

Postharvest Newsletter

ปีที่ 18 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2562



เรื่องเต็มงานวิจัย

ผลของกรดออกซาลิกและกรดซาลิซิลิกความเข้มข้นต่ำต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอระหว่างเก็บรักษา

Effects of Low-Concentration Oxalic Acid and Salicylic Acid Application on Pericarp Browning of 'Daw' Longan Fruit during Storage

อริวัฒน์ ชุ่มแย้ม¹ อติณัฐ จรดล¹ จ่านงค์ อุทัยบุตร^{1,2} และ กอบเกียรติ แสงนิล^{1,2}

บทคัดย่อ

กรดออกซาลิก (OA) และกรดซาลิซิลิก (SA) มีบทบาทสำคัญในการเป็นโมเลกุลส่งสัญญาณเพื่อบรรเทาการเสื่อมตามอายุและรักษาคุณภาพของผลไม้หลังเก็บเกี่ยวโดยกระตุ้นกลไกป้องกันการต้านออกซิเดชัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ OA และ SA ที่ระดับความเข้มข้นต่ำเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 1 °C โดยนำผลลำไยสดจุ่มในสารละลาย OA หรือ SA ที่ความเข้มข้น 1 และ 10 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที และผลลำไยที่จุ่มในน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม จากนั้นบรรจุผลลงในกล่องกระดาษลูกฟูกและนำไปเก็บรักษาที่ 25 ± 1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ $82 \pm 5\%$ เป็นเวลา 7 วัน สุ่มตัวอย่างผลทุกๆ วันเพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาล ค่าสีเปลือกผล (ค่า L^* และ b^*) การยอมรับคุณภาพผลโดยรวม กิจกรรมของเอนไซม์โพลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) พบว่าผลลำไยที่จุ่มใน OA ความเข้มข้น 1 และ 10 มิลลิโมลาร์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าและค่าสีเปลือกผลสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ขณะที่ SA มีประสิทธิภาพต่ำกว่าในการลดการเกิดเปลือกผลสีน้ำตาล ผลที่จุ่มใน OA มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และปริมาณ H_2O_2 ที่ต่ำกว่าและมีคุณภาพผลโดยรวมสูงกว่าชุดควบคุม โดย OA 10 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดการเกิดสีน้ำตาลและยืดอายุการวางจำหน่ายจาก 2 วันเป็น 4 วัน ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการจุ่มผลลำไยใน OA ความเข้มข้นต่ำ (10 มิลลิโมลาร์) สามารถลดการเกิดเปลือกผลสีน้ำตาลและรักษาคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอในระหว่างเก็บรักษาที่ 25 ± 1 °C ได้โดยการลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และการสะสม H_2O_2

คำสำคัญ: โมเลกุลส่งสัญญาณ กลไกป้องกันโดยการต้านออกซิเดชัน การเสื่อมสภาพ

(อ่านต่อหน้า 2)

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม.

สวัสดีครับ ... ท่านผู้อ่านที่เคารพทุกท่าน สำหรับ Postharvest Newsletter ฉบับนี้ ทางศูนย์ฯ ได้มีการออกแบบใหม่ รวมทั้งเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์อย่างเดียวน เพื่อลดการใช้กระดาษ เป็นการช่วยโลกจากภาวะโลกร้อนอีกทางครับ

สำหรับเนื้อหาในฉบับ เรื่องเต็มงานวิจัย เรานำเสนอเรื่อง **ผลของกรดออกซาลิกและกรดซาลิซิลิกความเข้มข้นต่ำต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอกระหว่างเก็บรักษา** และนานาสาระ นำเสนอบทความเรื่อง **ทำไมดอกมะลิลาจึงมีกลิ่นหอมเมื่อดอกบาน?** จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และยังมีงานวิจัยศูนย์ฯ อีก 2 เรื่อง และผลสัมฤทธิ์งานวิจัยศูนย์ฯ อีก 2 เรื่องให้ติดตามครับ

เรื่องเต็มงานวิจัย

(ต่อจากหน้า 1)

