

ผลของ UV-B ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกลีบผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว
Effect of UV-B on Chlorophyll Degradation in the Bract of White-flesh Dragon Fruit

ลัดดาวลัย คำมะปะนา^{1,2} ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ^{1,2} และวาริช ศรีละของ^{1,2}
Laddawan Kammapana^{1,2}, Nuttachai Pongprasert^{1,2} and Varit Srilaong^{1,2}

Abstract

The aim of this research was to study the effect of UV-B treatment on chlorophyll degradation in the bract of white-flesh dragon fruit (*Hylocercus undatus* (Haw) Brit. & Rose) during storage at 10°C and 90 ± 5% RH for 21 days. White-flesh dragon fruit were irradiated with UV-B at 0 (control), 16 and 19 kJ.m⁻². The irradiation dose of 16 kJ.m⁻² and 19 kJ.m⁻² delayed bract yellowing described as higher chlorophyll *a* and total chlorophyll contents compare to the control while, chlorophyll *b* content had no profound change during storage time. In addition, an increased of chlorophyll-degrading enzyme activities especially, Mg-dechelataase which is involved in the demetalation of chlorophyll *a* and pheophytinase which is involved in the removal of phytal from pheophytin *a* were delayed by UV-B treatment. However, chlorophyllase and chlorophyll degrading peroxidase activity continuously increased in all treatments throughout storage time and the changes in activities was not related with chlorophyll content in the bract of dragon fruit. The results indicate that Mg-dechelataase and pheophytinase may be involved in chlorophyll degradation in the bract of dragon fruit. UV-B irradiation could be a useful treatment to suppress bract yellowing of dragon fruit.

Keywords: white-flesh dragon fruit, chlorophyll, UV-B irradiation

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฉายรังสี UV-B ต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกลีบผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว (*Hylocercus undatus* (Haw) Brit. & Rose) ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90±5เป็นเวลา 21 วัน โดยฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 0 16 และ 19 กิโลจูลต่อตารางเมตร พบว่า การฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 16 และ 19 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดได้ดีกว่าชุดควบคุม ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์ บี มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์ Mg-dechelataase และเอนไซม์ Pheophytinase ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ Chlorophyllase และเอนไซม์ Chlorophyll degrading peroxidase มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกวิธีทดลองตลอดอายุการเก็บรักษา และมีค่าไม่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในกลีบผลแก้วมังกร จากผลการทดลองแสดงให้เห็นเอนไซม์ Mg-dechelataase และเอนไซม์ Pheophytinase มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกลีบผลแก้วมังกร นอกจากนี้การฉายรังสี UV-B เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเหลืองของกลีบผลแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ: แก้วมังกรสายพันธุ์เนื้อขาว, คลอโรฟิลล์, การฉายรังสี UV-B

บทนำ

การเหลืองหรือการสูญเสียคลอโรฟิลล์เป็นปัญหาที่สำคัญภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสดหลายชนิด รวมทั้งการเหลืองของกลีบผลแก้วมังกร ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่บ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับในระหว่างการเก็บรักษา และการวางจำหน่าย การเหลืองของกลีบผลแก้วมังกรเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ จากนั้นมีการลำเลียงสารที่ไม่มีสีไปยังแวคคิวโอล (Okazawa *et al.*, 2006) ซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของ

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

² Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

³ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

⁴ Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์หลาย ๆ ชนิด ได้แก่ Chlorophyllase Mg-dechelatae Pheophytinase Chlorophyll degrading peroxidase เป็นต้น (Harpaz-Saad *et al.*, 2007; Yamauchi *et al.*, 2004) ดังนั้นการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จึงสามารถชะลอการเหลืองของพืชได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์และการชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผลสามารถทำได้โดยใช้วิธีการทางกายภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ใช้สารเคมี และปลอดภัยต่อผู้บริโภค ได้แก่ การใช้ความร้อน การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง เป็นต้น นอกจากนี้การฉายรังสี UV เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในพืช และช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารในผลิตผลหลายชนิด เช่น การฉายรังสี UV-B กับบร็อคโคลี่ (Costa *et al.*, 2006) มะนาว (Sripong *et al.*, 2011) เป็นต้น นอกจากนี้การฉายรังสี UV-B แล้วการฉายผลิตผลสดด้วยรังสี UV-C ก็สามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ (Costa *et al.*, 2006) และแก้วมังกร (Kowitcharoen *et al.*, 2010) และยังช่วยชะลอการสูญเสียคุณค่าทางอาหารในสตอเบอรี่ (Erkan *et al.*, 2008) ได้ อย่างไรก็ตามการฉายผลิตผลด้วยรังสี UV-C ควรปฏิบัติด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากเป็นรังสีที่เป็นอันตรายต่อผิวหนังของมนุษย์มากกว่ารังสี UV-A และ UV-B สำหรับการศึกษากการใช้รังสี UV-B ต่อการชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกล้วยผลแก้วมังกรยังไม่พบข้อมูลในเชิงลึก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรังสี UV-B ต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกล้วยผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อขาว

