Agricultural Sci. J. 46 : 3/1 (Suppl.) : 149-152 (2015) ว. วิทย. กษ. 46 : 3/1 (พิเศษ) : 149-152 (2558)

ผลของเมทิลจัสโมเนตต่ออาการสะท้านหนาวและระบบต้านอนุมูลอิสระในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

Effect of Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Antioxidant Defense System of 'Nam Dok Mai No. 4' Mango Fruit During Low Temperature Storage

ชนิกาญจน์ จันทร์มาทอง[1] วารุณี จอมกิติชัย[2] และ กอบเกียรติ แสงนิล[3]

Chanikan Junmatong[1], Warunee Chomkitichai[2] and Kobkiat Saengnil[3]

Abstract

Chilling injury (CI) is a physiological disorder occurring in mango fruit during storage at low temperature, leading to reduce fruit quality and market value. The aim of this study was to evaluate the effect of methyl jasmonate (MJ) on CI and antioxidant defense system of 'Nam Dok Mai No. 4' mango fruit during low temperature storage. Mango fruits at commercial maturity were immersed in 0, 0.1 and 1 mM MJ solutions for 10 min, stored at 5 °C for 28 days, then moved to room temperature for simulating ripening process for 7 days. CI index, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), fruit firmness and disease index (DI) of ripe fruits were measured. The results showed that only 0.1 mM MJ significantly reduced CI index, but had no effect on quality of ripe mango fruit. Studies were then conducted to determine the efficiency of 0.1 mM MJ on influencing antioxidant defense systems of the fruit during cold storage. Activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and catalase and the contents of ascorbic acid, total glutathione and total phenolic compounds in 0.1 mM MJ treated fruit was 98%, 70%, 34%, 31%, 30% and 28% higher than that of control at the end of storage, respectively. The effect of MJ on reducing CI symptom of Nam Dok Mai No. 4 mango fruit during cold storage may be attributed to its ability to induce antioxidant defense systems both enzymatic and non-enzymatic antioxidants.

Keywords: Superoxide dismutase, Ascorbate peroxidase, Total phenolic compounds

บทคัดย่อ

อาการสะท้านหนาวเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นในผลมะม่วงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้คุณภาพผลและมูลค่าทางการตลาดลดลง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate, MJ) ต่ออาการสะท้านหนาวและระบบต้านอนุมูลอิสระในผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยนำผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยวเพื่อการค้ามาจุ่มลงในสารละลาย MJ ความเข้มข้น 0 0.1 และ 1 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °ซ เป็นเวลา 28 วัน สุ่มตัวอย่างทุก 7 วัน ย้ายผลมะม่วงออกมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน เพื่อวิเคราะห์ดัชนีการเกิดอาการสะท้านหนาว ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความแน่นเนื้อ และดัชนีการเกิดโรคของผลสุก จากผลการทดลองพบว่า MJ ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ เท่านั้นที่สามารถลดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงได้ และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลสุก ต่อมาศึกษาผลของ MJ (ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์) ต่อระบบต้านอนุมูลอิสระของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ผลการทดลองพบว่าผลมะม่วงที่ได้รับ MJ มีกิจกรรมของเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส แอสคอร์เบทเปอร์ออกซิเดส และคะตะเลส และมีปริมาณกรดแอสคอร์บิค กลูตาไธโอนทั้งหมด และสารประกอบฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุมคิดเป็น 98% 70% 34% 31% 30% และ 28% ตามลำดับ ในวันที่ 28 ดังนั้นการใช้ MJ สามารถลดอาการสะท้านหนาวในมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการชักนำการเพิ่มขึ้นของระบบต้านอนุมูลอิสระทั้งกลุ่มที่เป็นเอนไซม์และกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์

คำสำคัญ: ซุปเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเทส, แอสคอร์เบท เปอร์ออกซิเดส, สารประกอบฟีนอล

---

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Biology Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

[2] Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Ratjabhat University, Uttaradit 53000

[3] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[3] Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

