

สารยับยั้งเอทิลีนอะมิโนเอททอกซีไวนิลไกลซีน (AVG) ชะลอการเหลืองและแตกของ ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองภายหลังเก็บรักษาในสภาพจำลองการขนส่งทางเรือ Ethylene Inhibitor Aminoethoxyvinylglycine (AVG) Delays Yellowing and Dehiscence of ‘Monthong’ Durian Fruit after Simulation of Sea Transport

พีรพงษ์ แสงวานังกุล^{1,2*}, ยุพิน อ่อนศิริ¹ และ จิตติมา จิระโพธิธรรม¹
Peerapong Sangwanangkul^{1,2*}, Yupin Onsiri and Jittima Jirapothithum¹

บทคัดย่อ

ตลาดจีนต้องการผลทุเรียนที่สุกพร้อมบริโภคและจำหน่ายได้ทันทีที่วางบนชั้นโดยผลไม่แตก แต่ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีปัญหาสุกยากและไม่สม่ำเสมอ ผู้ส่งออกจึงใช้เอทيفونป้ายชำและชุบผลทุเรียนเพื่อชักนำการสุก แต่เอทيفونทำให้ผลสุกเปลือกเหลือง แตกง่าย เนื้อนิ่มและเหม็นอับ และมีอายุวางจำหน่ายสั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อชักนำผลทุเรียนให้สุกสม่ำเสมอโดยผลไม่แตกและไม่สุกเกินไปในสภาพส่งออกทางเรือที่ 15°C เป็นเวลา 10 วัน และวางจำหน่ายที่ 25°C เป็นเวลา 3-7 วัน โดยป้ายชำด้วยเอทيفون 26 % จำนวน 2 ครั้ง ร่วมกับการจุ่มผลในสารป้องกันเชื้อราผสมสารอะมิโนเอททอกซีไวนิลไกลซีน (AVG) เข้มข้น 50 100 150 และ 200 mg a.i./L โดยมีผลที่สุกธรรมชาติเป็นชุดควบคุม ผลที่ป้ายชำด้วยเอทيفونเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง และผลที่ชุบและป้ายชำด้วยเอทيفونโดยไม่จุ่ม AVG เป็นชุดเปรียบเทียบทางการค้า พบว่าผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ชุบสารป้องกันเชื้อราผสม AVG เข้มข้น 100 หรือ 200 mg/L ร่วมกับการป้ายชำด้วยเอทيفونเข้มข้น 26 % สามารถเก็บรักษาในสภาพจำลองการขนส่งทางเรือที่ 15°C เป็นเวลา 10 วัน เมื่อย้ายออกทดสอบวางจำหน่ายที่ 25°C ผลสุกได้ในเวลา 3 วัน และแตกเมื่อวางเป็นเวลา 6.2 วัน

คำสำคัญ: ทุเรียน, สารยับยั้งเอทิลีน, รีเทน, ปริแตก, อะมิโนเอททอกซีไวนิลไกลซีน

Abstract

Chinese market requires ready-to-eat and marketable ripe durian fruits immediately displayed on shelf, but ‘Monthong’ durian fruit is difficult to ripen and unevenly ripening. Exporters usually apply ethephon on peduncle-cut and whole fruit to induce ripening. However, ethephon induces skin yellowing, easily cracking, over flesh softening and short shelf life. The objective of this research was to induce even ripening of durian fruit without husk dehiscence and over ripening during sea shipping at 15°C for 10 days, and then at display temperature of 25°C for 3-7 days. ‘Monthong’ durian fruits were treated twice with 26% ethephon on the peduncle-cut, then dipped in a mixture of fungicide and 50, 100, 150 and 200 mg a.i./L aminoethoxyvinylglycine (AVG). Natural ripe fruit was used as control. Fruit treated with 26% ethephon twice on peduncle-cut, and fruit treated with ethephon on both peduncle-cut and whole fruit without AVG were comparative commercial sets. Results showed that fruits treated with a mixture of fungicide and 100 or 200 mg/L AVG in combination with 26% ethephon treated on peduncle-cut could be stored at 15°C for 10 days. After transferring to display temperature at 25°C, these fruits could be ripened within 3 days and started cracking after 6.2 days on shelf.

Keywords: durian, ethylene inhibitor, retain, crack, aminoethoxyvinylglycine

¹ ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹ Postharvest Technology Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng saen, Kasetsart University, Kamphaen Saen Campus, Nakhon Pathom 73140 Thailand

