

## การใช้ ethanol vapor releasing pad เพื่อควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค Application of Ethanol Vapor Releasing Pad to Control Microbial and Quality of Fresh-cut Durian

กัลยา ศรีพงษ์<sup>1</sup> ทันวลี ศรีนนท์<sup>1</sup> อภิรติ อุทัยรัตนกิจ<sup>1,2</sup> และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์<sup>1,2,\*</sup>  
Sripong, K.<sup>1</sup>, Srinon, T.<sup>1</sup>, Uthairatanakij, A.<sup>1,2</sup> and Jitareerat, P.<sup>1,2,\*</sup>

### Abstract

The aim of this study was to investigate the effect of ethanol vapor releasing (EVR) pad on reducing microbial contamination and maintaining the quality of fresh-cut durian. A EVR pad contained 4 and 8 g ethanol/pad was placed on a stencil paper and used for wrapping fresh-cut durian sample (1 pad/locule). Fresh-cut durian (500±10 g) was then packed in a polyethylene terephthalate (PET) clamshell, stored at 4 °C for 20 days. The EVR pad containing 8 g ethanol/pad showed the best effectiveness on microbial reduction, which it could reduce total bacteria and coliform by 0.8-1 log CFU/g, respectively. On the quality, EVR pad containing 4 and 8 g ethanol/pad did not affect firmness, color of flesh, total soluble solids content and the consumer acceptance (taste and overall appearance). However, EVR pad could reduce the respiration rate and ethylene production in fresh-cut durian.

**Keywords:** ethanol vapor, fresh-cut durian, microbial contamination

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ ethanol vapor releasing (EVR) pad เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยการหุ้มเนื้อทุเรียนด้วยกระดาษไขที่มี EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 4 และ 8 กรัมต่อช่อง โดยใส่จำนวน 1 ช่องต่อพู และบรรจุทุเรียนตัดแต่งลงในกล่อง polyethylene terephthalate (PET) ปริมาณ 500±10 กรัมต่อกล่อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน พบว่าการใช้ EVR pad ปริมาณ 8 กรัมต่อช่องสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยลดปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและโคลิฟอร์มที่ปนเปื้อนในทุเรียนตัดแต่งได้ประมาณ 0.8-1 log CFU/g และพบว่าการใช้ EVR pad ปริมาณ 4 และ 8 กรัมต่อช่อง ไม่มีผลต่อความแน่นเนื้อ สีของเนื้อทุเรียน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และการยอมรับของผู้บริโภค (ด้านรสชาติ และ ลักษณะปรากฏโดยรวม) แต่มีผลช่วยลดอัตราการหายใจ และอัตราการผลิตเอทิลีนของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค

**คำสำคัญ:** ไอระเหยเอทานอล ทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

### คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกทุเรียนรายใหญ่เป็นอันดับต้นๆ ของโลก ปัญหาของการส่งออกทุเรียนคือ ทุเรียนสุกไม่สม่ำเสมอเมื่อถึงปลายทาง ทุเรียนอ่อนหรือสุกเกินไปจนผลแตก ทำให้เกิดปัญหาระหว่างเกษตรกร ผู้ส่งออก และผู้นำเข้ามาโดยตลอด เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้ประกอบการหันมาส่งออกเนื้อทุเรียนสดตัดแต่งพร้อมบริโภคมากขึ้น อย่างไรก็ตามปัญหาของการผลิตผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคคือ การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมผลผลิต เป็นผลทำให้เกิดการเน่าเสีย ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อายุการเก็บรักษาที่สั้นลง การใช้เอทานอลเป็นวิธีหนึ่งที่ยินยมนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากเอทานอลมีคุณสมบัติรบกวนเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์โดยละลายไขมันที่อยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ และทำให้โปรตีนตกตะกอน (Barker และ Park, 2001) การใช้เอทานอลเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการจัดการ ใช้ต้นทุนต่ำ และที่สำคัญเป็นสารในกลุ่มที่มีความปลอดภัย (generally recognized as safe; GRAS) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำมาใช้เพื่อควบคุมการเน่าเสียของอาหารอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการใช้เอทานอลที่อยู่ในรูปของซองปลดปล่อยไอระเหยเอทานอล หรือ Ethanol vapor releasing pad (ERV) pad ซึ่งเป็นการใช้วัสดุดูดซับเอทานอลแล้วบรรจุในซองที่สามารถควบคุมการซึมผ่านไอของเอทานอลได้ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า EVR pad สามารถควบคุมการเน่าเสียและยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้หลายชนิด เช่น ส้ม (Noma และคณะ, 2009) ผลอ่อน

