Agric. Sci. Innov. J. 55 : 2 (Suppl.) : 152 – 156 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 2 (พิเศษ) : 152 - 156 (2567)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีกายภาพและจุดกระบนเปลือกผลของกล้วยในระหว่างการสุก
Physicochemical Characteristics and Senescent Spotting on Banana Fruit Peel during Ripening

สิทธิศักดิ์ อินทรสิทธิ์[1] วัทธิกร ดีณรงค์[2] นำทัพ เรืองศิริ[2] วชิรพล ไพชยนต์[2]
รัชฎาพร ตันตีะนา[2] กอบเกียรติ แสงนิล[1] และ จารุณี จูงกลาง[1]
Sitthisak Intarasit[1], Wattigorn Deenarong[2], Numthup Ruengsiri[2], Wachiraphon Phaichayon[2],
Ratchadapron Tuntana[2], Kobkiat Saengnil and Jarunee Jungklang[1]

Abstract

Peel senescent spotting is a part of the postharvest changes that occurring in the genus *Musa*, which is found during the ripening process. This research aim is to investigate the changes in physicochemical characteristics and peel spotting patterns during the ripening process of Thai economic banana cultivars [*Musa* (AA group) 'Kluai Khai', *Musa* (AAA group) 'Kluai Hom Thong' and *Musa* (ABB group) 'Kluai Namwa']. Banana bunches were collected when the fruit reached mature green (approximated at 100 days after full bloom). Each bunch was cut into hands and stored at 25 °C and 75% RH for 7 days. On day 0, 1, 3, 5 and 7, three banana hands from each cultivar was randomly selected to assess changes in physical and chemical characteristics and peel spotting. The changes in physical of peel (lightness, a* and b* values and firmness) and chemical of pulp (total soluble sugars and starch contents) characteristics were related to the occurrence of peel spotting in all banana cultivars. Interestingly, the peel spotting characteristics and their occurrence locations differ among different cultivars of bananas. The findings of this research will contribute to the related area of foundational knowledge regarding the ripening process and postharvest management of banana in the future.

Keywords: banana, peel spotting, senescence

บทคัดย่อ

การเกิดจุดกระบนเปลือกผลเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ในสกุล *Musa* ซึ่งพบขณะเกิดกระบวนการสุก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางเคมีกายภาพและรูปแบบการเกิดจุดบนเปลือกผลระหว่างกระบวนการสุกของกล้วยสายพันธุ์เศรษฐกิจของประเทศไทย [*Musa* (กลุ่ม AA) 'กล้วยไข่', *Musa* (กลุ่ม AAA) 'กล้วยหอมทอง' และ *Musa* (กลุ่ม ABB) 'กล้วยน้ำว้า'] โดยเก็บเกี่ยวเครือกล้วยเมื่อผลอยู่ในระยะแก่แต่ยังคงมีผิวสีเขียว (หลังดอกบานประมาณ 100 วัน) แบ่งกล้วยออกเป็นหวีและเก็บรักษากล้วยไว้ที่อุณหภูมิ 25 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลา 7 วัน ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 ทำการสุ่มเลือกกล้วยสามหวีจากทุกสายพันธุ์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางเคมีกายภาพรวมทั้งการเกิดจุดบนเปลือกผล พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางกายภาพของเปลือกผล (การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ค่า a* และค่า b* และความแน่นเนื้อ) และลักษณะทางเคมีของเนื้อผล (การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้และแป้ง) ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดจุดกระบนเปลือกผลในกล้วยทุกสายพันธุ์ และที่น่าสนใจคือลักษณะของการเกิดจุดกระและตำแหน่งที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันในกล้วยแต่ละชนิด ข้อมูลที่ค้นพบจากงานวิจัยนี้จะมีส่วนสำคัญในการสร้างความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการการผลิตสุกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: กล้วย จุดบนเปลือกผล การเสื่อมตามอายุ

คำนำ

กระบวนการเสื่อมตามอายุ (senescence) เป็นส่วนหนึ่งของการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืช ผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวมีรูปแบบการเสื่อมตามอายุที่แตกต่างกัน (Thuy *et al*., 2021; Chotikakham *et al*., 2022) การเกิดจุดบนเปลือกผลของกล้วยเป็น

