

## ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการลดอาการสะท้อนหนาวของผลพุทรา Effect of Methyl Jasmonate on Reducing Chilling Injury in Jujube

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย<sup>1,2</sup> ชัยรัตน์ เตชะวุฒิปพร<sup>3</sup> และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์<sup>1,2</sup>  
Panida Boonyarittthongchai<sup>1,2</sup> Chairat Techavuttiporn<sup>3</sup> and Sirichai Kanlayanarat<sup>1,2</sup>

### Abstract

The effect of 0.1 and 1.0  $\mu\text{M}$  methyl jasmonate (MeJA) on chilling injury of jujubes stored at 10 °C was studied. Fruits were fumigated with MeJA for 8 hr at 20°C, and then stored at 10°C. The physical and biochemical changes were observed every 3 days. The results showed that the color of MeJA-treated fruits changed more than that of the non-treated fruits with decreasing hue values during storage. The symptoms of chilling injury in 0.1  $\mu\text{M}$  MeJA-treated fruits were reduced more than those in the other treatments. MeJA could delay CI occurrence in jujubes which showed CI symptoms on day 12 in storage, whereas non-treated fruits showed the symptoms on day 9. Moreover, the non-treated fruits showed higher lipoxygenase (LOX) activity than the treated fruits during 9 days in storage. Thereafter, the activity was decreased till the end of storage. The MeJA-treated jujubes showed higher superoxide dismutase (SOD) activity than non-treated fruits during storage. The non-treated and 0.1  $\mu\text{M}$  MeJA-treated fruits showed no significant difference in peroxidase (POD) activity during storage.

**Keywords:** chilling injury, jujube, methyl jasmonate

### บทคัดย่อ

ผลพุทรารมด้วยเมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate, MeJA) 0.1 และ 1 ไมโครโมลาร์เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และศึกษาอาการสะท้อนหนาว พบว่า พุทราที่ผ่านการรมด้วย MeJA เปลี่ยนแปลงสีเปลือกมากกว่าพุทราชุดควบคุมโดยมีค่า hue ลดลงตลอดในระหว่างการเก็บรักษา การรมด้วย MeJA ชะลอการเกิดอาการสะท้อนหนาว โดยผลพุทราที่ผ่านการรมด้วย MeJA ทั้งสองความเข้มข้นเริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาวในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่พุทราชุดควบคุมเริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาวในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ผลพุทราชุดที่ไม่ได้รมด้วย MeJA (ชุดควบคุม) มีกิจกรรมเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (LOX) สูงกว่าผลที่รมด้วย MeJA ในระหว่างการเก็บรักษา 9 วัน หลังจากนั้นผลพุทราชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA มีกิจกรรมเอนไซม์ LOX สูงกว่าชุดควบคุม และพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) ของพุทราที่รมด้วย MeJA มีกิจกรรมสูงกว่าผลที่ไม่ได้รมด้วยสารตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา พุทราชุดควบคุมและชุดที่รมด้วย MeJA 0.1 ไมโครโมลาร์ มีกิจกรรมเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POD) ไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา

**คำสำคัญ:** อาการสะท้อนหนาว พุทรา เมทิลจัสโมเนต

### คำนำ

ในปัจจุบันพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ลกำลังเป็นที่นิยมของท้องตลาด ตลอดจนส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะ จีน ไต้หวัน อินโดนีเซีย ฮองกง แคนาดา และยุโรป แต่ปัญหาที่พบได้แก่ การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว (ประมาณ 2-5 วัน) เช่นการเหี่ยวเน่า เกิดการเน่าจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ผลพุทราเป็นผลไม้ที่เกิดการชอกช้ำและบาดแผลได้ง่ายเนื่องจากมีเปลือกค่อนข้างบาง อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถชะลอการเสื่อมสภาพดังกล่าวได้ แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไปส่งผลให้เกิดอาการสะท้อนหนาว (chilling injury, CI) และถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงทำให้เชื้อราชนิดต่าง ๆ เจริญเติบโตได้ดี ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับการขนส่งและการเก็บรักษาของพุทรา ดังนั้นหากสามารถยับยั้งหรือลดการเกิดอาการสะท้อนหนาว และการเน่าเสียรวมทั้งการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วของผลพุทรา

<sup>1</sup> หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

<sup>2</sup> Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

<sup>2</sup> Postharvest Innovation Center, Commission of Higher Education, Bangkok 10400

<sup>3</sup> สำนักวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยคริสเตียน นครปฐม 73000

<sup>3</sup> School of Food Technology and Nutrition, College of Allied Health Sciences, Christian University of Thailand, Nakhon Pathom 73000