<sup>1</sup> สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

Division of Postharvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand

<sup>2</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพมหานคร 10400

<sup>2</sup> Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400, Thailand

\* Corresponding author: pongphen.jit@kmutt.ac.th

(พฤษชัย และคณะ, 2556) บรีอคโคลี่ (Asoda และคณะ, 2009) และ มะนาว (Opio และคณะ, 2015) เป็นต้น จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของ EVR pad ในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภคและผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงด้านชีวเคมีของเนื้อทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค

### อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่มีระยะการสุกแก่ประมาณ 105-110 วัน หลังดอกบาน น้ำหนักในช่วง 2,000-2,500 กรัม ต่อผล มาทำการเร่งให้สุกอย่างสม่ำเสมอด้วยการป้ายข้าวผลด้วยเอทิลพอนความเข้มข้น 52% บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน หลังจากนั้นนำทุเรียนมาปอกเปลือกในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 18-20 องศาเซลเซียส

คัดเลือกทุเรียนที่มีความสุกและขนาดใกล้เคียงกัน ไม่มีตำหนิที่เกิดจากบาดแผล รอยขีด จากการปอกมาทดสอบกับ EVR pad (Antimold-Mild<sup>®</sup> sachet, Japan) โดยใช้ EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 4 หรือ 8 กรัมต่อซอง สอดในกระดาดซาที่ใช้หุ้มทุเรียนจำนวน 1 ซองต่อพู โดยทุเรียนที่หุ้มด้วยกระดาดซาที่ไม่มี EVR pad ใช้เป็นชุดควบคุม บรรจุทุเรียนในกล่อง polyethylene terephthalate (PET) clamshell ขนาด 1,600 มิลลิเมตร จำนวน 500±10 กรัมต่อกล่อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน บันทึกผลการทดลองทุกๆ 5 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุเรียนเพื่อวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรียทั้งหมด โคลิฟอร์ม *E. coli* *Salmonella* spp. ยีสต์และเชื้อรา โดยใช้วิธี Spread plate ในอาหาร Plate Count Agar (PCA), Methylene Blue Agar (EMB), Xylose Lysine Deoxycholate (XLD) Agar และ Potato Dextrose Agar (PDA) ตามลำดับ และวิเคราะห์คุณภาพของทุเรียน ได้แก่ สีเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR-300, Japan) ความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer (TA-XT2, America) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Hand refractometer (ATAGO, Japan) การยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติและลักษณะปรากฏโดยรวม โดยการประเมินจากผู้ผ่านการฝึกอบรมจำนวน 10 คน ซึ่งผู้ประเมินทั้งหมดได้ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แล้ว (5 คะแนน = ชอบมากที่สุด และ 1 คะแนน = ไม่ชอบมากที่สุด) อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน โดยใช้เครื่อง Gas chromatograph (Shimadzu, Japan) วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แต่ละทรีตเมนต์มี 5 ซ้ำ (ภาค)

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 1. ผลของ EVR pad ต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

จากการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าทุเรียนตัดแต่งทุกทรีตเมนต์มีการปนเปื้อนของเชื้อ total bacteria และ coliforms แต่ไม่พบ *E. coli* *Salmonella* sp. ยีสต์และเชื้อรา และพบว่าการใช้ EVR pad สามารถลดปริมาณเชื้อ total bacteria และ coliforms ลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียนชุดควบคุม โดยเฉพาะการใช้ EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 8 กรัมต่อซอง สามารถลดเชื้อ total bacteria และ coliforms ได้ดีกว่าการใช้ EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 4 กรัมต่อซอง โดยสามารถลดปริมาณเชื้อ total bacteria และ coliforms ลงได้ประมาณ 0.8 – 1 log CFU/g (Figure 1A-1B) การที่ EVR pad สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากเอทานอลมีผลรบกวนเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเอทานอลสามารถละลายไขมันที่อยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์และทำให้โปรตีนตกตะกอน ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียสภาพ นอกจากนี้ยังมีผลยับยั้งการขนส่งสารอาหารผ่านทางระบบ membrane-bound ATPases และทำให้ pH ภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ลดลง (Barker และ Park, 2001)

#### 2. ผลของ EVR pad ต่อคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค

การใช้ EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 4 และ 8 กรัมต่อซอง ไม่มีผลต่อคุณภาพของทุเรียนตัดแต่งในระหว่างการเก็บรักษา โดยพบว่าสีของเนื้อทุเรียนทุกทรีตเมนต์แทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นจากค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ที่ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (Figure 2A-2B) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการเก็บรักษาทุเรียนที่อุณหภูมิต่ำ (4°C) ทำให้ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อทุเรียน ในขณะที่ความแน่นเนื้อของทุเรียนลดลงอย่างรวดเร็ว แต่พบว่าทุเรียนทุกทรีตเมนต์มีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) เนื่องจากทุเรียนที่ใช้ผ่านการบ่มให้มีความสุกในระดับที่เท่ากัน สำหรับปริมาณ TSS ของเนื้อทุเรียนทุกทรีตเมนต์มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 10 วันแรก หลังจากนั้นมีความลดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ total sugar ของเนื้อทุเรียน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำตาลบางส่วนอาจถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจของพืช (สายชล, 2538) จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าคะแนนการยอมรับด้านรสชาติและลักษณะปรากฏโดยรวมของทุเรียนทุกทรีตเมนต์ลดลงอย่างรวดเร็ว (Table 1) เนื่องจากเนื้อทุเรียนมีความนิ่มและกลิ่นแรงมากขึ้น รวมทั้งมีรสขมเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่นานขึ้น อย่างไรก็ตามทุเรียนตัดแต่งทั้งที่ใช้ EVR pad และ

ชุดควบคุม มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ EVR pad ไม่มีผลทำให้ทุเรียนเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

### 3. ผลของ Ethanol vapor releasing pad ต่ออัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค

การใช้ EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 4 และ 8 กรัมต่อช่อง มีผลช่วยลดการผลิตเอทิลีนและอัตราการหายใจของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยวันแรก (day 0) ของการเก็บรักษา ทุเรียนทุกทรีตเมนต์มีการผลิตเอทิลีนและการหายใจสูง จากนั้นค่อยๆ ลดลง และพบว่าหลังจากวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ทุเรียนที่หุ้มด้วยกระดาษไขที่มี EVR pad มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำกว่าทุเรียนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3A) ทั้งนี้เนื่องจากเอทานอลมีผลยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) synthase และ ACC oxidase ในวิธีการสังเคราะห์เอทิลีนทำให้อัตราการผลิตเอทิลีนของพืชลดลง (Asoda และคณะ, 2009) นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วง 5 วันแรก ทุเรียนที่หุ้มด้วยกระดาษไขที่มี EVR pad มีอัตราการหายใจต่ำกว่าทุเรียนในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นทุเรียนทุกทรีตเมนต์มีอัตราการหายใจลดลงและมีค่าใกล้เคียงกัน (Figure 3B) สำหรับกลไกของเอทานอลในการลดการอัตราการหายใจของพืชเกี่ยวข้องกับที่เอทานอลไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการหายใจ ได้แก่ เอนไซม์ในกลุ่ม dehydrogenase ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการไกลโคไลซิสและการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ทำให้อัตราการหายใจลดลง (Kern และคณะ, 2009)