[1]ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1]Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
[2]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2]Chiang Mai University Demonstration School, Chiang Mai 50200, Thailand

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสุก (Quevedo *et al*., 2008) ที่มีการเปลี่ยนแปลงพร้อมๆ กับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมีในหลายๆ ด้าน ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีและการศึกษาจุดกระที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสุกของกล้วย โดยเฉพาะในกล้วยเศรษฐกิจไทยจึงมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากอาจช่วยเพิ่มคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของกล้วย การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการสุกช่วยให้สามารถพัฒนาวิธีการจัดเก็บและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีขึ้น เพื่อลดการสูญเสียและการเสื่อมสภาพของผลผลิต นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตและการจัดการผลผลิตให้มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการของตลาด และในงานการศึกษาทางด้านชีววิทยาในเชิงวิวัฒนาการยังไม่มีคำตอบว่าเหตุใดจุดเหล่านี้จึงเกิดขึ้นบนเปลือกผล และเกิดขึ้นได้อย่างไร ดังนั้นงานวิจัยนี้นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีกายภาพและการเกิดจุดบนเปลือกผลในระหว่างกระบวนการสุกของกล้วยสายพันธุ์เศรษฐกิจของไทย ได้แก่ กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอมทอง ข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับการตกกระของกล้วยจะมีความสำคัญยิ่งในการพัฒนากระบวนการผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการเพิ่มคุณภาพและมูลค่าของผลผลิตกล้วย ซึ่งทั้งหมดนี้มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพในการผลิตกล้วยเศรษฐกิจไทยเพื่อความยั่งยืนในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวและคัดเลือกผลกล้วย (*Musa* (กลุ่ม AA) 'กล้วยไข่', *Musa* (กลุ่ม AAA) 'กล้วยหอมทอง' และ *Musa* (กลุ่ม ABB) 'กล้วยน้ำว้า') โดยเก็บเกี่ยวเครือกล้วยเมื่อผลอยู่ในระยะแก่แต่ยังคงมีผิวสีเขียว (หลังดอกบานประมาณ 100 วัน) ขนาดผลและน้ำหนักผลใกล้เคียงกัน ไม่มีรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลงจากสวนเกษตรกรในจังหวัดเชียงราย ลำพูนและเชียงใหม่ แบ่งกล้วยออกเป็นหวี คัดเลือกเฉพาะหวีกล้วยบริเวณกลางเครือ 3-4 หวีต่อเครือ จำนวนสายพันธุ์ละ 15 หวี เก็บรักษากล้วยไว้ที่อุณหภูมิ 25 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 75% เป็นเวลา 7 วัน ในวันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 ทำการสุ่มเลือกกล้วย 3 หวีจากทุกสายพันธุ์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางเคมีกายภาพ (การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างหรือค่า L*, ค่า a* และค่า b* และความแน่นเนื้อ) รวมทั้งการเกิดจุดกระบนเปลือกผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและลักษณะทางเคมีของเนื้อผล (การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลที่ละลายน้ำได้และแป้ง) (Hansen and Møller, 1975) ทั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและสรีรวิทยาของพืช ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลการทดลอง