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม กทม. 10400

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

* Corresponding author: rdiprs@ku.ac.th

คำนำ

ปี 2561 ไทยส่งออกทุเรียนสด 494,091 ตัน คิดเป็นมูลค่า 30,186.7 ล้านบาท โดยมีอัตราการขยายตัว 36.60 % เมื่อเทียบกับปี 2560 โดยมีจีน เวียดนาม และฮ่องกง เป็นตลาดหลักที่สำคัญ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2562) ทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยมากเมื่อเทียบกับทุเรียนพันธุ์ชะนี จึงมีปัญหาลูกยาก ขำ และไม่สม่ำเสมอ (เพ็ชรรัตน์, 2532) ทั้งนี้ผู้ส่งออกเกรงว่าทุเรียนที่แก่เต็มที่อาจจะสุกและแตกระหว่างขนส่งและวางจำหน่ายจึงใช้ผลที่แก่ 70-80 % ซึ่งมีคุณภาพเมื่อสุกไม่ดีและใช้เวลาในการสุกนาน ผู้ประกอบการแต่ละรายจึงใช้เอทิลีนเข้มข้น 17.3-52.0 % a.i. ป้ายข้าว ร่วมกับการชุบผลด้วยเอทิลีนเข้มข้น 0.09-0.41 % a.i. ซึ่งความเข้มข้นของสารขึ้นกับระดับความแก่ที่รับซื้อ ระยะเวลาขนส่ง อุณหภูมิของตลาดปลายทาง ซึ่งแตกต่างกันตามวิธีการของผู้ประกอบการแต่ละราย และจากการทดลองบ่มในสภาพจำลองการส่งออกทางเรือที่ 14°C เป็นเวลา 10 วัน และทดสอบวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 25°C จนกระทั่งผลสุก พบว่าการชุบผลทุเรียนในสารละลายเอทิลีนเข้มข้น 0.2 และ 0.4 % a.i. พบสารตกค้างที่เปลือกกระหว่าง 1.8-8.0 mg/kg มากกว่าค่า MRL สำหรับทุเรียนตามมาตรฐาน Codex ที่ต้องไม่เกิน 2 mg/kg ขณะที่การบ่มโดยการป้ายข้าวด้วยสารเอทิลีนเข้มข้น 1, 13 และ 52 % a.i. มีสารตกค้างน้อยกว่าค่า MRL (พิรพงษ์ และคณะ, 2560) โดยผลที่มีอายุ 110 และ 120 วันหลังดอกบาน สามารถบ่มให้สุกในสภาพจำลองการส่งออกทางเรือโดยการป้ายข้าวด้วยเอทิลีนเข้มข้น 26 % จำนวน 2 ครั้ง โดยไม่ต้องชุบผลด้วยเอทิลีน พบสารตกค้างทั้งผล 0.172 และ 0.231 mg/kg เท่านั้น (พิรพงษ์ และคณะ, 2561) ทั้งนี้การจัดการผลทุเรียนที่มีความแก่และคุณภาพแตกต่างกันรับซื้อจากชาวสวนหลายรายโดยการปรับความเข้มข้นของเอทิลีนอาจทำให้ผลทุเรียนบางผลสุกเกินจนผลแตก เนื้อนิ่มและเกินไปได้ และถ้าหากสามารถส่งออกทุเรียนที่มีความแก่ไม่น้อยกว่า 90% ได้โดยผลสุกไม่แตก จะเพิ่มความพึงพอใจของผู้บริโภคและโอกาสในการขยายตลาดทุเรียนพันธุ์หมอนทองได้อีกมากซึ่งการแตกของเปลือกผลทุเรียนเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ การสูญเสียน้ำและการทำงานของเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษา โดยเอทิลีนมีผลต่อการแตกของเปลือกทุเรียนมากกว่าการสูญเสีย (Sriyook *et al.*, 1994) ดังนั้นการใช้สารยับยั้งการผลิตเอทิลีนเฉพาะบริเวณเปลือกจึงอาจเป็นแนวทางในการชะลอการแตกของเปลือกผลทุเรียนได้ พิรพงษ์ และคณะ (2562) พบว่าผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ป้ายข้าวด้วยเอทิลีนเข้มข้น 26% ร่วมกับการรมสาร 1-MCP เข้มข้น 1,000 ppb เป็นเวลา 3 ชั่วโมง สามารถสุกพร้อมจำหน่ายภายหลังเก็บรักษาในสภาพจำลองการขนส่งที่ 15°C เป็นเวลา 10 วัน และย้ายออกวางจำหน่ายที่ 25°C เป็นเวลา 3-7 วันโดยผลไม่แตกและไม่สุกจนเกินไป อย่างไรก็ตามการรมสาร 1-MCP ในทางปฏิบัติไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับทุเรียนซึ่งเป็นผลไม้ขนาดใหญ่ต้องการพื้นที่ในการจัดการมาก