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกผลแก้วมังกรสายพันธุ์เปลือกแดงเนื้อขาวอายุประมาณ 30 วันหลังดอกบาน ที่มีลักษณะตรงตามพันธุ์ปราศจากตำหนิ โรคและแมลง จากสวนแก้วมังกรที่ปลูกเพื่อการค้า และมีการดำเนินการปลูกตามระบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสมในจังหวัดปทุมธานี ทำการขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แล้วทำการคัดคุณภาพอีกครั้ง เพื่อความสม่ำเสมอของคุณภาพผล จากนั้นทำการฉายรังสี UV-B (หลอดขนาด 40 วัตต์ ระยะห่างระหว่างหลอด UV-B กับผลิตผลเท่ากับ 30 เซนติเมตร) ที่ระดับความเข้มแสง 0 (ชุดควบคุม) 16 และ 19 กิโลจูลต่อตารางเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 5 เป็นระยะเวลา 21 วัน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ผล ทำการบันทึกผลการทดลองทุก ๆ 3 วัน โดยวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ในกล้วย (Moran, 1982) และการเปลี่ยนแปลงของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ได้แก่ chlorophyllase, Mg-dechelatae chlorophyll degrading peroxidase และ pheophytinase (Yamauchi *et al.*, 2004) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในกล้วยผลแก้วมังกรที่ไม่ฉายรังสี UV-B มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนผลแก้วมังกรที่ฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 16 และ 19 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ เอ ได้ดีในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลแก้วมังกรที่ฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 16 กิโลจูลต่อตารางเมตร ซึ่งมีการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในกล้วยผลเร็วกว่าในแก้วมังกรที่ฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 19 กิโลจูลต่อตารางเมตร (Figure 1A) การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Figure 1C) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ บี ในกล้วยผลแก้วมังกรในทุกทรีตเมนต์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (Figure 1B) จากการศึกษาของ Aiama-or *et al.* (2010) พบว่า การฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 8.8 กิโลจูลต่อตารางเมตร สามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ได้เช่นกัน โดยจะเห็นได้ว่าระดับของรังสี UV-B ที่เหมาะสมต่อการชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาระดับรังสีที่เหมาะสม สำหรับการศึกษากการใช้รังสี UV-B ที่ผ่านมามีรายงานว่าสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เช่น chlorophyllase Mg-dechelatae และ chlorophyll degrading peroxidase (Aiama-or *et al.*, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในผลแก้วมังกรที่พบว่าการใช้รังสี UV-B สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในกล้วยผลแก้วมังกร โดยรังสี UV-B สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ chlorophyllase Mg-dechelatae chlorophyll degrading peroxidase และ pheophytinase ในกล้วยผลแก้วมังกรได้ (Figure 2A-2D) ส่วนผลแก้วมังกรที่ไม่ฉายรังสี UV-B มีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์มากกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ในกล้วยผลแก้วมังกร จากผลการทดลองพบว่าผลแก้วมังกรที่ฉายรังสี UV-B ที่ระดับ 16 และ 19 กิโลจูลต่อตารางเมตร มี

ประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกันและมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในกลีบผลใกล้เคียงกันอีกด้วย ดังนั้นการเลือกใช้รังสีในระดับที่ 16 กิโลจูลต่อตารางเมตร จะเป็นการช่วยลดต้นทุนได้

