

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของกรดซาลิซิลิกและเมทิลจัสโมเนตต่ออาการสะท้าน
หนาวและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วง
น้ำดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ผู้เขียน

นางสาวชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ดุสิตบัณฑิต (ชีววิทยา)

คณะกรรมการที่ปรึกษา

ผศ. ดร. กอบเกียรติ แสงนิล	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. จำนงค์ อุทัยบุตร	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
รศ. ดร. ดนัย บุญเกียรติ	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

อาการสะท้านหนาวเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดจากอุณหภูมิต่ำ มีผลลดคุณภาพผลมะม่วงและคุณภาพการยอมรับของตลาด การเก็บผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่อาจทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวขึ้นได้เช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการศึกษาหาวิธีการป้องกันหรือลดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การทดลองนี้มุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพของกรดซาลิซิลิก (salicylic acid, SA) และเมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate, MJ) ในการลดอาการสะท้านหนาวและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพผลและการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) โดยแบ่งเป็น 3 การทดลอง เพื่อศึกษาผลของ SA และ MJ ต่อ 1) อาการสะท้านหนาวและคุณภาพผล 2) อนุมูลอิสระและความเสียหายออกซิเดชันของเยื่อหุ้ม และ 3) ระบบต้านอนุมูลอิสระของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

นำผลมะม่วงจุ่มลงใน SA และ MJ ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 1 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ± 1 $^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 42 วัน สุ่มตัวอย่างผลทุกๆ 7 วัน เพื่อวิเคราะห์การตอบสนองต่ออาการสะท้านหนาวของผล พบว่าผลเริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวโดยเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลตั้งแต่วันที่ 21 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 $^{\circ}\text{C}$ และอาการรุนแรงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น นอกจากนี้ยังพบอาการรอยไหม้ที่เปลือกผล และสีน้ำตาลที่เนื้อผลชั้นในสุด แต่เกิดในระดับต่ำตั้งแต่วันที่ 35 และ 42 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้ไม่พบอาการสะท้านหนาวในส่วนเนื้อผล การใช้ SA 0.1 และ 1 มิลลิโมลาร์ และ MJ 0.1 มิลลิโมลาร์ สามารถลดอาการ

สะท้อนหาความเสียหายที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C ได้ โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 42) มีอาการสะท้อนหาความเสียหายลดลง 20, 70 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้การใช้ SA และ MJ ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C และคุณภาพของผลสุก อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้รับ SA 0.1 และ 1 มิลลิโมลาร์ และ MJ 0.1 มิลลิโมลาร์ มีความสว่างของเปลือกผลสูงกว่าผลชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 28-42 ของการเก็บรักษา และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลได้นาน 35, 42 และ 28 วัน ตามลำดับ โดยคุณภาพของผลยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่ผลชุดควบคุมมีอายุเพียง 21 วันเท่านั้น ทั้งนี้ SA 1 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดอาการสะท้อนหาความเสียหายคุณภาพของผลระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C

การสร้างและสะสมอนุมูลอิสระ (free radicals) กลุ่ม reactive oxygen species (ROS) ได้แก่ ซูเปอร์ออกไซด์ เรดิคัล (superoxide radical, $O_2^{\bullet-}$) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) และไฮดรอกซิล เรดิคัล (hydroxyl radical, $OH^{\bullet}$) เกิดขึ้นรวดเร็วและเพิ่มขึ้นในส่วนเปลือกและเนื้อผลมะม่วงระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C ก่อให้เกิดความเสียหายออกซิเดชันของเยื่อหุ้มซึ่งวัดได้จากกิจกรรมของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase, LOX) ปริมาณมาลันไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) และการรั่วไหลของประจุ (electrolyte leakage, EL) ที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาทั้งในส่วนเปลือกและเนื้อผล การใช้ SA และ MJ มีผลลดการสะสมของปริมาณ ROS และลดความเสียหายออกซิเดชันของเยื่อหุ้มของผลระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยปริมาณ $O_2^{\bullet-}$, H_2O_2 , $OH^{\bullet}$ และ MDA และกิจกรรมของ LOX และ EL ในส่วนเปลือกและเนื้อของผลที่ได้รับ SA 0.1 และ 1 มิลลิโมลาร์ และ MJ 0.1 มิลลิโมลาร์ มีค่าต่ำกว่าผลชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C ทั้งนี้ SA 1 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความเสียหายออกซิเดชันของเยื่อหุ้มของผลซึ่งสัมพันธ์กับการลดปริมาณ ROS ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