กล้วยทุกสายพันธุ์มีการเปลี่ยนสีเปลือกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (Figure 1A-D) โดยกล้วยหอมทองจะเริ่มเปลี่ยนสีเร็วกว่าสายพันธุ์อื่นๆ รองลงมาคือกล้วยน้ำว้าและกล้วยไข่ตามลำดับ นอกจากนี้กล้วยหอมทองยังมีการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ค่าความสว่าง (L*) ของเปลือกกล้วยในแต่ละสายพันธุ์ พบว่าค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป (Figure 1B) ค่าความเป็นแดง/เขียว (a*) ของเปลือกกล้วยแต่ละสายพันธุ์เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนสีไปทางแดงมากขึ้น (Figure 1C) ค่าความเป็นน้ำเงิน/เหลือง (b*) ของเปลือกกล้วย โดยค่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนสีไปทางเหลืองมากขึ้น (Figure 1D) ส่วนค่าความแน่นเนื้อของกล้วยในแต่ละสายพันธุ์ พบว่าความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยกล้วยหอมทองมีการลดลงของความแน่นเนื้อมากที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป (Figure 1E) น้ำตาลทั้งหมดในเนื้อผลกล้วยในทุกสายพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไป โดยกล้วยหอมทองมีการเพิ่มขึ้นของน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดในวันที่ 7 (Figure 2A) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแป้งในกล้วยแต่ละสายพันธุ์ พบว่าปริมาณแป้งลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเวลาผ่านไปในทุกสายพันธุ์ โดยกล้วยหอมทองมีการลดลงของปริมาณแป้งมากที่สุดในวันที่ 7 (Figure 2B) จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกำลังขยายรวม 40 เท่า และ 100 เท่า พบว่าจำนวนจุดและความเข้มของจุดเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งเข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 7 (Figure 3A-B) และเมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า ในการสังเกตุเนื้อเยื่อผิวเปลือกผลของกล้วยพบว่าการเกิดจุดกระบนเปลือกผลพบได้หลายรูปแบบทั้งบริเวณเนื้อเยื่อพื้นฐานและบริเวณรูปปากใบ ซึ่งมีการขยายขนาดของจุดกระมากขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษามากขึ้น (Figure 3C-D)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกกล้วยจากสีเขียวเป็นสีเหลืองในทุกสายพันธุ์ สอดคล้องกับค่าความสว่าง (L*) ที่เพิ่มขึ้นในทุกสายพันธุ์ ซึ่งแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกจากเขียวไปเหลือง ส่วนค่า a* และ b* ที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้นของสีแดงและสีเหลืองตามลำดับ (Figure 1B-D) ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการสุกของกล้วย (Figure 1A) เป็นตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนถึงกระบวนการ

สุกของกล้วย อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงนี้มีความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ โดยกล้วยหอมทองเริ่มเปลี่ยนสีเร็วที่สุด แสดงถึงความไวต่อกระบวนการสุกมากกว่าสายพันธุ์อื่นๆ กล้วยหอมทองมีการเกิดจุดสีน้ำตาลบนเปลือกมากที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟีนอลที่มีอยู่ในเปลือกกล้วย (Quevedo *et al*., 2008; Thuy *et al*., 2021) ข้อมูลนี้สำคัญต่อการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากจุดสีน้ำตาลสามารถส่งผลต่อคุณภาพและความน่าดึงดูดของผลผลิต ความแน่นเนื้อของกล้วยลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (Figure 1E) ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเนื้อกล้วยที่เกิดขึ้นระหว่างการสุก โดยกล้วยหอมทองมีการลดลงของความแน่นเนื้อมากที่สุด ซึ่งบ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพของเนื้อกล้วยอย่างรวดเร็ว สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในเนื้อกล้วย (Figure 2A) สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณแป้ง (Figure 2B) แสดงถึงการแปลงแป้งเป็นน้ำตาลระหว่างการสุกของกล้วย ข้อมูลนี้มีความสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์กล้วย

การเกิดจุดกระสามารถเกิดได้หลายบริเวณในเนื้อเยื่อของเปลือกผลของกล้วย ทั้ง parenchyma และ guard cell ที่พบบริเวณเปลือกผล จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสดงให้เห็นถึงเนื้อเยื่อบริเวณเปลือกกล้วยและการเกิดจุดสีน้ำตาลที่ชัดเจนขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วันในกล้วยทุกสายพันธุ์ (Figures 3-4) การเกิดจุดกระของกล้วยทั้ง 3 สายพันธุ์มีความแตกต่างกัน แต่มีสิ่งที่คล้ายคลึงกันคือ พบจุดกระเริ่มต้นได้ทั้งบริเวณที่เป็น parenchyma cell และบริเวณ guard cell ซึ่งอาจมีกระบวนการที่แตกต่างกันในการกระตุ้นให้เกิดจุดกระดังกล่าว เช่น การเกิด programmed cell death ที่มีสาเหตุมาจากความเสียหายของ mitochondria และเกิดความเสื่อมของระบบต้านออกซิเดชันทั้งภายใน mitochondria และเซลล์ จนทำให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันจนเกิดการสร้างสารสีน้ำตาลหรือดำที่บริเวณเนื้อเยื่อของเปลือกผลกล้วย (Chotikakham *et al*., 2022)