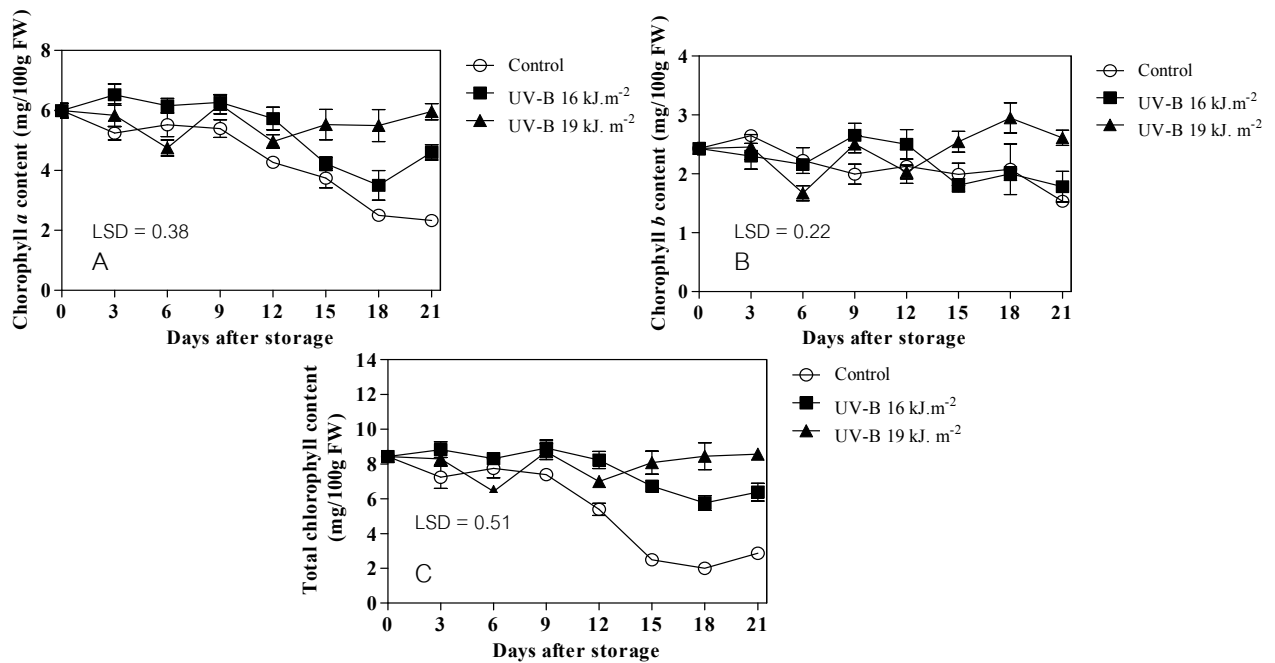


Figure 1 Changes in (A) chlorophyll a content, (B) chlorophyll b content and (C) total chlorophyll content in the bract of dragon fruit during storage at 10°C and 95±5 % RH