การใช้สารยับยั้งเอทิลีนอะมิโนเอทพอกซีไวโนลไกลซีน หรือ AVG ซึ่งมีจำหน่ายภายใต้ชื่อ “รีเทน” (ReTain) ในรูปผงละลายน้ำจึงเป็นอีกทางเลือกที่มีศักยภาพโดย AVG เป็นตัวยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) synthase ในการเปลี่ยน S-adenosylmethionine (SAM) เป็น ACC ในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน (Adam and Yangs, 1979; Arshad and Frankenberger, 2002; Konze and Kwiatowski, 1981) ในต่างประเทศมีการใช้ AVG ในการลดการหลุดร่วงของผลไม้เขตหนาวหลายชนิด Manriquez *et al.* (1999) รายงานว่าการพ่น AVG เข้มข้น 20, 100 และ 500 mg a.i./L 4 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว ทำให้อัตราการผลิตเอทิลีนและปริมาณเอทิลีนภายในผลกีวี่เมื่อเก็บเกี่ยวลดลง แต่ไม่มีผลในระยะยาวภายหลังเก็บรักษาที่ 0°C เป็นเวลา 120 วัน และผลที่ได้รับ AVG มีความแน่นเนื้อมากกว่าผลที่ไม่ได้รับสาร แต่การพ่น AVG ก่อนเก็บเกี่ยว 2 สัปดาห์ไม่ให้ผลที่ชัดเจน นอกจากนี้การจุ่มผลกีวี่ในสารละลาย AVG หลังเก็บเกี่ยว สามารถเพิ่มความแน่นเนื้อของผลหลังเก็บรักษาได้เล็กน้อยเช่นกัน แต่ AVG ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) และการแสดงอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาทั้งระหว่างเก็บรักษาในห้องเย็นและวางจำหน่ายแต่อย่างใด การพ่นผลแพร์พันธุ์ Starkrimson ด้วย AVG เข้มข้น 60 mg/L ก่อนเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การสูญเสียปริมาณกรดที่ไต่เตตระได้และคงคุณภาพการรับประทานได้ดี โดยมีปริมาณน้ำคั้นลดลง อีกทั้งลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลภายหลังเก็บรักษาที่ -1.1°C เป็นเวลา 16 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่พ่นสารและพ่นสารเข้มข้น 30mg/L การพ่นสารเข้มข้น 120 mg/L มีผลต่อคุณภาพผลแพร์ไม่แตกต่างจากการพ่นสารเข้มข้น 60 mg/L แต่สามารถชะลอการสุกได้ 1 เดือน (Xie *et al.*, 2015) การใช้สาร AVG เข้มข้น 100 และ 1,000 mg/L หลังเก็บเกี่ยวสามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนความแน่นเนื้อ และการพัฒนาสีของผลแอปเปิ้ลคอร์ท แต่ AVG ไม่มีผลต่อปริมาณ TSS และปริมาณกรดที่ไต่เตตระได้ (Valdés *et al.*, 2009)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อชะลอการแตกของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองเก็บเกี่ยวที่ความแก่ 90 % ระหว่างการเก็บรักษาในสภาพจำลองการส่งออกทางเรือที่อุณหภูมิ 15°C เป็นเวลา 10 วัน โดยผลยังคงสุกพร้อมจำหน่ายได้เมื่อย้ายออกทดสอบการวางจำหน่ายที่ 25°C เป็นเวลา 3 ถึง 7 วัน โดยเปลือกไม่แตก โดยปรับวิธีการใช้สารเอทิลีนร่วมกับการใช้สาร AVG

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวผลทุเรียนที่แก่ 90% จากต้นที่สมบูรณ์จากสวนใน จ.จันทบุรี เมื่อวันที่ 11 มิถุนายน 2562 ขนส่งมายังศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม แบ่งทุเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม ๆ ละ 5 ผลนำมาชั่งสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราสูตรผสมของโรงคัดบรรจุ ปริมาตร 60 L ที่มีส่วนผสมของฟลิอาโรฟอส 500 mL, เบโนไมล์ 250 g, โพรคลอราซ 150 mL, อะซอกซิสโตรบิน 25 mL, ผงขี้เถ้า 1.5 kg, แสสสารเพิ่มประสิทธิภาพชนิดออกแกโนซิลิโคน 60 mL ร่วมกับการดำเนินการดังนี้

วิธีการที่ 1 วิธีการทางการค้า (commercial) ของโรงคัดบรรจุโดยจุ่มผลในสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราสูตรผสมข้างต้นที่ผสมเอทีฟอนเข้มข้น 52% อัตรา 400 mL/60 L (หรือเข้มข้น 0.3467 % a.i.) และป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% a.i. (หรือ เอทีฟอนเข้มข้น 52% ผสมน้ำอัตรา 1:1)

วิธีการที่ 2 สูตรธรรมชาติ ไม่ใช้สารละลายเอทีฟอนและสารละลาย AVG (natural ripe, no ethephon, no AVG)

วิธีการที่ 3 ป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26 % จำนวน 2 ครั้ง โดยป้ายครั้งที่ 1 ภายหลังจากการป้องกันเชื้อราและฝัองผลแห้งแล้ว จากนั้น 5 ชั่วโมงป้ายครั้งที่ 2 และฝัองผลอีก 5 ชั่วโมง ก่อนนำเข้าห้องเก็บรักษา (พีรพงษ์ และคณะ, 2561)

วิธีการที่ 4 จุ่มสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมสารอะมิโนเอททอกซีไวไนลไกลซีน (AVG) ยี่ห้อ รีเทน (ReTain) เข้มข้น 50 mg a.i./L และป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง เช่นเดียวกับวิธีการที่ 3

วิธีการที่ 5 จุ่มสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมสาร AVG เข้มข้น 100 mg a.i./L และป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง เช่นเดียวกับวิธีการที่ 3

วิธีการที่ 6 จุ่มสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมสาร AVG เข้มข้น 150 mg a.i./L และป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง เช่นเดียวกับวิธีการที่ 3

วิธีการที่ 7 จุ่มสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมสาร AVG เข้มข้น 200 mg a.i./L และป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง เช่นเดียวกับวิธีการที่ 3

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 7 ทรีทเมนต์ ๆ ละ 5 ผลเก็บรักษาในสภาพจำลองการขนส่งทางเรือที่ $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 10 วัน จากนั้นย้ายออกทดสอบการวางจำหน่ายที่ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 5 7 และ 9 วันจนกระทั่งผลสุกและแตกประเมนจำนวนวันที่ผลสุกและแตกภายหลังย้ายออกวางที่ 25°C ความยาวของรอยปริแตกในแต่ละพูเปอร์เซ็นต์สูญเสีย น้ำหนักเมื่อผลแตก คะแนนสีเปลือก (เมื่อ 1 คือ เขียว, 2 คือ เขียวอมเหลืองเล็กน้อย, 3 คือ เขียวอมเหลืองปานกลาง, 4 คือ เหลืองอมเขียว และ 5 คือ เหลืองทั้งผล) เมื่อผลแตกจึงประเมินคุณภาพเนื้อ โดยวัดค่าสีเนื้อ b^* , ค่า Chroma, ค่า Hue angle, ความแน่นเนื้อ ปริมาณ total soluble solids (TSS) เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (dry matter, DM) ประเมินการยอมรับโดยผู้ชิม 8 คน ตามเกณฑ์การให้คะแนนของ พีรพงษ์ และคณะ (2562) ดังนี้