คำนำ

การเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นภายหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งเร่งอายุการจำหน่ายให้สั้นลงและลดมูลค่าของผลิตผลลง (Jiang *et al.*, 2002) สารประกอบสีน้ำตาลนี้เกิดจากความเครียดที่ผลลำไยได้รับภายหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลกระตุ้นการสะสมอนุมูลอิสระ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) และอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical, $OH\cdot$) ซึ่งเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารชีวโมเลกุลภายในเซลล์ โดยมีลิพิดในโครงสร้างเซลล์เป็นเป้าหมายสำคัญที่ถูกอนุมูลอิสระเข้าทำปฏิกิริยา มีผลทำลายโครงสร้างและหน้าที่ของเมมเบรน โดยความเสียหายของเมมเบรนที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) ในพลาสติดเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันสารประกอบฟีนอลในแวคิวโอลกับออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารสีน้ำตาล (Chomkitichai *et al.*, 2014)

ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ให้ความสนใจเกี่ยวกับระบบส่งสัญญาณที่เกิดขึ้นในพืช ระบบนี้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตและการตอบสนองต่อความเครียด มีรายงานว่าสารเคมีบางชนิด เช่น ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) กรดออกซาลิก (oxalic acid, OA) และกรดซาลิซิลิก (salicylic acid, SA) จากภายนอกในระดับความเข้มข้นต่ำๆ ที่เหมาะสมสามารถชักนำให้พืชทนทานต่อความเครียดได้ โดยมีผลกระตุ้นระบบส่งสัญญาณให้ทำงานอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งกระตุ้นการแสดงออกของยีนและการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อสภาวะเครียด จนสามารถลดความเครียดออกซิเดชันได้ (Liu and He, 2017) ในการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นว่า OA และ SA ความเข้มข้นต่ำสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอกระหว่างเก็บรักษา โดยคาดว่าเกี่ยวข้องกับกระบวนการส่งสัญญาณภายในเซลล์ของผลลำไย



อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บเกี่ยวและคัดเลือกผลลำไยพันธุ์ดอ อายุประมาณ 180 วันหลังดอกบาน ขนาดผลใกล้เคียงกัน ไม่มีรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลงจากสวนเกษตรกรในจังหวัดลำพูน ตัดก้านผลให้ยาวประมาณ 0.3 เซนติเมตร แล้วนำผลเดี่ยวเหล่านี้จุ่มลงในสารละลาย OA หรือ SA ความเข้มข้น 1 และ 10 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 10 นาที และผลที่จุ่มในน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ผึ่งให้ผิวแห้ง แล้วบรรจุผลลงในกล่องกระดาษลูกฟูก (30 ผล/กล่อง) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $82 \pm 5\%$ เป็นเวลา 7 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างผลในทุกๆ วันมาวิเคราะห์ ระดับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผล โดยการประเมินด้วยสายตาแล้วบันทึกเป็นเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผล (โดยเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่เกิดสีน้ำตาลที่ยอมรับคือไม่เกิน 25%) ค่าสีของเปลือกผล โดยใช้เครื่อง colorimeter (Minolta CR-200) แสดงในรูปของค่า L^* (สีเข้มหรือสีอ่อน) และค่า b^* (สีเหลือง) ประเมินการยอมรับคุณภาพผลโดยรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale (ระดับที่ยอมรับคือมากกว่า 5) กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และปริมาณ H_2O_2 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 30 ผล และวิเคราะห์ความแตกต่างของกรรมวิธีทดลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows version 15 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยทำการทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม 2560 ณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาของพืชและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลการทดลอง

การเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยในทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นตามลำดับเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผลที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย OA และ SA มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วง 7 และ 4 วันแรกของการเก็บรักษา ตามลำดับ โดยผลลำไยที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย OA ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่า 25% ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา รองลงมาคือสารละลาย OA ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ ชุดควบคุม และชุดที่จุ่มในสารละลาย SA ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่า 25% เพียง 3, 2 และ 1 วันของการเก็บรักษาตามลำดับ (Figure 1A) ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลลำไยที่แสดงในรูปค่า L^* และค่า b^* พบว่าผลที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย OA ทั้งสองความเข้มข้นมีค่า L^* และค่า b^* สูงกว่าชุดควบคุมและชุดสารละลาย SA และมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 1B-1C) รวมทั้งยังพบว่าผลลำไยที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย OA และ SA ทั้งสองความเข้มข้นได้รับคะแนนการยอมรับคุณภาพโดยรวม ซึ่งพิจารณาจากสีเปลือกผล กลิ่น ลักษณะเนื้อผล และรสชาติ สูงกว่าชุดควบคุมเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 และ 5 วัน ตามลำดับ (Figure 1D)



กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และสูงที่สุดในวันที่ 2 แล้วลดต่ำลงหลังจากนั้น ผลลำไยที่จุ่มในสารละลาย OA และ SA มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วง 7 และ 3 วัน ตามลำดับ โดยสารละลาย OA ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO 24.04% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา (Figure 1E)

