

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส คลอโรฟิลล์เลส ปริมาณคลอโรฟิลล์ และ  
แคโรทีนอยด์ในเปลือกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเขียวมรกตระหว่างการเก็บรักษา  
Changes of Peroxidase and Chlorophyllase Activities, Chlorophyll and Carotenoid Contents in Mango cvs.  
Nam Dok Mai Seethong and Keaw Morakot Fruit Peels During Storage

วรรณวรงค์ พัฒนะโพธิ์<sup>1,2</sup> เจนธิรา ไทยกรณ์<sup>1</sup> พิเชษฐ์ น้อยมณี<sup>1,2</sup> และ อุสาวดี ชนสูตร<sup>1,2,3</sup>  
Wanwarang Pattanapo<sup>1,2</sup>, Jantira Thaikorn<sup>1</sup>, Pichet Noimane<sup>1,2</sup> and Usawadee Chanasut<sup>1,2,3</sup>

#### Abstract

Mango (*Mangifera indica* L.) fruit cv. Nam Dok Mai Seethong harvested of 100 - 110 days after full bloom were obtained from a farmer orchard in Phrao district, Chiang Mai province and Keaw Morakot harvested on 110 - 120 day after full bloom (DAFB) from farmer orchard in Baan Hong district, Lamphun province. Mango cvs. Nam Dok Mai Seethong and Keaw Morakot were evaluated after storage at room temperature ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) and  $95\pm 3\%$  relative humidity for 10 days. The result showed that chlorophyllase and peroxidase activities of all cultivars dramatically increased during first 4 days of storage. Both of enzyme activities in 'Nam Dok Mai Seethong' mango peel were higher than those of 'Keaw Morakot'. Chlorophyllase activity of 'Keaw Morakot' peel decreased whereas the activity slightly increased in 'Nam Dok Mai Seethong' mango peel. Total chlorophyll content in both cultivars continuously decreased whilst the carotenoid content gradually increased during storage period.

**Keywords:** chlorophyllase, peroxidase, mango

#### บทคัดย่อ

เมื่อนำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 100 - 110 วันหลังดอกบาน จากสวนเกษตรกร อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ และพันธุ์เขียวมรกตที่เก็บเกี่ยวอายุ 110 - 120 วันหลังดอกบาน จากสวนเกษตรกร อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ( $25\pm 2$  องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์  $95\pm 3\%$  เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ผลมะม่วงทั้งสองพันธุ์มีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสและเพอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองชนิดสูงกว่าพันธุ์เขียวมรกต จากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสลดลงในมะม่วงพันธุ์เขียวมรกต ส่วนพันธุ์น้ำดอกไม้จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกของมะม่วงทั้งสองพันธุ์ลดลง แต่ปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา

**คำสำคัญ:** คลอโรฟิลล์เลส, เพอร์ออกซิเดส, มะม่วง

#### คำนำ

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกของผลไม้ประการหนึ่งคือการเปลี่ยนสีผิว อาจเกิดจากการทำลายเม็ดสีเดิมเพียงอย่างเดียว หรือสร้างเม็ดสีใหม่แทนที่เม็ดสีเดิม ในผลไม้แทบทุกชนิดส่วนใหญ่สีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเมื่อสุก ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ แต่กลไกการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ยังไม่ชัดเจนและพบแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด มะม่วงส่วนใหญ่ที่ปลูกในประเทศไทยเมื่อผลสุกจะเปลี่ยนสีผิวจากสีเขียวเป็นสีเหลือง แต่มีบางพันธุ์สีผิวจะไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อผลสุก เช่น พันธุ์เขียวมรกต (วรรณวรงค์, 2555) และทองดำ (Ketsa *et. al.*, 1999) ในพืชชั้นสูงปริมาณคลอโรฟิลล์มีการเปลี่ยนแปลงพร้อมไปกับกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสซึ่งเป็นเอนไซม์ตัวหนึ่งที่เกี่ยวข้องในการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นจะสัมพันธ์กับการลดลงของกิจกรรมของเอนไซม์ Ketsa *et. al.* (1999) พบว่ามะม่วงเมื่อเก็บรักษาไว้ 7 วัน ที่อุณหภูมิ  $25.6$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $69.5\%$  มีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์

<sup>1</sup> สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

<sup>1</sup> Postharvest Technology Research Institute, Chiangmai University, Chiangmai 50200

<sup>2</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. 10400

<sup>2</sup> Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

<sup>3</sup> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

<sup>3</sup> Department of biology, Faculty of Science, Chiangmai University, Chiangmai 50200

เลสเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง งานวิจัยนี้ต้องการศึกษากลไกการเปลี่ยนสีผิวของมะม่วงพันธุ์เขียวมรกตซึ่งมีสีผิวเขียวเมื่อผลสุกเทียบกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาวิจัยและการใช้ประโยชน์ต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