คำนำ

มะม่วงสามารถเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งทำให้คุณภาพและมูลค่าทางการตลาดลดลง จึงจำเป็นต้องหาวิธีป้องกันหรือลดอาการดังกล่าวที่เกิดขึ้น ที่ผ่านมามีการใช้เมทิลจัสโมเนต (methyl jasmonate, MJ) ในการลดอาการสะท้านหนาวในมะม่วงบางสายพันธุ์และผลไม้อื่นๆ ซึ่งกลไกของ MJ ในการลดอาการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มระบบต้านอนุมูลอิสระ โดยจะเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) และ ascorbate peroxidase (APX) (Cao *et al*., 2009) และเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มที่ไม่ใช่เอนไซม์ เช่น สารประกอบฟีนอล กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid, AA) และกลูตาไธโอน (glutathione, GSH) เป็นต้น (Jin *et al*., 2009; Cai *et al*., 2011) การเพิ่มขึ้นของระบบต้านอนุมูลอิสระโดยการใช้ MJ มีผลเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระ และซ่อมแซมความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เพิ่มความทนทานต่ออาการสะท้านหนาวมากขึ้น นอกจากนี้ความเข้มข้นที่เหมาะสมของ MJ ในการลดอาการสะท้านหนาวจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ของผลไม้ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ MJ ต่ออาการสะท้านหนาวและระบบต้านอนุมูลอิสระในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ในระยะเก็บเกี่ยวเพื่อการค้าจากสวนของเกษตรกร อ.เนินมะปราง จ.พิษณุโลก มาตัดก้านเหนือขั้วผลให้เหลือ 0.5 cm ทำความสะอาดด้วยน้ำและจุ่มสารละลาย 0.06 mM azoxystrobin นาน 30 วินาที ผึ่งให้แห้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทำการแช่ผลมะม่วงในสารละลาย MJ ความเข้มข้น 0, 0.1 และ 1 mM นาน 10 นาที ผึ่งผลให้แห้ง ก่อนบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 28 วัน สุ่มตัวอย่างผลทุก 7 วัน โดยจะย้ายผลมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน เพื่อวิเคราะห์ดัชนีการเกิดอาการสะท้านหนาว ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความแน่นเนื้อ และดัชนีการเกิดโรคของผลสุก ต่อมาศึกษาผลของ MJ ต่อระบบต้านอนุมูลอิสระของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยแช่ผลมะม่วงในสารละลาย MJ ความเข้มข้น 0 และความเข้มข้นที่ลดอาการสะท้านหนาวได้ดีที่สุด นาน 10 นาที ผึ่งผลให้แห้งก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C นาน 28 วัน สุ่มตัวอย่างทุก 7 วัน เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ SOD, CAT และ APX (ดัดแปลงจาก Sunohara and Matsumoto, 2004) ปริมาณกรดแอสคอร์บิค (ดัดแปลงจาก AOAC, 1990) กลูตาไธโอนทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Gronwald *et al*., 1987) และสารประกอบฟีนอลทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Singleton and Rossi, 1965)

ผล

จากการศึกษาพบว่า MJ ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถลดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้ดีที่สุด (Figure 1a) และผลมะม่วงชุดที่ได้รับ MJ มีปริมาณ TSS TA ความแน่นเนื้อ และดัชนีการเกิดโรคไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (Figure 1b-e) และเมื่อศึกษาระบบต้านอนุมูลอิสระ พบว่า MJ ความเข้มข้น 0.1 mM สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต้านอนุมูลอิสระได้ โดยชุดที่ได้รับ MJ จะมีกิจกรรมของเอนไซม์ SOD, CAT และ APX และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กรดแอสคอร์บิค และกลูตาไธโอนทั้งหมดสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C เป็นเวลา 28 วัน (Table 1)

วิจารณ์ผล

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C นาน 21 วัน แล้วนำออกมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องจะแสดงอาการสะท้านหนาว โดยเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลและมีอาการรุนแรงขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนานขึ้น แม้ว่าการใช้ MJ ก่อนเก็บรักษาผลที่อุณหภูมิต่ำจะสามารถลดอาการสะท้านหนาวได้ แต่ไม่สามารถชะลอการเกิดอาการดังกล่าวได้ โดยชุดที่ได้รับ MJ จะเริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวตั้งแต่วันที่ 21 เช่นกัน แต่มีอาการต่ำกว่าชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษา โดย MJ ความเข้มข้น 0.1 mM มีประสิทธิภาพในการลดอาการสะท้านหนาวสูงกว่า MJ 1 mM

การเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C สามารถกระตุ้นระบบต้านอนุมูลอิสระบางชนิดให้สูงขึ้น ในการทดลองนี้พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ CAT, SOD และ APX และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และสูงสุดในวันที่ 7, 21, 28 และ 21 ของการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 °C ตามลำดับ จากนั้นกิจกรรมและปริมาณดังกล่าวจะค่อยๆ ลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดแอสคอร์บิคและกลูตาไธโอนทั้งหมดลดลงเรื่อยๆ ตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (Table 1) อาจ