กลิ่น เมื่อ 1 = ไม่มีกลิ่น, 3 = กลิ่นหอมเล็กน้อย, 5 = ปานกลาง, 7 = กลิ่นหอมหวานสุกพอดี, 9 = กลิ่นแรงสุกจัด
ความหวาน เมื่อ 1 = จืดไม่หวาน, 3 = หวานเล็กน้อย, 5 = ปานกลาง, 7 = หวานมาก, 9 = หวานที่สุด มีรสสม
เนื้อสัมผัส เมื่อ 1 = ดิบแน่นแข็ง, 3 = ห้ามนุ่มเริ่มนิ่ม, 5 = นุ่มแข็งปานอ่อนนิ่ม, 7 = นุ่มพอดีทั้งชิ้น, 9 = นุ่มและ
ความสุก เมื่อ 1 = ดิบ ไม่สุก, 3 = ห้ามนุ่มเริ่มสุก, 5 = สุกปานกลาง ไม่สม่ำเสมอ, 7 = สุกพอดี, 9 = สุกเกินไป
การยอมรับ เมื่อ 1 = ไม่ยอมรับ, 3 = ยอมรับเล็กน้อย, 5 = ปานกลาง, 7 = ยอมรับมาก, 9 = ยอมรับมากที่สุด

ผล

ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองทั้งหมดทั้งผลที่สุกตามธรรมชาติไม่มีการป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนและผลที่บ่มโดยการป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง และผลที่บ่มโดยการป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนเข้มข้น 26% ร่วมกับการใช้สาร AVG ความเข้มข้นต่างกันสามารถเก็บรักษาในสภาพจำลองการส่งออกทางเรือที่อุณหภูมิ $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ได้เป็นเวลา 10 วันผลไม่มีอาการของโรคหลังเก็บเกี่ยว ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่สุกตามธรรมชาติโดยไม่มีการป้ายข้าวด้วยสารละลายเอทีฟอนและไม่ใช้ AVG มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษาที่ $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 10 วัน ขณะที่การป้ายข้าวผลทุเรียนด้วยสารละลายเอทีฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้งก่อนเก็บรักษา มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนมากที่สุดและใกล้เคียงกับผลที่ชุบสารป้องกันกำจัดเชื้อราผสมสาร AVG เข้มข้น 50 mg/L เมื่อย้ายทุเรียนทั้งหมดออกทดสอบการวางจำหน่ายที่ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ พบว่า ผลทุเรียนที่สุกตามธรรมชาติมีอัตราการผลิตเอทิลีนช้าและน้อยกว่าผลทุเรียนที่ป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนทั้งผลที่ไม่ได้รับและได้รับ AVG ทั้งนี้ผลที่ป้ายข้าวด้วยเอทีฟอนโดยไม่ได้รับ AVG มีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงที่สุดตลอดระยะเวลาวางจำหน่าย โดยการหายใจเกิดขึ้นสูงสุด (climacteric peak) ตั้งแต่วันแรกของการวางจำหน่ายที่ 25°C การชุบผลทุเรียนในสารละลายผสม AVG เข้มข้น 100 และ 200 mg/L ชะลอการผลิตเอทิลีนที่เกิดจากการกระตุ้นของเอทีฟอนที่ป้ายข้าวก่อนเก็บรักษาได้ ทั้งในระยะเก็บรักษาและวางจำหน่าย (Figure 1)

ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองทั้งหมดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 10 วัน เมื่อย้ายออกทดสอบการวางจำหน่ายที่ 25°C พบว่า ผลชุดควบคุมที่สุกตามธรรมชาติไม่ได้ป้ายเอทีฟอนก่อนเก็บรักษาต้องใช้เวลานาน 7 วัน ผลจึงสุก

พอดี และแตกหมดทุกผลเมื่อวางที่ 25°C เป็นเวลา 9 วัน มีความรุนแรงของการแตกเมื่อประเมินจากความยาวของรอยแตกลึกน้อยที่สุด 6.4 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์สูญเสียเนื้อในวันที่ผลแตกมากที่สุด 18.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลที่บ่มตามกรรมวิธีทางการค้าของโรงคัดบรรจุโดยจุ่มผลในสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมเอทิลฟอนเข้มข้น 0.3467 % a.i. และป้ายข้าวด้วยเอทิลฟอนเข้มข้น 26% สามารถสุกภายหลังย้ายออกวางที่ 25°C เป็นเวลา 1 วัน แต่ผลสุกเหลืองและแตกหมดทุกผลเมื่อวางจำหน่ายเพียง 3 วันเท่านั้น และมีการปริแตกรุนแรงมากที่สุด 37.2% แม้มีการสูญเสียเนื้อเล็กน้อยที่สุดเพียง 13.8% ส่วนผลที่ป้ายข้าวด้วยเอทิลฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง ทั้งที่ไม่ได้รับและได้รับ AVG เข้มข้น 50 mg/L สามารถสุกได้เมื่อย้ายออกวางที่ 25°C เป็นเวลา 3 วัน และแตกเมื่อวางครบ 5 วัน ขณะที่ผลที่ป้ายข้าวด้วยเอทิลฟอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง และได้รับ AVG เข้มข้น 100 และ 200 mg/L สามารถสุกได้เมื่อย้ายออกวางที่ 25°C เป็นเวลา 3 วัน และสามารถวางจำหน่ายจนผลเหลืองและแตกเมื่อวางเป็นเวลาเฉลี่ย 6.2 วัน นานกว่าผลที่บ่มเชิงการค้าตามกรรมวิธีของโรงคัดบรรจุที่ทำอยู่ในปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จึงมีอายุวางจำหน่ายที่เหมาะสมแม้ไม่แตกต่างทางสถิติกับผลที่ป้ายข้าวด้วยเอทิลฟอนแต่ไม่ได้รับ AVG ก็ตาม (Table 1, Figure 2)