กิจกรรมของเอนไซม์แคตาเลส (catalase, CAT) ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส (superoxide dismutase, SOD) และแอสคอร์เบต เปอร์ออกซิเดส (ascorbate peroxidase, APX) ของผลมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดในวันที่ 7, 21 และ 28 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงลดลงเรื่อยๆ ขณะที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิก และกลูตาไธโอนทั้งหมดลดลงเรื่อยๆ ตลอดการเก็บรักษา ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพรวมในการต้านอนุมูลอิสระ (total antioxidant capacity, TAC) วิเคราะห์โดยวิธี DPPH และ ABTS เพิ่มขึ้นในช่วง 21 วันแรก หลังจากนั้นค่อยๆ ลดลง การใช้ SA และ MJ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต้านอนุมูลอิสระทั้งกลุ่มที่เป็นเอนไซม์ และไม่เอนไซม์ได้ โดยกิจกรรมของ SOD, CAT และ APX และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กรดแอสคอร์บิก และกลูตาไธโอนทั้งหมด และ TAC ในส่วนเปลือกและ

เนื้อของผลที่ได้รับ SA 0.1 และ 1 มิลลิโมลาร์ และ MJ 0.1 มิลลิโมลาร์ มีค่าสูงกว่าผลชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดย SA 1 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต้านอนุมูลอิสระของผลในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้พบความสัมพันธ์สูงระหว่างกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้กับการแสดงออกของยีนของเอนไซม์ดังกล่าวในผลที่ได้รับ SA 1 มิลลิโมลาร์

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำชักนำการสะสมของอนุมูลอิสระ ROS พร้อมกับชักนำให้มีการเพิ่มขึ้นของระบบต้านอนุมูลอิสระ แต่ประสิทธิภาพของระบบต้านอนุมูลอิสระในผลลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานมากกว่า 21 วัน ทำให้มีปริมาณ ROS มากเกินไป ชักนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งเป็นสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเยื่อหุ้มจนส่งผลให้เกิดอาการระคายเคืองขึ้นในผลหลังวันที่ 21 ของการเก็บรักษา การใช้ SA และ MJ สามารถลดอาการระคายเคืองได้ และมีผลเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต้านอนุมูลอิสระกลุ่มที่เป็นเอนไซม์ (SOD, CAT และ APX) และกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์ (สารประกอบฟีนอล กรดแอสคอร์บิก และกลูตาไธโอน) พร้อมกับมีศักยภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ (TAC) สูงขึ้นด้วย ดังนั้นสามารถนำ SA และ MJ ไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มความทนทานต่ออาการระคายเคือง และรักษาคุณภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 เพื่อขยายตลาดการส่งออกผลมะม่วงไทยนี้ไปยังยุโรปและอเมริกาซึ่งต้องใช้เวลาในการขนส่งผลภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำ

Thesis Title	Effects of Salicylic Acid and Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Postharvest Quality of ‘Nam Dok Mai’ Mango Fruit During Low Temperature Storage		
Author	Ms. Chanikan Junmatong		
Degree	Doctor of Philosophy (Biology)		
Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Kobkiat Saengnil	Advisor	
	Asst. Prof. Dr. Jamnong Uthaibutra	Co-advisor	
	Assoc. Prof. Dr. Danai Boonyakiat	Co-advisor	

ABSTRACT

Chilling injury (CI) is a physiological disorder caused by low temperatures that reduces the overall quality and market quality of mangoes. Low temperature storage can extend shelf life of mangoes, which may suffer from CI. So, it is necessary to find the methods for protecting or reducing CI of mango fruit during low temperature storage. In this study, the efficacy of salicylic acid (SA) and methyl jasmonate (MJ) in reducing CI symptoms and biochemical changes associated with quality and CI development of Nam Dok Mai No. 4 mango fruits stored at 5 °C were investigated. The research was divided into 3 experiments to study the effects of SA and MJ on 1) chilling injury and fruit quality 2) free radical and oxidative membrane damage and 3) antioxidant defense system of mango fruit cv. Nam Dok Mai No. 4 during low temperature storage.