เป็นเพราะผลมะม่วงมีการปรับสภาพให้มีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวเพิ่มขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการกำจัดอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Junmatong *et al*. (2015) ที่พบว่าสภาพอุณหภูมิต่ำทำให้ผลมะม่วงเกิดความเครียดจึงมีการสะสมอนุมูลอิสระ ROS สูงขึ้นตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ในการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ MJ ความเข้มข้น 0.1 mM ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ SOD, CAT และ APX และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด กรดแอสคอร์บิค และกลูตาไธโอนทั้งหมดของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ให้สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญตลอดการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C ได้ (Table 1) สันนิษฐานว่าเกิดจาก MJ กระตุ้นให้มีการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระให้เพิ่มขึ้น ดังรายงานการศึกษาในผลพริกหวานที่มีการแสดงออกของยีน SOD, CAT และ APX เพิ่มขึ้นภายหลังการรมผลด้วย MJ (Fung *et al*., 2004) และ MJ ยังสามารถชักนำให้มีการสร้างสารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้น โดยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (Ali *et al*., 2007) ส่วนการใช้ MJ ช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิคและกลูตาไธโอนทั้งหมดได้นั้น เกิดจาก MJ ช่วยรักษาปริมาณกรดแอสคอร์บิคและกลูต้าไธโอนในรูปรีดิวซ์ซึ่งเป็นรูปที่สามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ โดย MJ มีผลเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ MDHAR และ DHAR ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนกรดแอสคอร์บิคจากรูปออกซิไดส์กลับมาเป็นรีดิวซ์ และเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ GR ที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนกลูต้าไธโอนจากรูปออกซิไดส์กลับมาเป็นรีดิวซ์ ดังรายงานการศึกษาในผลโลควอท (Cai *et al*., 2011) จะเห็นได้ว่าการได้รับ MJ ส่งผลเพิ่มศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระและลดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้

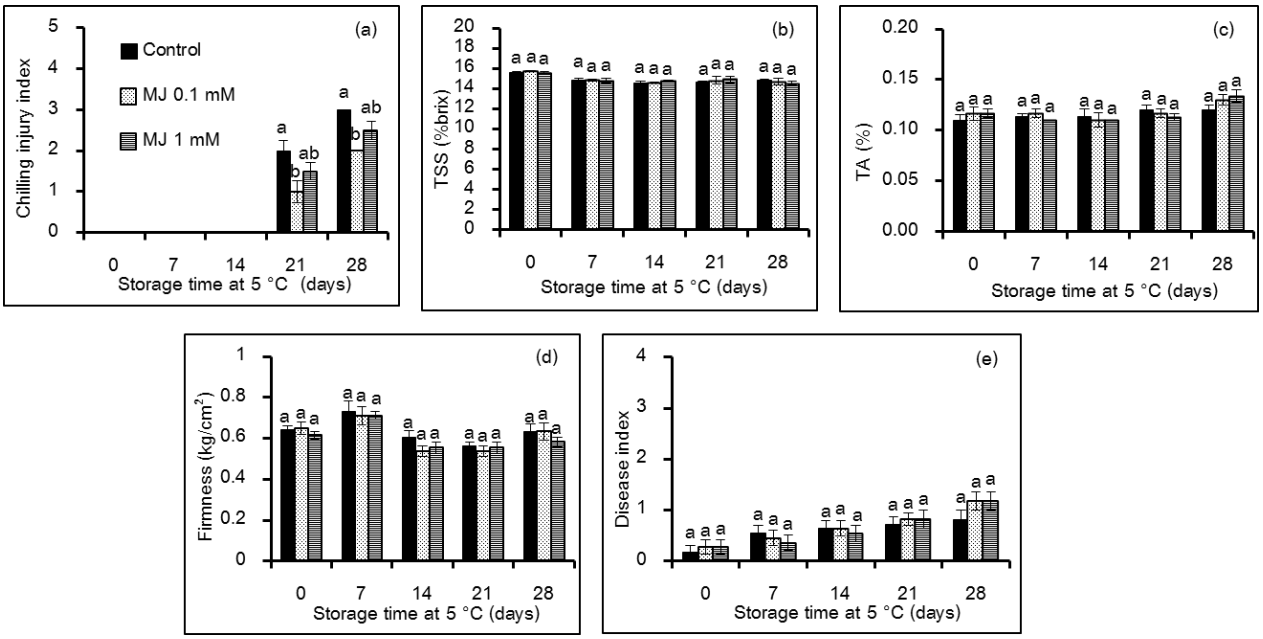

Figure 1 Effects of MJ on the chilling injury index (a), TSS (b), TA (c), firmness (d) and disease index (e) of ripe mango fruits cv. Nam Dok Mai No. 4 after transfer to room temperature.

