- [18] Duan X, Su X, You Y, Qu H, Li Y. and Jiang Y. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism. *Food Chem.* 2007; 104:571-576.
- [19] Saltveit ME. and Sharaf AR. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 1992; 117: 793-798.
- [20] Zhang WS, Li X, Wang XX, Wang GY, Zheng JT, Abeyasinghe DC, Ferguson IB. and Chen KS. Ethanol vapour treatment alleviates postharvest decay and maintains fruit quality in Chinese bayberry. *Postharvest Biol. Technol.* 2007; 46:195-198.
- [21] Berger RG. and Drawert F. Changes in the composition of volatiles by post-harvest application of alcohols to Red Delicious apples. *J. Sci. Food Agric.* 1984; 35:1318-1325.