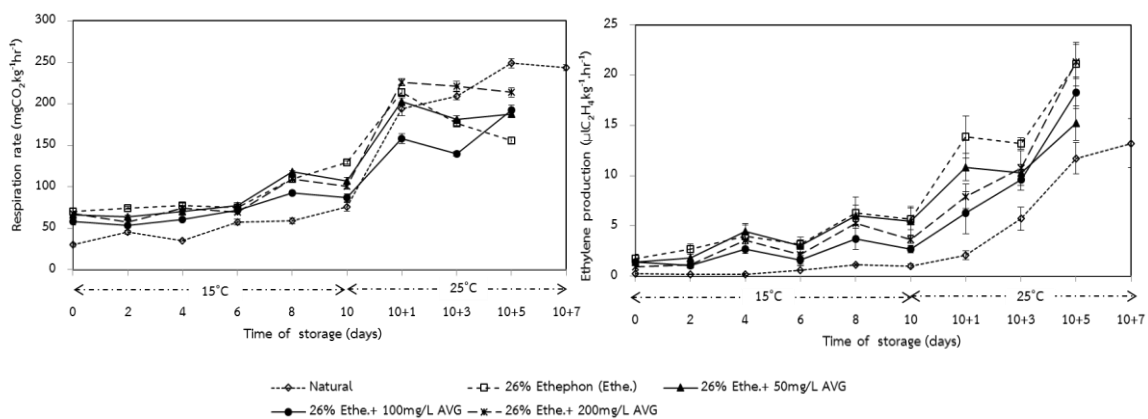


Figure 1 Respiration and ethylene production rate of ‘Monthong’ durian fruits treated with and without ethephon and/or various concentrations of AVG stored at 15°C for 10 days and then transferred to 25°C until fruit dehiscence occurred.

Table 1 Fruit quality of ‘Monthong’ durian fruits treated with and without ethephon and/or various concentrations of AVG stored at 15°C for 10 days and then transferred to 25°C until fruit dehiscence occurred.

Treatments	Days to ripen ²	Days to dehiscence ²	Dehiscence severity (%)	Final weight loss when dehiscence occurred (%) ²	Skin color after stored at 25°C for ²			
					3 days	5 days	7 days	9 days
Commercial ¹	1.0±0.0 ^{a2}	3.0±0.0 ^a	37.2±8.0	13.8±0.8 ^a	5.0±0.0 ^d	-	-	-
Natural (no Ethe./AVG)	7.0±0.0 ^d	9.0±0.0 ^c	6.4±2.9	18.8±0.8 ^c	1.0±0.0 ^a	1.5±0.0 ^a	3.6±0.8	4.2±0.7
26%Ethephon (Ethe.)	3.0±0.0 ^b	5.0±0.0 ^b	22.3±10.6	14.4±1.0 ^a	4.4±0.6 ^{cd}	5.0±0.0 ^d	-	-
26%Ethe.+ 50mg/L AVG	3.0±0.0 ^b	5.0±0.0 ^b	10.5±7.9	16.0±1.0 ^{ab}	3.4±0.8 ^{bc}	4.3±0.3 ^{cd}	-	-
26%Ethe.+100mg/L AVG	3.0±0.0 ^b	6.2±1.1 ^b	31.3± 6.8	18.6±1.7 ^{ab}	2.8±1.0 ^b	3.8±0.5 ^{bc}	4.8±0.3	-
26%Ethe.+150mg/L AVG	3.4±0.6 ^c	5.4±0.9 ^b	22.7±28.7	17.0±1.6 ^{bc}	2.8±1.1 ^b	3.4±0.8 ^b	4.0±0.0	-
26%Ethe.+200mg/L AVG	3.0±0.0 ^b	6.2±1.1 ^b	19.1±14.5	18.3±1.7 ^{bc}	3.0±0.6 ^b	3.9±0.6 ^{bc}	4.8±0.3	-
F-test	**	**	ns	**	**	**	ns	-

Note

** statistically significant difference at $P<0.01$ using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).ns non-significantly different ($P>0.05$).

- no data on that day due to early fruit cracking.

¹ Whole fruit dipping in ethephon (Ethe.) and 26% ethephon smeared on peduncle cut twice.² Averages in the same column followed by different letters are significantly different based on DMRT ($P<0.01$)**Figure 2** ‘Monthong’ durian fruits (1) commercially treated with ethephon on both peduncle-cut and whole fruit, (2) natural fruit without ethephon and AVG, (3) only 26% a.i. ethephon treated on peduncle-cut, twice, (4) 26% a.i. ethephon treated on peduncle-cut in combination with 50 mg/L AVG, (5) 26% a.i. ethephon treated on peduncle-cut in combination with 100 mg/L AVG, (6) 26% a.i. ethephon treated on peduncle-cut in combination with 150 mg/L AVG, and (7) 26% a.i. ethephon treated on peduncle-cut in combination with 200 mg/L AVG, stored at 15°C for 10 days and then transferred to 25°C for 5 days.