หลังการเก็บเกี่ยวได้ก็จะสามารถลดปัญหาดังกล่าว การลดอาการสะท้อนหนาวสามารถทำได้ด้วยการใช้สารเมทิลจัสโมเนท (methyl jasmonate, MeJA) ซึ่งมีรายงานใน มะม่วง อะโวคาโด มะละกอ และแตงกวา (Wang and Buta, 1994; Meir *et al.*, 1998; González-Aguilar *et al.*, 2000; González-Aguilar *et al.*, 2003) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาถึงการใช้ สาร MeJA เพื่อลดอาการสะท้อนหนาวของผลพุทรา ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

**อุปกรณ์และวิธีการ**

นำผลพุทราพันธุ์บอมแอปเปิ้ลจากสวนของเกษตรกรจังหวัดสมุทรสาครมาคัดเลือกผลที่ปราศจากตำหนิ และการเข้าทำลายของโรค และแมลงต่างๆ ขนาดใกล้เคียงกัน ทำการขนส่งโดยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการสายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน แล้วนำไปรมด้วยสาร MeJA ที่ความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร ในถังรมที่ปิดสนิท นาน 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำผลพุทราใส่ตะกร้าพลาสติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 90 ทำการบันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน โดยทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่าสี hue angle คะแนนการเกิดอาการ chilling injury กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส (LOX) และซูเปอร์ออกไซด์สมิวเทส (SOD)

**ผล**

การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle พบว่า ผลพุทราในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ลดลงตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 21) พบว่า ชุดควบคุมมีค่า hue angle มากที่สุดเท่ากับ 111.16 รองลงมาคือ พุทราที่รมด้วยสารเมทิลจัสโมเนทที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร โดยมีค่า hue angle เท่ากับ 107.21 และ 107.16 ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดช่วงอายุการเก็บรักษา (Figure 1)

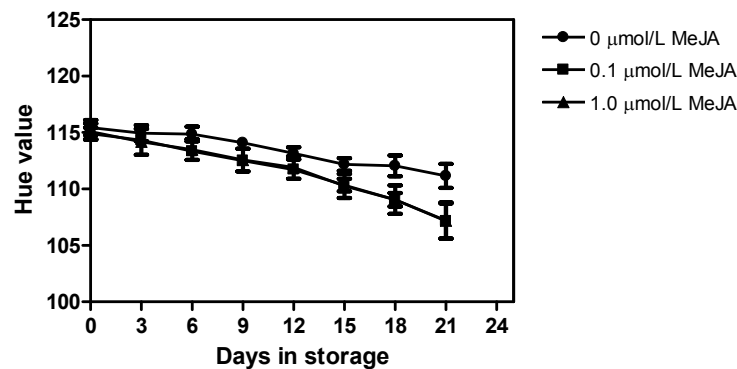


Figure 1 Hue value of jujubes fumigated with methyl jasmonate (MeJA) for 8 hours at 20°C and stored at 10°C and 90%RH

ผลพุทราชุดควบคุมเริ่มเกิดอาการสะท้อนหนาว โดยมีจุดสีดำที่ผิว (น้อยกว่าร้อยละ 25 ของพื้นที่ผิว) ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา พุทราชุดที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนททั้งสองความเข้มข้นเริ่มแสดงอาการสะท้อนหนาววันที่ 12 ของการเก็บรักษา โดยชุดที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนท 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีจุดสีน้ำตาลมากกว่าชุดที่รมด้วย 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร พุทราที่ผ่านการรมด้วยเมทิลจัสโมเนท 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กกระจายบนพื้นผิวมากกว่าร้อยละ 25 ในขณะที่พุทราที่ผ่านการรมด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.1 ไมโครโมลต่อลิตร มีจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กกระจายบนพื้นผิวน้อยกว่าร้อยละ 25 (Figure 2)

กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซิจีเนส (LOX) ในทุกชุดการทดลองพบว่า ผลพุทราชุดควบคุม ชุดที่รมด้วย MeJA 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เริ่มต้นเท่ากับ 12.37, 13.45 และ 17.16 units/mg protein ตามลำดับ ผลพุทราที่รมด้วย MeJA มีกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา 6 วัน หลังจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา พุทราชุดควบคุม และชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เท่ากับ 8.15 9.67 และ 13.91 units/mg protein ตามลำดับ ผลพุทราทุกชุดทดลองมีแนวโน้มกิจกรรมของเอนไซม์ LOX ลดลงจนถึงสุดอายุการเก็บรักษา ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลพุทราชุดควบคุม และชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX เท่ากับ 6.42, 5.38 และ 7.35 units/mg protein ตามลำดับ (Figure 3)