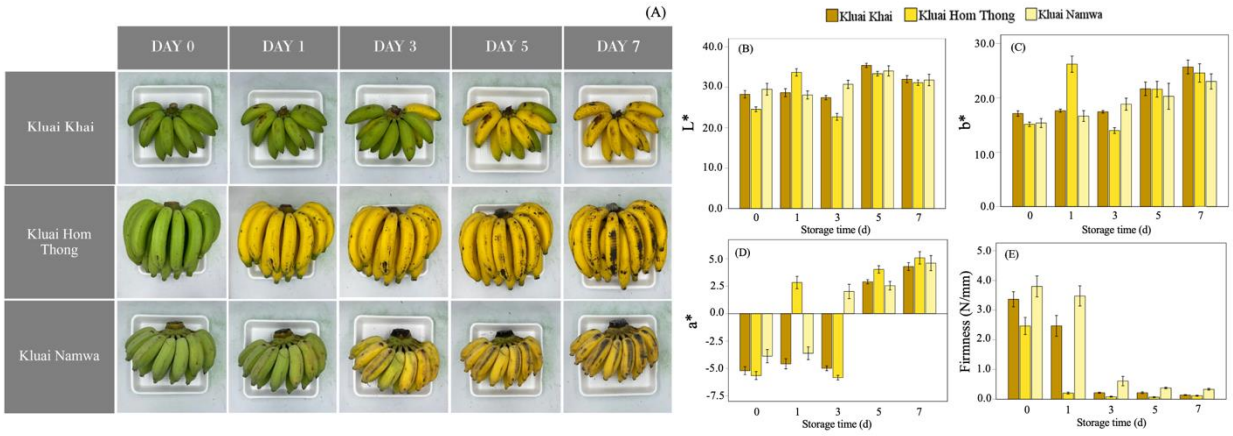

Figure 1 Changes in visual appearance (A) lightness (B), blue/yellow (C) and green/red (D) color values and firmness (E) of Kluai Khai, Kluai Hom Thong and Kluai Namwa during storage at 25 °C for 7 days.

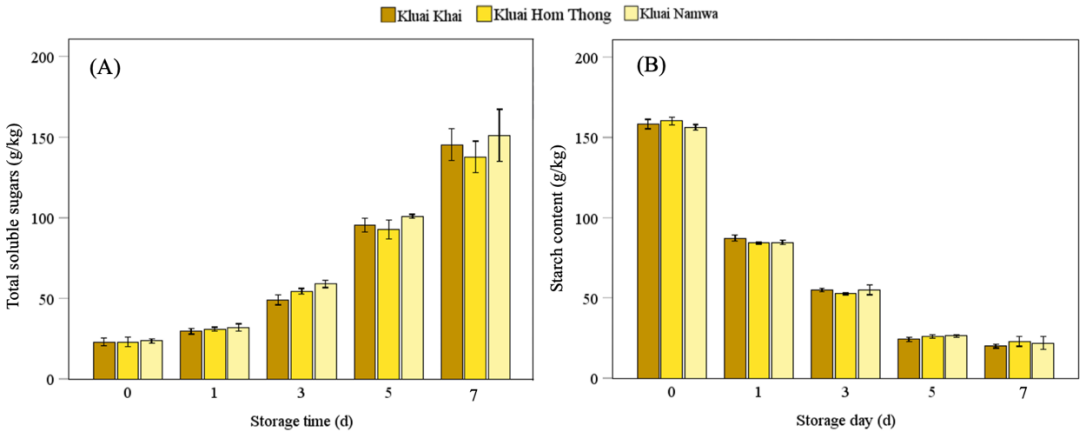

Figure 2 Changes in total soluble sugar (A) and starch (B) contents of Kluai Khai, Kluai Hom Thong and Kluai Namwa during storage at 25 °C for 7 days.