Table 1 Effects of MJ on activities of SOD (Unit mg-1 protein), CAT (nmol H_2O_2 decomposed mg-1 protein min-1) and APX (nmol AA decomposed mg-1 protein min-1) and contents of total phenolic compounds (mg GA g-1 FW), ascorbic acid (mg AA g-1 FW) and total glutathione (µg GSH g-1 FW) of mango fruits cv. Nam Dok Mai No. 4 during storage at 5 °C.

Antioxidants	Treatments	Days after storage at 5 °C				
		0	7	14	21	28
SOD	Control	17.88a	39.80b	60.58b	91.56b	53.57b
	0.1 mM MJ	17.88a	71.39a	118.29a	156.50a	106.08a
CAT	Control	85.21a	118.75b	105.25b	96.27b	87.01b
	0.1 mM MJ	85.21a	162.35a	151.63a	145.80a	116.64a
APX	Control	31.09a	39.38b	50.37b	67.24b	86.64b
	0.1 mM MJ	31.09a	55.73a	73.76a	121.23a	147.07a
TPC	Control	22.48a	24.06b	27.27b	29.71b	24.78b
	0.1 mM MJ	22.48a	29.05a	31.52a	35.78a	31.76a
AA	Control	48.55a	26.45b	24.90b	23.53b	22.79b
	0.1 mM MJ	48.55a	38.82a	35.47a	34.12a	29.92a
GSH	Control	27.62a	23.05b	19.07b	15.62b	12.11b
	0.1 mM MJ	27.62a	24.86a	21.57a	18.38a	15.78a

สรุป

การใช้ MJ สามารถลดอาการสะท้านหนาวในผลมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 ได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลมะม่วง ทั้งนี้ MJ ความเข้มข้น 0.1 mM ให้ผลดีที่สุด ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบต้านอนุมูลอิสระได้ทั้งกลุ่มที่เป็นเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนทุนการนำเสนอผลงานวิจัย และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Ali, M.B., E.J. Hahn and K.Y. Paek. 2007. Methyl jasmonate and salicylic acid induced oxidative stress and accumulation of phenolics in *Panax ginseng* bioreactor root suspension cultures. Molecules 12: 607-621.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International: Current Through March 1990 Supplement. Washington, D.C.

Cai, Y., S. Cao, Z. Yang and Y. Zheng. 2011. MeJA regulates enzymes involved in ascorbic acid and glutathione metabolism and improves chilling tolerance in loquat fruit. Postharvest Biol. Technol. 59: 324-326.

Cao, S., Y. Zheng, K. Wang, P. Jin and H. Rui. 2009. Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit. Food Chem. 115: 1458-1463.

Fung, R.W.M., C.Y. Wang, D.L. Smith, K.C. Gross and M. Tian. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Plant Sci. 166: 711-719.

Gronwald, J.W., E.P. Fuerst, C.V. Eberlein and M.A. Egli. 1987. Effect of herbicide antidotes on glutathione content and glutathione S-transferase activity of sorghum shoots. Pestic. Biochem. Phys. 29: 66-76.

Jin, P., K. Wang, H. Shang, J. Tong and Y. Zheng. 2009. Low-temperature conditioning combined with methyl jasmonate treatment reduces chilling injury of peach fruit. J. Sci. Food Agr. 89: 1690-1696.

Junmatong, C., B. Faiyue, S. Rotarayanont, J. Uthaibutra, D. Boonyakiat and K. Saengnil. 2015. Cold storage in salicylic acid increases enzymatic and non-enzymatic antioxidants of Nam Dok Mai No. 4 mango fruit. ScienceAsia 41: 12–21.

Singleton, V.L. and J.R. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Viticult. 16: 144-157.

Sunohara, Y. and H. Matsumoto. 2004. Oxidative injury induced by the herbicide quinclorac on *Echinochloa oryzicola* Vasing. and the involvement of antioxidative ability in its highly selective action in grass species. Plant Sci. 167: 597-606.