มะม่วงที่ใช้ในการทดลองมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีอายุเก็บเกี่ยว 100 – 110 วันหลังดอกบาน จากสวนเกษตร อ.พริ้ว จ.เชียงใหม่ และพันธุ์เขียวมรกตอายุเก็บเกี่ยว 110 – 120 วัน หลังดอกบาน จากสวนเกษตร อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน ทำการคัดเลือกผลให้มีขนาดสม่ำเสมอ แล้วล้างทำความสะอาดผลมะม่วง ผึ่งให้แห้ง ใส่เนื้ทโฟม และเรียงลงในตะกร้าพลาสติกนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 – 90% วางแผนการทดลองโดยวิธี completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ผล สุ่มตัวอย่างผลมะม่วงออกมาวิเคราะห์ทุก 2 วัน จนกระทั่งครบ 10 วัน โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส ดัดแปลงจากวิธีของ Flurkey and Jen (1978) เอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส ตามวิธีของ Amir-Shapira *et. al.* (1987) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกผลมะม่วงทั้งสองพันธุ์ ตามวิธีของ Whitham *et. al.* (1971) และปริมาณแคโรทีนอยด์โดยดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ของ AOAC (2000) ตามลำดับ

### ผลและวิจารณ์

ผลมะม่วงทั้งสองพันธุ์มีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสและเพอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา โดยมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองชนิดสูงกว่าพันธุ์เขียวมรกต จากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสลดลงในมะม่วงพันธุ์เขียวมรกต จาก 0.2446 unit mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> ในวันที่ 4 เป็น 0.1855 unit mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> ในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ส่วนพันธุ์น้ำดอกไม้จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Figure 1)

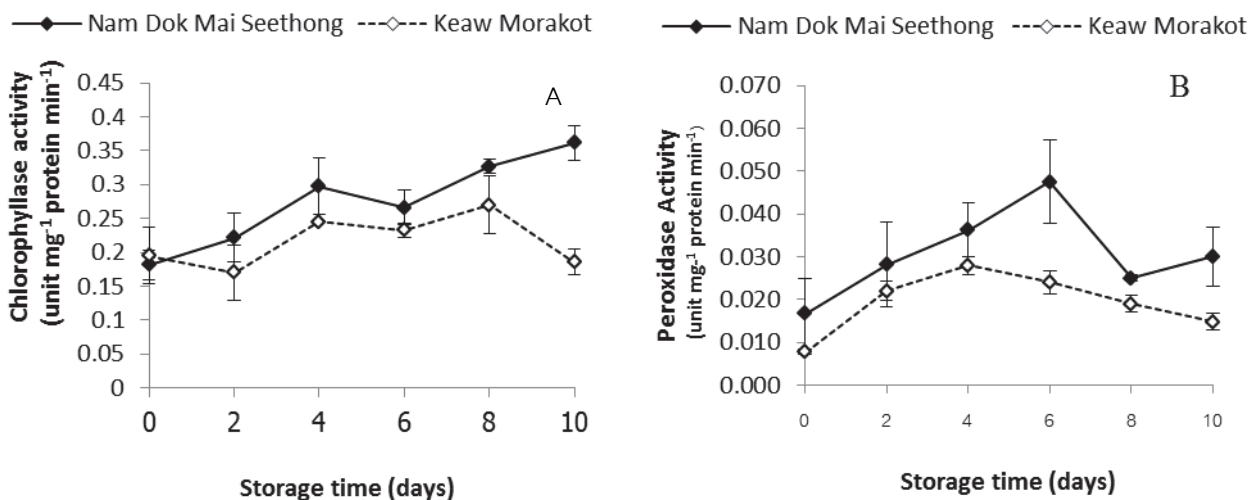


Figure 1 Chlorophyllase (A) and Peroxidase (B) activities of mango fruit cvs. 'Nam Dok Mai Seethong' and 'Keaw Morakot' during storage at 25°C for 10 days.

กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีสูงกว่าพันธุ์เขียวมรกต โดยมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 4 - 6 วันแรกของการเก็บรักษา และเริ่มลดลงตลอดอายุการเก็บรักษา สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสอยู่ที่ 0.017 unit mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> ในวันเริ่มต้น และมีค่าเท่ากับ 0.048 unit mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> ในวันที่ 6 โดยวันสุดท้ายมีค่าเป็น 0.030 unit mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> ส่วนในพันธุ์เขียวมรกตนั้นมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสเพิ่มสูงขึ้นจนถึงวันที่ 4 มีค่าระหว่าง 0.008 – 0.028 unit mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> และเริ่มลดต่ำลงจนถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษาโดยมีค่าเท่ากับ 0.015 mg<sup>-1</sup> protein min<sup>-1</sup> (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Ketsa *et. al.* (1999) พบว่าเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสและเพอร์ออกซิเดสในมะม่วงทองคำมีกิจกรรมต่ำกว่าและน้ำดอกไม้ และมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในช่วง 4 วันแรกซึ่งเป็นวันที่มะม่วงเริ่มสุก