Mango fruits were dipped in SA and MJ at the concentrations of 0.1 and 1 mM for 10 minutes and stored at 5±1 °C with 90±2% relative humidity for 42 days. Fruits were randomly sampled every 7 days to determine the response to CI of mangoes. CI symptom was manifested as exocarp browning on Day 21 of storage at 5 °C and the severity increased with the storage time. Low levels of surface pitting and endocarp browning appeared after storage for 35 and 42 days. Unlike the exocarp, the mesocarp did not show any CI symptoms. Treatments with 0.1 and 1 mM SA and 0.1 mM MJ

reduced CI symptoms significantly at the end of storage (Day 42) by 20, 70 and 20% respectively. SA and MJ treatments did not affect fruit quality during storage at 5 °C and at ripening stage. The fruits treated with 0.1 and 1 mM SA and 0.1 mM MJ exhibited more brightness of the exocarp during Days 28-42 of storage. The storage life was also prolonged for 35, 42 and 28 days respectively whereas the control fruits could be stored for only 21 days. The 1 mM SA was most effective in reducing CI symptoms and maintaining fruit quality during low temperature storage at 5 °C.

Reactive oxygen species (ROS) such as superoxide radical ($O_2^{\bullet-}$), hydrogen peroxide (H_2O_2) and hydroxyl radical ($OH^{\bullet}$) production and accumulation increased rapidly with time in the exocarp and mesocarp of mango fruit cv. Nam Dok Mai No. 4 under storage at 5 °C. Oxidative membrane damage indicated by lipoxxygenase (LOX) activity, malondialdehyde (MDA) content and electrolyte leakage (EL) increased with storage time in the exocarp and mesocarp of mango. SA and MJ treatments reduced ROS accumulation and oxidative membrane damage of mango during low temperature storage. The contents of $O_2^{\bullet-}$, H_2O_2 , $OH^{\bullet}$ and MDA, activity of LOX and EL in both exocarp and mesocarp of 0.1 and 1 mM SA and 0.1 mM MJ treated fruits were lower than those in the control fruits throughout storage time at 5 °C. The 1 mM SA was most effective in reducing oxidative membrane damage associated with reducing ROS levels during low temperature storage.

Catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and ascorbate peroxidase (APX) activities of mango fruit cv. Nam Dok Mai No. 4 increased and reached the peak at Days 7, 21 and 28 respectively during storage at 5 °C and then decreased afterwards. Ascorbic acid and total glutathione contents decreased throughout storage time. Total phenolic content and total antioxidant capacity (TAC) analyzed by DPPH and ABTS methods increased during the first 21 days and decreased afterwards. SA and MJ treatments enhanced the antioxidant defense system including both enzymatic and non-enzymatic antioxidants. The activities of SOD, CAT and APX and contents of total phenolic compounds, ascorbic acid and total glutathione and TAC in the exocarp and mesocarp of the fruits treated with 0.1 and 1 mM SA and 0.1 mM MJ were higher than

those in the control fruits throughout storage time. The 1 mM SA was most effective in enhancing antioxidant defense system during low temperature storage. Close relation between activities of the antioxidant enzymes and gene expressions of antioxidant enzymes was found in 1 mM SA treated fruits.

Low temperature storage induced ROS accumulation concomitant with increased antioxidant defense system. The capability of the antioxidant defense system in fruits decreased when the storage time was more than 21 days. Excess ROS induced lipid peroxidation and caused oxidative membrane damage resulting in the appearance of CI symptoms after Day 21 of storage. SA and MJ treatments reduced CI symptoms and activated the antioxidant defense system including an increase in both enzymatic (SOD, CAT and APX) and non-enzymatic (phenolic compounds, ascorbic acid and glutathione) antioxidants concurrent with a high ROS scavenging capacity (TAC). SA and MJ treatments could be applied for the improvement of CI tolerance and maintain the quality of Nam Dok Mai No. 4 mango fruits in order to expand markets to Europe and America where a longer time of transport under low temperature is required.