ผลพหุพหุชาชุดควบคุม และชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) เท่ากับ 84.13, 65.08 และ 152.38 units/mg protein ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผลพหุพหุชาชุดที่ได้รับ MeJA 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมเอนไซม์ SOD เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงที่สุด (173.02 unit/mg protein) ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นพหุพหุชาชุดการทดลองมีกิจกรรมของ เอนไซม์ SOD ลดลง โดยในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ผลพหุพหุชาชุดควบคุม และชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD เท่ากับ 14.29, 53.97 และ 30.16 units/mg protein ตามลำดับ หลังจากนั้นกิจกรรมเอนไซม์ SOD ของผลพหุพหุชาชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลพหุพหุชาชุดควบคุม และชุดที่ผ่านการรมด้วย MeJA 0.1 และ 1.0 ไมโครโมลต่อลิตร มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD เท่ากับ 147.62, 147.62 และ 180.95 units/mg protein ตามลำดับ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลพหุพหุชาชุดที่ไม่ผ่านการรมด้วย MeJA มีกิจกรรมเอนไซม์ SOD ต่ำว่าพหุพหุชาชุดที่รมด้วย MeJA (Figure 4)

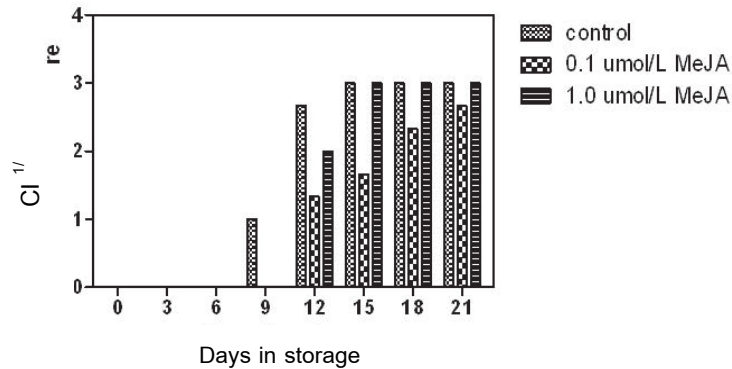


Figure 2 Chilling injury (CI) scores of jujubes fumigated with methyl jasmonate (MeJA) for 8 hours at 20°C and stored at 10°C and 90%RH. <sup>1/</sup>Score 0 = No CI symptoms, 1 = CI symptoms < 25% of surface area, 2 = CI symptoms 26-50% of surface area, 3 = CI symptoms > 51% of surface area.

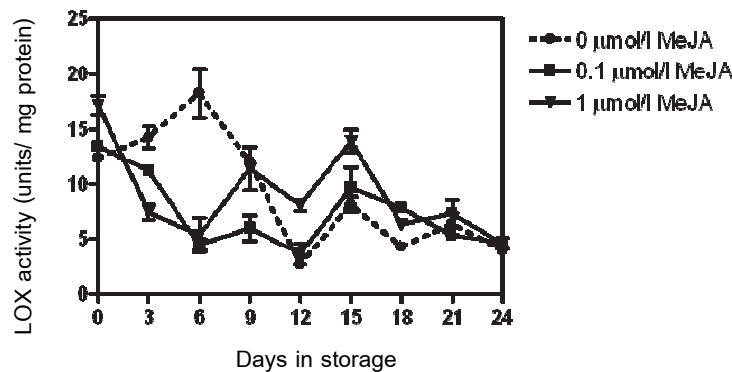


Figure 3 Lipoxigenase (LOX) activity of jujubes fumigated with methyl jasmonate (MeJA) for 8 hours at 20°C and stored at 10°C and 90%RH

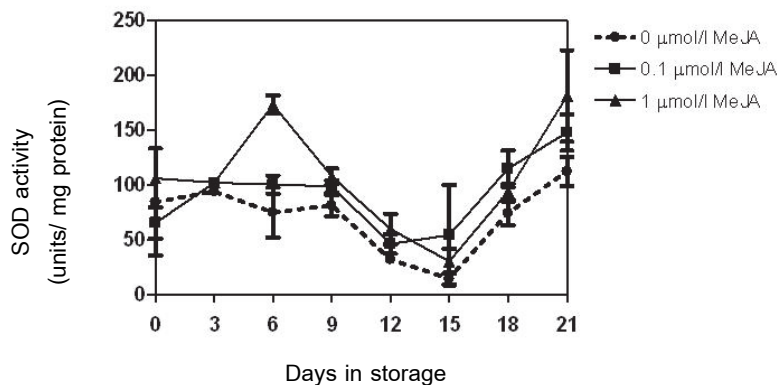


Figure 4 Superoxide dismutase (SOD) activity of jujubes fumigated with methyl jasmonate (MeJA) for 8 hours at 20°C and stored at 10°C and 90%RH