### สรุปผล

การใช้ EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 4 และ 8 กรัมต่อช่อง มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่ง EVR pad ที่บรรจุเอทานอลปริมาณ 8 กรัมต่อช่อง สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด ทั้งนี้การใช้ EVR pad ทั้ง 2 ความเข้มข้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS และการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติและลักษณะปรากฏโดยรวม แต่มีผลช่วยลดอัตราการผลิตเอทิลีน และการหายใจของทุเรียนตัดแต่งพร้อมบริโภค

### คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ประจำปีงบประมาณ 2562 และผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัย และการสร้างนวัตกรรม (บพค.) ที่ให้การสนับสนุนทุนสำหรับนักวิจัย และ United Graduated School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ที่สนับสนุนเครื่องทางวิทยาศาสตร์

### เอกสารอ้างอิง

- พฤกษ์ ชูสังข์ วิโรจน์ แก้วเรือง ชัยรัตน์ เตชะวุฒิพร พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย และเฉลิมชัย วงษ์อารี, 2556, ประสิทธิภาพของไอรอะเหยเอทานอลต่อการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพของผลหม่อน (*Morus alba* L.) พันธุ์เชียงใหม่ระหว่างการวางจำหน่าย, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 44 (3): 386-389.
- สายชล เกตุษา, 2538, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 364 หน้า.
- Asoda, T., Terai, H., Kato, M. and Suzuki, Y., 2009, Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Ethylene Responsiveness in Broccoli, *Postharvest Biology and Technology*, 52: 216-220.
- Barker, C. and Park, S.F., 2001, Sensitization of *Listeria monocytogenes* to Low pH, Organic acids, and Osmotic Stress by Ethanol, *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 1594-1600.
- Kern, K.A., Pergo, E.M., Kagami, F.L., Arraes, L.S., Sert, M.A. and Ishii-Iwamoto, E.L., 2009, The Phytotoxic Effect of Exogenous Ethanol on *Euphorbia heterophylla* L., *Plant Physiology and Biochemistry*, 47: 1095-1101.
- Noma, Y.Y., Suzuki, Y., Terai, H. and Yamauchi, N., 2009, Effects of Postharvest Ethanol Vapor Treatment on Quality of Sudachi (*Citrus suchachi* hort ex, shurai) Fruit, *Food preservation Science*, 35(4): 187-193.
- Opio, P., Jitareerat, P., Pongprasert, N., Wongs-Aree, C., Suzuki, Y. and Srilaong, V., 2015, Postharvest Ethanol Vapor Treatment Delays Chlorophyll Degradation and Maintains Quality of Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) Fruit, *Agricultural Science Journal*, 46(3): 173-176.

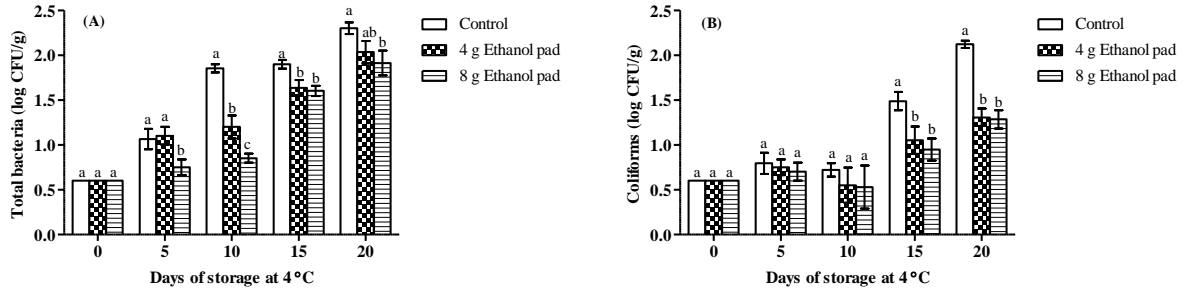


Figure 1 Total bacteria (A) and coliforms (B) populations of fresh-cut durian treated with 4 and 8 g ethanol vapor releasing pad during storage at 4°C for 20 days. Non-treated fresh-cut durian was a control.