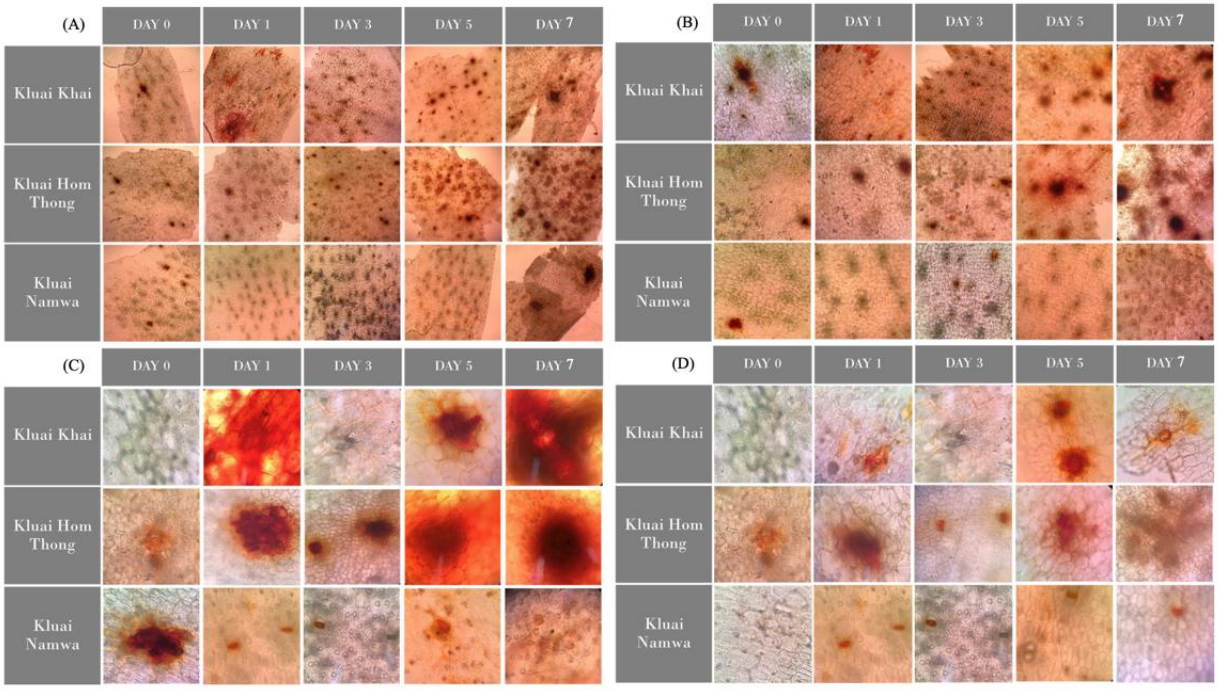

Figure 3 Characteristic of peel spotting under light microscope at 40x (A), 100x (B), 400x (browning area) (C), and 400x (stomata) (D) of Kluai Khai, Kluai Hom Thong and Kluai Namwa during storage at 25 °C for 7 days.