เมื่อประเมินคุณภาพเนื้อพบว่าผลทั้งหมดมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 34.9-39.6 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า hue ของสีเนื้ออยู่ระหว่าง 95.9-97.2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผลที่สุกตามธรรมชาติไม่มีการใช้เอทิลฟอนมีการพัฒนาสีเนื้อเมื่อผลแตกพิจารณาจากค่า b^* และ ค่า chroma เหลือน้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เท่ากับ 33.1 และ 33.4 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่บ่มด้วยเอทิลฟอนทุกวิธี นอกจากนี้ผลที่ป้ายข้าวด้วยเอทิลฟอนและได้รับ AVG เข้มข้น 150 และ 200 mg/L มีปริมาณ TSS มากที่สุด 31.7 และ 31.5 เปอร์เซ็นต์, ตามลำดับ แตกต่างจากผลที่สุกธรรมชาติ ผลที่บ่มตามกรรมวิธีของโรงคัดบรรจุ และผลที่ป้ายข้าวด้วยเอทิลฟอนที่ไม่ได้รับ AVG ทั้ง 3 กรรมวิธี (Table 2)

Table 2 Pulp quality of ‘Monthong’ durian fruits treated with and without ethephon and/or various concentrations of AVG stored at 15°C for 10 days and then transferred to 25°C until fruit dehiscence occurred.

Treatments	Firmness ² (N/cm ²)	b^* value ²	Chroma ²	Angle Hue	TSS (%) ²	Dry matter (%)
Commercial ¹	12.4±2.6 ^{ab}	40.4±1.5 ^c	40.7±1.5 ^c	97.1±0.8	29.4±0.9 ^a	38.6±2.4
Natural ripe (no Ethe./AVG)	9.2±2.7 ^{ab}	33.1±2.1 ^a	33.4±2.1 ^a	96.6±1.3	28.4±1.4 ^a	34.9±1.0
26% Ethephon (Ethe.)	10.9±1.6 ^{ab}	38.8±1.7 ^c	39.1±1.8 ^c	97.2±0.4	28.8±0.8 ^a	36.6±2.4
26% Ethe. + 50mg/L AVG	13.0±3.1 ^{ab}	35.2±1.6 ^{ab}	35.5±1.7 ^{ab}	96.9±0.6	30.7±1.1 ^{ab}	39.6±2.7
26% Ethe. +100mg/L AVG	6.8±2.4 ^a	38.6±1.38 ^c	38.8±1.3 ^c	96.4±0.5	29.8±1.2 ^{ab}	36.7±2.5
26% Ethe. +150mg/L AVG	13.2±3.5 ^b	38.2±1.4 ^{bc}	38.5±1.4 ^{bc}	95.9±0.7	31.7±1.7 ^b	38.9±3.1
26% Ethe. +200mg/L AVG	11.6±5.2 ^{ab}	37.9±2.5 ^{bc}	38.1±2.5 ^{bc}	96.5±0.5	31.5±0.7 ^b	38.4±3.3
F-test	*	**	**	ns	**	ns

Note

*, ** statistically significant difference at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively, using Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

ns non-significantly different ($P>0.05$).

² Averages in the same column followed by different letters are significantly different based on DMRT ($P<0.05$ or $P<0.01$)

เมื่อประเมินคุณภาพการรับประทานโดยผู้ชิมที่มีความคุ้นเคยและได้รับการฝึกฝนพบว่าผลทุเรียนทั้งหมดมีคุณภาพเมื่อสุกและแตกไม่แตกต่างกันทางสถิติผลสุกพอดีถึงสุกมาก (คะแนน 6.9-7.9) มีกลิ่นหอมปานกลาง (คะแนน 5.3-6.5) รสหวานมาก (คะแนน 6.0-7.1) เนื้ออ่อนนิ่มพอดีตลอดทั้งชิ้นถึงนุ่มมาก (คะแนน 6.9-8.1) มีคะแนนการยอมรับระดับปานกลางถึงมาก (คะแนน 4.5-6.4) (Table 3)

Table 3 Sensory evaluation of ‘Monthong’ durian fruits treated with and without ethephon and/or various concentrations of AVG stored at 15°C for 10 days and then transferred to 25°C until fruit dehiscence occurred.

Treatments	aroma	sweetness	texture	ripeness	acceptance
Commercial ¹	6.4±1.9	6.7±1.6	7.5±1.2	7.3±1.0	6.1±1.2
Natural ripe (no Ethe./AVG)	6.5±2.0	6.0±1.6	6.9±1.9	7.2±1.8	4.6±2.4
26% Ethe. smeared on peduncle cut, twice	5.3±2.4	7.1±1.6	7.6±1.2	7.8±1.0	5.5±1.7
26% Ethe. + 50 mg/L AVG	5.8±2.9	6.5±2.8	7.7±1.3	7.5±1.0	4.8±2.8
26% Ethe. + 100 mg/L AVG	6.3±2.7	7.0±2.2	8.1±1.0	7.9±0.9	4.5±2.4
26% Ethe. + 150 mg/L AVG	5.7±2.4	6.4±1.7	7.1±1.3	7.3±0.9	5.8±2.1
26% Ethe. + 200 mg/L AVG	5.5±2.1	6.3±1.6	6.9±1.0	6.9±0.8	6.4±1.7
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

Note

ns non-significantly different ($P>0.05$).