### วิจารณ์ผล

พุทราชุดที่รมด้วย MeJA มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกมากกว่าชุดควบคุม อาจเนื่องจาก MeJA กระตุ้นการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (Abeles *et al.*, 1988) โดยสามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีนในระหว่างกระบวนการสุกของมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride แต่การตอบสนองต่อ MeJA ก็มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโต โดย MeJA สามารถกระตุ้นหรือยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase และ ACC oxidase พุทราที่ผ่านการรมด้วย MeJA พบอาการระคายเคืองน้อยกว่าพุทราชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจาก MeJA เป็นสัญญาณโมเลกุลขนาดเล็กในพืช ที่สามารถป้องกันการเกิดอาการระคายเคืองได้ (Fallik, 2004) โดยเมื่อได้รับ MeJA เซลล์ของพืชจะกระตุ้นกลไกการป้องกันซึ่งถูกผลิตมาจากเมทาบอลิซึมขั้นที่สอง และส่งสัญญาณการแสดงออก การสะสมของยีนจะเกี่ยวข้องกับการลดลงของอาการระคายเคือง เช่น ในผลไม้เชือกเทศ และพริกหวาน (Meir *et al.*, 1996; Ding *et al.*, 2002) พุทราที่ผ่านการรมด้วย MeJA มีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD สูงกว่าชุดควบคุม โดย MeJA สามารถป้องกันเซลล์เมมเบรนโดยไปลดกระบวนการเพอร์ออกซิเดชันของเมมเบรน และรักษา กิจกรรมของเอนไซม์ SOD ให้สูงในผลสตรอบอริในสภาวะขาดน้ำ (Wang, 1994) กิจกรรมของเอนไซม์ LOX ของพุทราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้ LOX เกี่ยวข้องกับการเกิดอาการระคายเคือง ขณะที่ LOX เพิ่มขึ้น อาการระคายเคืองก็เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยปกติ LOX เป็นเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมัน ได้แก่ กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก ซึ่งพบมากในเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช กิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซิจีเนสเกิดขึ้นหลังจากที่กรดไขมันได้ถูกย่อยออกมาจากโมเลกุลของฟอสโฟลิปิด และผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการสลายตัวของกรดไขมันจะได้ มาลอนไดอัลดีไฮด์ และถ้าหากมีปริมาณของสารพวก ไฮโดรคาร์บอนและแอลดีไฮด์เหล่านี้ ส่งผลให้เยื่อหุ้มเปลี่ยนแปลงสถานะมีสภาพเป็นเจลมากขึ้น และยอมให้สารผ่านเข้าออกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพุทราชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ LOX สูงกว่าพุทราชุดที่รมด้วย MeJA

### สรุป

การรมพุทราด้วย MeJA 0.1 ไมโครโมลต่อลิตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะลดการเกิดอาการระคายเคือง ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส โดยผลพุทราที่ผ่านการรมด้วย MeJA เริ่มแสดงอาการระคายเคืองในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่พุทราชุดควบคุมเริ่มแสดงอาการระคายเคืองในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา พุทราที่รมเมทิลจัสมอนีนที่มีกิจกรรมเอนไซม์ LOX ต่ำกว่าชุดควบคุม กิจกรรมเอนไซม์ SOD สูงกว่าชุดควบคุม

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำหรับทุนสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Albeles, F.B., L.J. Dunn, P. Morgens, A. Callahan, R.E. Dinterman and J. Schmidt. 1988. Introduction of 33-kD and 60-kD peroxidase during ethylene induce senescence of cucumber cotyledons. *Plant Physiology* 87: 609-615.
- Ding, C.K., C.Y. Wang, K.C. Gross and D.L. Smith. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta* 214: 895-901.
- Fallik, E., Z. Ilic, S. Tuvia-Alkalai, A. Copel and Y. Poleyeva. 2002. A short hot water rinsing and brushing reduces chilling injury and enhance resistance against *Botrytis cinerea* in fresh harvested tomato. *Adv. Hortic. Sci.* 16: 3-6.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., J.G. Buta and C.Y. Wang. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'. *Postharvest Biol. Technol.* 28: 361-370.
- González-Aguilar, G.A., J. Fortiz and C.Y. Wang. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 48: 515-519.
- Meir, S., S. Droby, H. Davidson, S. Alsevia, L. Cohen, B. Horev and S. Philosoph-Hadas. 1998. Suppression of *Botrytis* rot in cut rose flowers by postharvest application of methyl jasmonate. *Postharvest Biol. Technol.* 13: 235-243.
- Wang, C.Y. and G. Buta. 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Curcubita pepo* through its regulation of abscisic and polyamine levels. *Environ. Exp. Bot.* 43: 427-432.