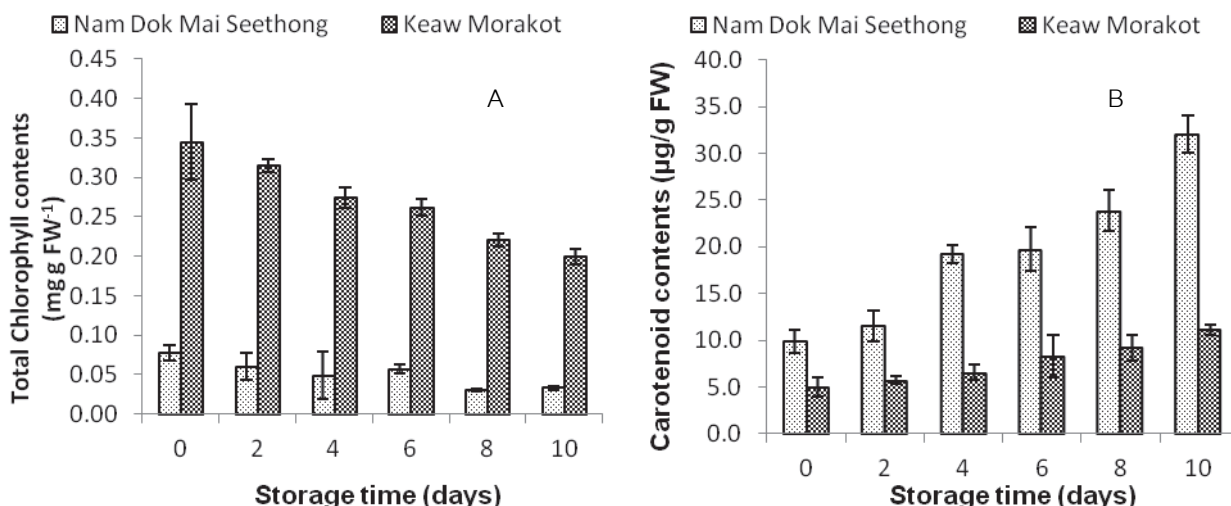


Figure 2 Total chlorophyll (A) and carotenoid (B) contents of mango fruit cvs. 'Nam Dok Mai Seethong' and 'Keaw Morakot' during storage at 25°C for 10 days.

เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นมะม่วงทั้งสองพันธุ์มีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณลดลงเล็กน้อย (0.0780 – 0.0330 mg/g FW) โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนพันธุ์เขียวมรกตมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง มีปริมาณระหว่าง 0.3448 - 0.1996 mg/g FW ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงมากในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา จาก 0.3448 เป็น 0.2212 mg/g FW และลดลงอีกเล็กน้อยในวันที่ 10 (Figure 2) สำหรับปริมาณแคโรทีนอยด์มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา พันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงกว่าพันธุ์เขียวมรกต มีปริมาณระหว่าง 9.87 – 32.03 µg/g FW ส่วนพันธุ์เขียวมรกตมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย จาก 4.96 เป็น 11.09 µg/g FW (Figure 2) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์นั้นมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส และเพอร์ออกซิเดส จะเห็นว่าเมื่อกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลส และเพอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในช่วงที่มะม่วงเริ่มสุก สีผิวเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง เนื่องจากเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสมีบทบาทในการสลายของคลอโรฟิลล์ โดยจะไปเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของคลอโรฟิลล์ให้เปลี่ยนไปเป็น chlorophyllide และ phyton ส่วนเอนไซม์เพอร์ออกซิเดสนั้น จะไปเปิด porphyring ring ทำให้ได้สารประกอบที่ไม่มีสี (Yamauchi and Watada, 1991)

### สรุปผลการทดลอง

มะม่วงทั้งสองพันธุ์มีกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสและเพอร์ออกซิเดสเพิ่มขึ้นในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°ซ จากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์คลอโรฟิลล์เลสค่อยๆลดลงในพันธุ์เขียวมรกต ส่วนพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองมีกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งสองชนิดสูงกว่า ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ในเปลือกมะม่วงทั้งสองพันธุ์ค่อยๆลดลงขณะที่ปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- วรรณวรงค์ พัฒนะโพธิ์, เจนริธาไทยภรณ์ และอุษาวดี ขนสุด. 2555. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองและเขียวมรกตระหว่างเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3 พิเศษ): 485-489.
- Amir-Shapira, D., E.E. Goldschmidt and A. Altman. 1987. Chlorophyll catabolism in senescence plant tissue In vivo breakdown intermediates suggest different degradative pathways for citrus fruit and parsley leaves. The Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America 84: 1901-1905.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Inc., Washington, D.C., USA.

- Flurkey, W. H. and J. J. Jen. 1978. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. J. of Food Sci. 43: 1826-1828.
- Ketsa, S., W. Phakawatmongkol and S. Subhadrabhandhu. 1999. Peel enzymatic activity and color changes in ripening mango fruit. J. Plant Physio. 154:363-366.
- Whitham, F.H., D. H. Blaydes, R. M. Devin and D. Van. 1971. Experiments in Plant Physiology. Nostrand company, New York. 245 p.
- Yamauchi, N. and A.E. Watada. 1991. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 (1): 58-62.