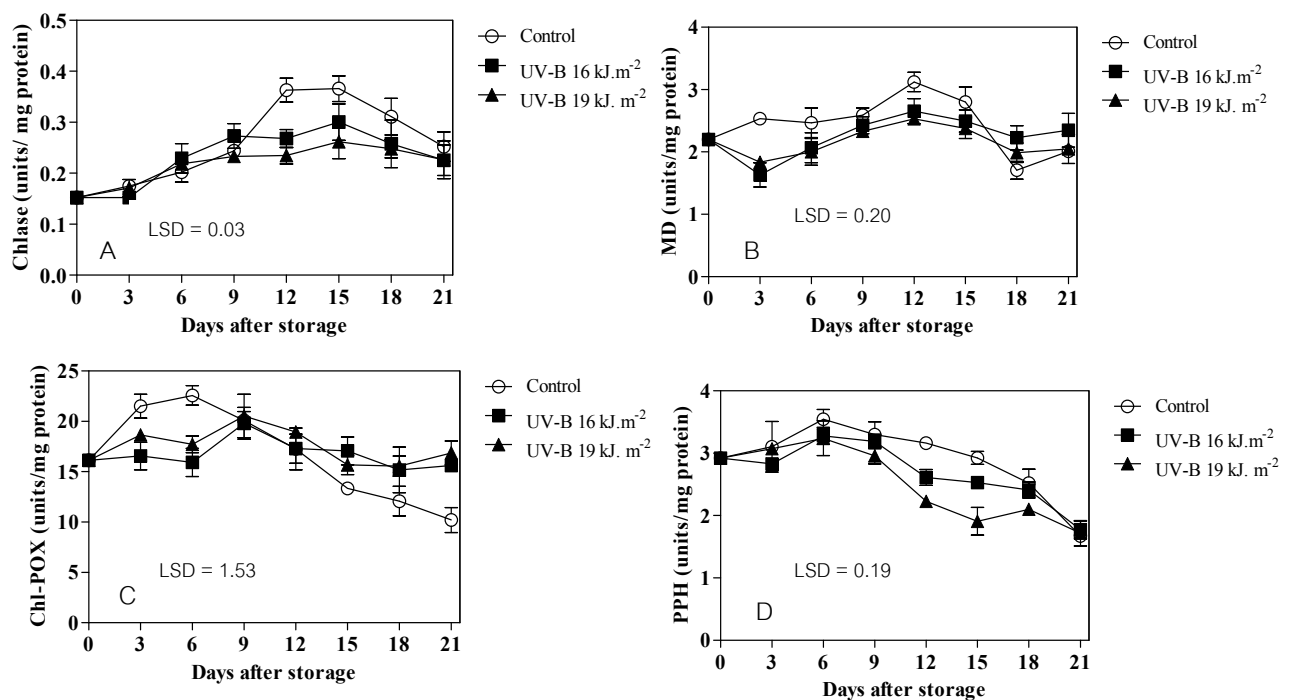


Figure 2 Changes in (A) chlase, chlorophyllase activity, (B) MD, Mg-dechelatae activity (C) chl-POX, chlorophyll degrading peroxidase and (D) PPH, pheophytinase activity in the bract of dragon fruit during storage at 10°C and 95±5 % RH

สรุปผลการทดลอง

ผลแก้วมังกรที่ฉายด้วยรังสี UV-B สามารถชะลอการเหลืองของกลีบผลแก้วมังกรในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน เนื่องจากรังสี UV-B สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ โดยการฉายรังสีที่ระดับ 16 กิโลจูลต่อตารางเมตร มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการชะลอการเหลืองในกลีบผลแก้วมังกร

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- Aiama-or, S., S. Kaewsuksaeng, M. Shigyo and N. Yamauchi. 2010. Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and Chlorophyll-degradation enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) florets. *Food Chemistry* 120 : 645-654.
- Costa, M. L., A. R. Vicente, P.M. Civello, A. R. Chaves and G. A. Martinez. 2006. UV-C treatment delays postharvest senescence in Broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology* 39(2): 204-210.
- Erkan, M., S. Y. Wang and C. Y. Wang. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in Strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 48(2): 163-171.
- Harpaz-Saad, S., S. Azoulay, T. Arazi, A. Ben-Yaakoa, E. Mett, A. Shibolet, Y. M. Hortensteiner, S. Gidoni, D. Gal-On, A. Goldschmidt and E. E. Eyal. 2007. Chlorophyllase is a rate-limiting enzyme in chlorophyll catabolism and is post-translationally regulated. *Plant Cell* 19: 1007-1022.
- Kowitcharoen, L., L. Kammapana and V. Srilaong. 2010. UV-C treatment delays chlorophyll degradation in the bract of dragon fruit cultivar 'Vietnam'. *Acta Horticulturae* 875: 119-126.
- Okazawa, A., L. Tang, Y. Itoh, E. Fukusaki and A. Kobayashi. 2006. Characterization and subcellular localization of chlorophyllase from *Ginkgo biloba*. *Z. Naturforsch* 61: 111-117.
- Srilaong, V., S. Aiama-or, A. Soontornwat, M. Shigyo and N. Yamauchi. 2011. UV-B irradiation retard chlorophyll degradation in lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 59 (1): 110-112.
- Yamauchi, N., Y. Funamoto and M. Shigyo. 2004. Peroxidase-mediated chlorophyll degradation in horticultural crops. *Phytochemistry reviews* 3: 221-228.