Acceptance score 1=unacceptable, 3=slightly accept, 5=medium accept, 7=highly accept, 9=excellence

วิจารณ์

ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยมากจึงสุกยากและไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะผลที่ไม่แก่เต็มที่ (เพ็ชรรัตน์, 2532) ผู้ส่งออกจึงจำเป็นต้องใช้สารเอทิลอนป้ายข้าวและชุบผลในการส่งออก ซึ่งโดยทั่วไปผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุทุเรียนบ่มผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยการป้ายข้าวผลด้วยเอทิลอนเข้มข้นระหว่าง 17.3 ถึง 52% a.i. ร่วมกับการชุบผลในสารละลายเอทิลอนเข้มข้น 0.09 ถึง 0.41% a.i. ขึ้นกับระดับความแก่ วิธีขนส่งอุณหภูมิปลายทาง โดยทุเรียนที่มีความแก่ 80-85% จะถูกป้ายข้าวครั้งเดียวก่อนลงกล่องร่วมกับการชุบผลส่วนทุเรียนที่มีความแก่ 75% จะถูกป้ายข้าว 2 ครั้งร่วมกับการชุบผลทั้งนี้การชุบผลด้วยสารละลายเอทิลอน 0.2% a.i. และ 0.4% a.i. มีสารตกค้างที่ปลอดภัยมากกว่ามาตรฐาน 2 mg/kg (พิรพงษ์ และคณะ, 2560) ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่มีอายุ 110 และ 120 วัน หลังดอกบาน สามารถบ่มโดยการป้ายข้าวด้วยเอทิลอน 26% a.i. จำนวน 2 ครั้ง เพียงอย่างเดียวโดยไม่ต้องชุบผลในสารละลายเอทิลอน สามารถเก็บรักษาที่ $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 10 วัน และสุกพร้อมจำหน่ายเมื่อย้ายออกวางที่ 25°C (พิรพงษ์ และคณะ, 2561)

ในงานวิจัยนี้พบว่าแม่เก็บเกี่ยวผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองแก่ 90% เมื่อนำมาเก็บรักษาหรือขนส่งทางเรือที่อุณหภูมิ $15\pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 10 วัน หากไม่มีการบ่มด้วยเอทิลอน หรือ สารปลดปล่อยเอทิลีน แล้วปล่อยให้สุกเองตามธรรมชาติ ภายหลังจากย้ายออกทดสอบการวางจำหน่ายที่ 25°C ต้องใช้เวลานานถึง 7 วัน ผลจึงสุกพอดีพร้อมจำหน่ายและผลแตกหมดเมื่อวางจำหน่ายเป็นเวลา 9 วัน มีความรุนแรงของการแตกเมื่อประเมินจากความยาวของรอยแตกน้อยที่สุด 6.4 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์สูญเสียในวันที่ผลแตกมากที่สุด 18.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ผลที่บ่มตามกรรมวิธีทางการค้าของโรงคัดบรรจุ โดยจุ่มผลในสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมเอทิลอนและป้ายข้าวด้วยเอทิลอนเข้มข้น 26% สามารถสุกภายหลังจากย้ายออกวางที่ 25°C เป็นเวลาเพียง 1 วัน แต่ผลสุกเหลืองและแตกหมดทุกผลเมื่อวางจำหน่ายเพียง 3 วันเท่านั้น และมีการปริแตกรุนแรงมากที่สุด 37.2% แม้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเพียง 13.8% จะเห็นว่าหากไม่มีการใช้เอทิลอน กระตุ้นการสุกก่อนการส่งออกหรือเก็บรักษาในสภาพเย็นผลทุเรียนต้องใช้เวลานานจึงสุกทำให้สินค้าค้างอยู่บนชั้นจำหน่ายสินค้าเป็นเวลานานและเมื่อสุกพร้อมจำหน่ายก็แตกภายใน 2 วัน ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้ค้าปลีก

ขณะที่การใช้เอทิลอนกระตุ้นการสุกโดยการชุบและป้ายข้าวผลด้วยสารละลายเอทิลอนก่อนการส่งออกทำให้ผลสุกทันทีที่ย้ายออกวางจำหน่ายที่ 25°C ได้เพียง 1 วัน และผลก็แตกภายในเวลา 3 วันเท่านั้นบ่งชี้ว่าเอทิลีนมีผลต่อการปริแตกของเปลือกทุเรียนมากกว่าการสูญเสีย น้ำ สอดคล้องกับรายงานของ Sriyook *et al.* (1994) ซึ่งเปลือกทุเรียนมีการผลิตเอทิลีนและการหายใจมากกว่าส่วนเนื้อผล ในทุเรียนพันธุ์ชะนีพบว่าเปลือกมีอัตราการหายใจ $550 \text{ mgCO}_2/\text{kg.h}$ และมีอัตราการผลิตเอทิลีน $170 \mu\text{L}/\text{kg.h}$ ซึ่งมากกว่าส่วนเนื้อ 5 และ 100 เท่า ตามลำดับ (Booncheram and Siriphanich, 1991) ดังนั้นการสุกและแตกของผลทุเรียนจึงขึ้นกับอัตราการผลิตเอทิลีนที่เปลือกผล แต่ผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองมีการหายใจและการผลิตเอทิลีนน้อยมากจึงสุกยากและไม่สม่ำเสมอ (เพ็ชรรัตน์, 2532) จำเป็นต้องใช้เอทิลีนกระตุ้น แต่การชุบผลในสารละลายเอทิลอนทำให้ผลแตกด้วย จึงควรใช้เอทิลอนป้ายข้าวเพียงอย่างเดียวเพื่อกระตุ้นการสุกของเนื้อ จากนั้นใช้สารละลาย AVG ซึ่งเป็นสารยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase ในการเปลี่ยน S-adenosylmethionine (SAM) เป็น ACC ในกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีน (Adam and Yangs, 1979; Arshad and Frankenberger, 2002; Konze and Kwiatowski, 1981) ผสมร่วมกับสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราชุบผลเพื่อป้องกันการแตกของเปลือกผลอื่นเนื่องจากเอทิลีนที่สร้างระหว่างการสุก โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ AVG 100 และ 200 mg/L สามารถยับยั้งการแตกของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองเมื่อย้ายออกวางจำหน่ายที่ 25°C ได้ถึง 6.2 วัน แม้ว่าผลสุกไปแล้วตั้งแต่ 3 วันแรกที่ย้ายออกทดสอบการวางจำหน่าย ดังนั้นการใช้ AVG ชุบผลขณะที่ใช้เอทิลอนป้ายข้าวเพียงอย่างเดียวจึงเป็นกรรมวิธีที่ดี โดยเอทิลอนยังคงกระตุ้นการสุกของเนื้อได้ตามปกติ ขณะที่ AVG ยับยั้งการแตกของเปลือกทุเรียน