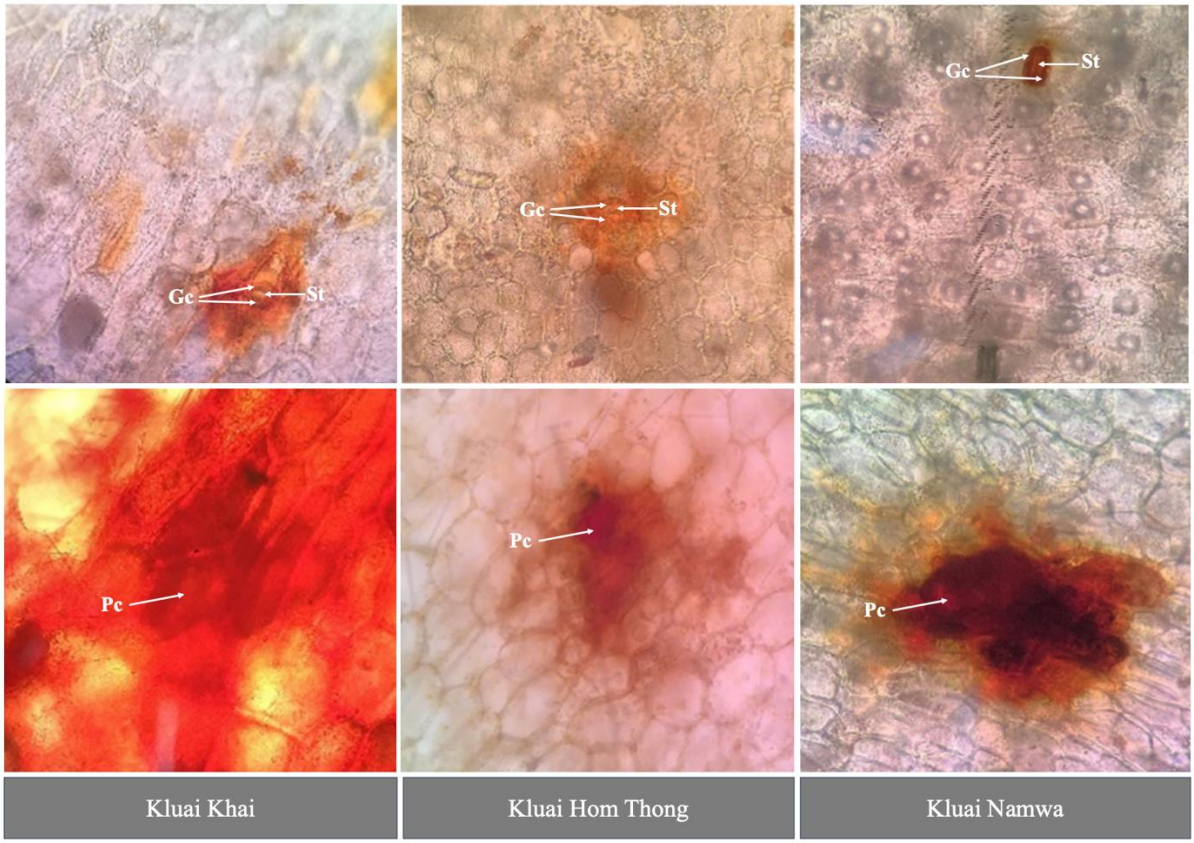

Figure 4 Banana peel surface at 400X magnification (A-C) of Kluai Khai, Kluai Hom Thong and Kluai Namwa during storage at 25 °C for 7 days. St; stomata, Gc; guard cell, Pc; parenchyma cell.

สรุปผลการทดลอง

ระหว่างกระบวนการสุกของกล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยน้ำว้า มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะทางกายภาพของเปลือกผล (การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ค่า a* และค่า b* และความแน่นเนื้อ) และลักษณะทางเคมีของเนื้อผล (การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและแป้ง) ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดจุดกระบนเปลือกผลในกล้วยทุกสายพันธุ์ โดยลักษณะของการเกิดจุดกระและตำแหน่งที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันในกล้วยแต่ละชนิด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (วมว.) โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนการวิจัยและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Hansen, J. and I.B. Møller. 1975. Percolation of starch and soluble carbohydrates from plant tissue for quantitative determination with anthrone. Analytical Biochemistry 68(1): 87-94.

Quevedo, R., F. Mendoza J.M. Aguilera, J. Chanona and G. Gutiérrez-López. 2008. Determination of senescent spotting in banana (*Musa cavendish*) using fractal texture Fourier image. Journal of Food Engineering 84(4): 509-515.

Chotikakham, S., A. Panya and K. Saengnil. 2022. Methyl salicylate retards mitochondria-mediated programmed cell death in peel spotting of ‘Sucrier’banana during storage. Postharvest Biology and Technology 194: 112099.

Thuy, N.M., M.N. Linh, L.T.D. My, V.Q. Minh and N.V. Tai. 2021. Physico-chemical changes in “Xiem” banana cultivar (cultivated in Vietnam) during ripening and storage at different temperatures. Food Research International 5(6): 229-237.