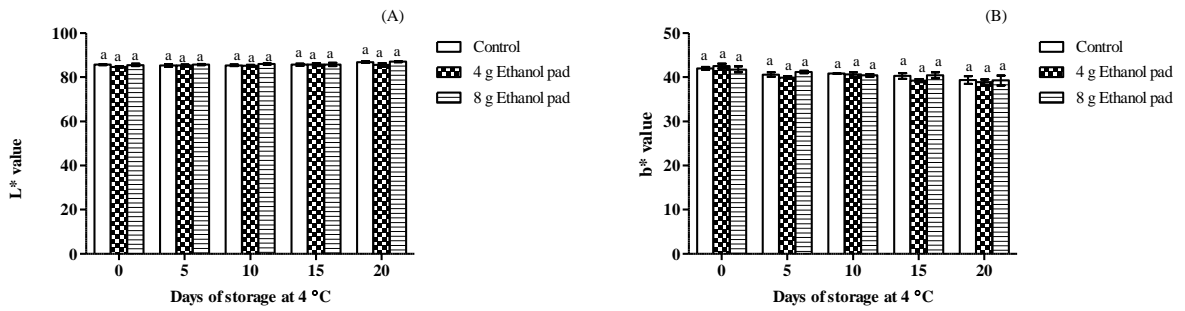


Figure 2 L\* (A) and b\* (B) values of fresh-cut durian treated with 4 and 8 g ethanol vapor releasing pad during storage at 4°C for 20 days. Non-treated fresh-cut durian was a control.

Table 1 Firmness, TSS value, acceptance of consumer for taste and appearance of fresh-cut durian treated with 4 and 8 g ethanol vapor releasing pad. Measurement were taken at the initial day (day 0) and after storage at 4°C for 10 and 20 days. Non-treated fresh-cut durian were the control.

Treatment	Firmness (N)			TSS (°Brix)			Taste (score)			Appearance (score)		
	D0	D10	D20	D0	D10	D20	D0	D10	D20	D0	D10	D20
Control	4.64	3.27	2.37	31.31	30.93	22.87	5.00	2.30	2.00	5.00	3.25	2.50
4 g Ethanol pad	4.35	2.82	2.42	32.62	30.93	23.00	5.00	2.80	2.30	5.00	3.60	2.80
8 g Ethanol pad	4.35	3.23	2.60	32.31	32.18	22.68	5.00	3.00	2.60	5.00	3.50	2.90
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns: means within the column are non-significant difference at  $p < 0.05$ .

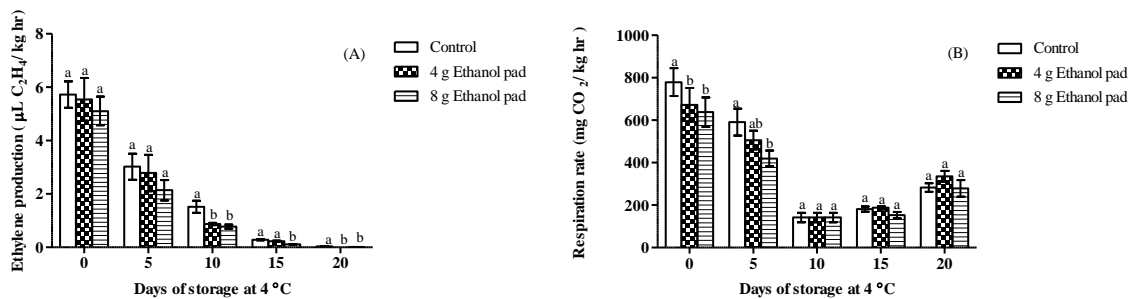


Figure 3 Ethylene production (A) and respiration rate (B) of fresh-cut durian treated with 4 and 8 g ethanol vapor releasing pad during storage at 4°C for 20 days. Non-treated fresh-cut durian was a control.