สรุป

การชุบผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ระดับความแก่ 90 % ในสารละลายป้องกันกำจัดเชื้อราที่ผสมสาร AVG เข้มข้น 100 และ 200 mg/L ร่วมกับการป้ายข้าวผลด้วยสารละลายเอทิลอนเข้มข้น 26% จำนวน 2 ครั้ง ห่างกันเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เป็นวิธีการที่เหมาะสม สามารถเก็บรักษาผลทุเรียนในสภาพจำลองการขนส่งทางเรือที่ 15°C เป็นเวลา 10 วัน ได้ และผลสุกเมื่อย้ายออกทดสอบการวางจำหน่ายที่ 25°C เป็นเวลา 3 วัน และแตกเมื่อวางเป็นเวลา 6.2 วัน โดยเนื้อยังมีคุณภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณและสารริเทน จาก บริษัท โซดัส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

เอกสารอ้างอิง

พิรพงษ์ แสงวงวงศ์กุล, ยุพิน อ่อนศิริ และ เจริญ ขุนพรม. 2560. สารเอทิลอนตกค้างในผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองภายหลังเก็บรักษาในสภาพจำลองการส่งออกทางเรือ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48 (3) (พิเศษ): 193-196.

- พิรพงษ์ แสงวนวงศ์กุล, ยุพิน อ่อนศิริ และ เจริญ ชุนพรม. 2561. การใช้เอทิลฟอนบ่มผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองระหว่างการส่งออกทางเรือภายใต้มาตรฐานสารพิษตกค้าง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49 (4) (พิเศษ): 371-374.
- พิรพงษ์ แสงวนวงศ์กุล, ยุพิน อ่อนศิริ และ จิตติมา จิระโพธิ์ธรรม. 2562. ผลเฉพาะกาลของ 1-MCP ต่อการแตกของผลทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่ได้รับสารเอทิลฟอนเพื่อการส่งออก. ใน การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 17, 11 – 12 กรกฎาคม 2562, เดอะรีเจนท์ เซอ์อัมบิ ริสอร์ท, เพชรบุรี
- เพชรรัตน์ บุญเจิม. 2532. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลทุเรียน 3 พันธุ์ ภายหลังการเก็บเกี่ยว. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2562. สินค้าส่งออกสำคัญของไทยตามโครงสร้างสินค้าส่งออก (โลก). แหล่งที่มา: <http://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomRecode&ImExType=1&Lang=Th>, 17 เม.ย. 2562.
- Adams, D.O. and S.F. Yangs. 1979. Ethylene biosynthesis: Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 76 (1): 170-174.
- Arshad, M. and W.T. Frankenberger (jr). 2002. *Ethylene: Agricultural Sources and Applications*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- Booncherm, P. and J. Siriphanich. 1991. Postharvest physiology of durian pulp and husk. *Kasetsart Journal Natural Science Supplement* 25 (5): 119-125.
- Konze, J.R. and G.M.K. Kwiatowski. 1981. Rapidly induced ethylene formation after wounding is controlled by the regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthesis. *Planta* 151: 327-330.
- Manriquez, D., B. Defilippi and J. Retamales. 1999. AVG, an ethylene biosynthesis inhibitor: its effects on ripening and softening in kiwifruit. *Acta Horticulturae* 498: 263-268.
- Sriyook, S., S. Siratiwat and J. Siriphanich. 1994. Durian fruit dehiscence-Water status and ethylene. *HortScience* 29 (10): 1195-1198.
- Valdés, H., M. Pizarro, R. Campos-Vargas, R. Infante and B.G. Defilippi. 2009. Effect of ethylene inhibitors on quality attributes of apricot cv. Modesto and Patterson during storage. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69 (2): 134-144
- Xie, Xingbin, Todd Einhorn and Yan Wang. 2015. Inhibition of ethylene biosynthesis and associated gene expression by aminoethoxyvinylglycine and 1-methylcyclopropene and their consequences on eating quality and internal browning of 'Starkrimson' pears. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 140: 587-596.