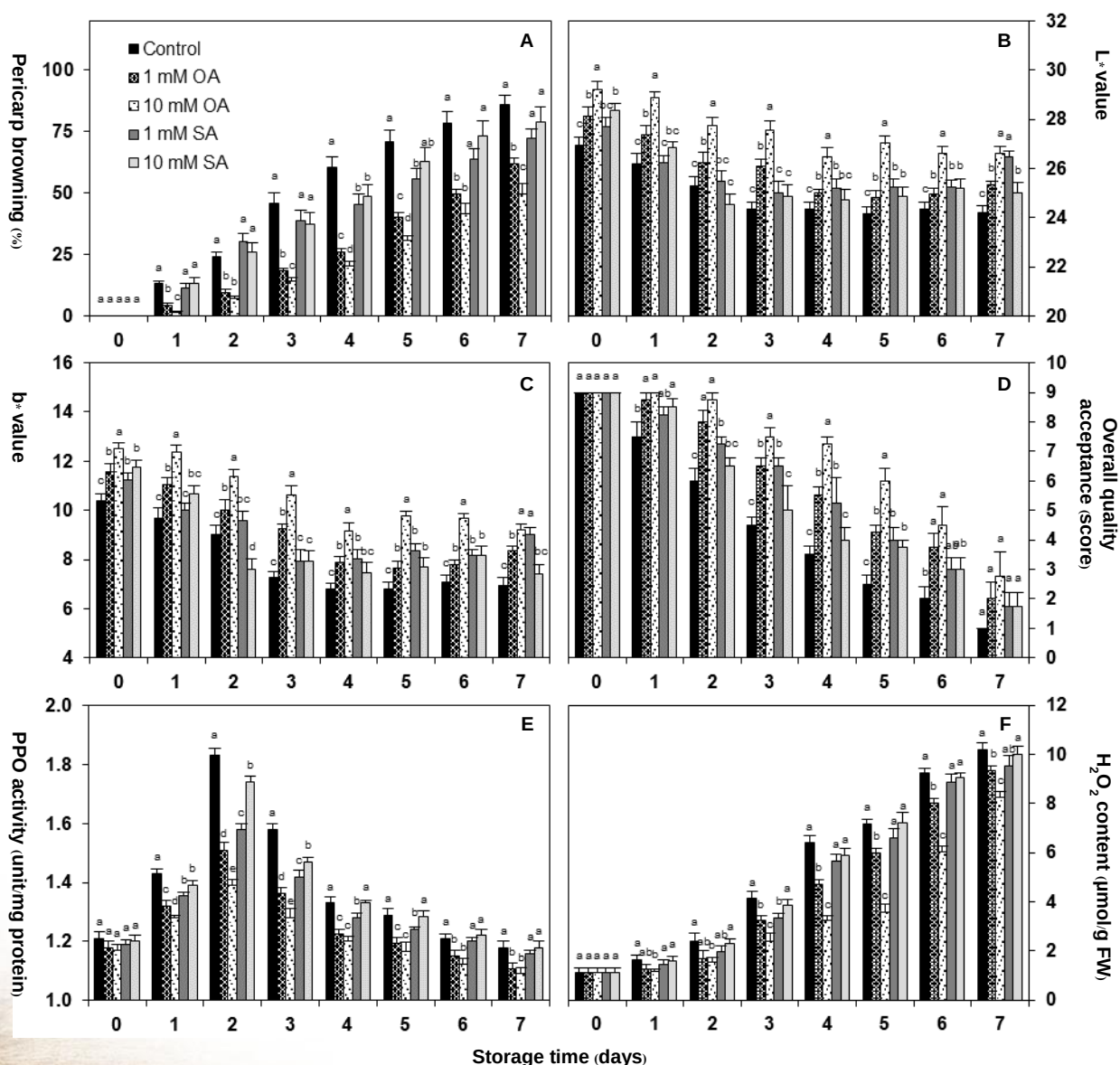


Figure 1 Changes in pericarp browning (A), L* (B) and b* (C) values, overall quality acceptance (D), PPO activity (E) and H₂O₂ content (F) of longan fruit during storage at 25±1°C for 7 days. Bars (standard deviation) with the same letter in each sampling time are not significant difference. (n=3).



วิจารณ์ผลการทดลอง

การจุ่มผลลำไยในสารละลาย OA สามารถลดและชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยได้ดีกว่าสารละลาย SA (Figure 1A) รวมทั้งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของสารละลาย OA โดยสารละลาย OA ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ มีประสิทธิภาพสูงกว่าความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ สอดคล้องกับค่าสีเปลือกผลที่พบว่าการจุ่มผลลำไยในสารละลาย OA ช่วยรักษาเปลือกผลลำไยไม่ให้มีสีคล้ำและมีสีเหลืองไว้ได้ดีกว่าการจุ่มในสารละลาย SA โดยมีค่า L^* และ b^* สูงและลดลงช้ากว่านั่นเอง (Figure 1B-1C) ซึ่งศักยภาพของ OA ในการลดการเกิดสีน้ำตาลนี้ให้ผลเช่นเดียวกับงานทดลองใช้ OA ความเข้มข้นต่ำ 2-4 มิลลิโมลาร์ (Zheng and Tian, 2006) และ OA ความเข้มข้นต่ำ 10 มิลลิโมลาร์ (Mohamed *et al.*, 2016) ที่สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่และผลส้ม ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าการจุ่มผลลำไยในสารละลาย OA ยังช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา โดยได้รับคะแนนการยอมรับคุณภาพโดยรวมสูงกว่าชุดควบคุมและชุดสารละลาย SA (Figure 1D) ทั้งนี้สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจาก OA ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเป็นดัชนีสำคัญของคุณภาพผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว

การจุ่มผลลำไยในสารละลาย OA ยังช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ดีกว่าสารละลาย SA (Figure 1E) ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลต่ำลง ซึ่งอาจเป็นผลให้เปลือกผลเกิดสีน้ำตาลน้อยลง โดยระดับความเข้มข้นดีที่สุดคือ 10 มิลลิโมลาร์ ซึ่งสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO 24.04% เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในผลส้มที่แสดงให้เห็นว่า OA ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลง 56-62% สัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลส้มที่ลดลง (Mohamed *et al.*, 2016) ในขณะที่การจุ่มผลลำไยในสารละลาย SA ลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้เพียงเล็กน้อยและในช่วงแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น ซึ่งส่งผลให้ลดการเกิดสีน้ำตาลได้ไม่ดีเท่ากับสารละลาย OA นอกจากนี้การจุ่มผลลำไยในสารละลาย OA ยังมีผลลดการสะสมอนุมูลอิสระ H_2O_2 ในเปลือกผลลำไยได้ (Figure 1F) สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาในผลกล้วยที่พบว่าการใช้ OA ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ สามารถลดการสะสม H_2O_2 ในเปลือกผลกล้วย ทำให้การเสื่อมสภาพของผลกล้วยลดลง (Huang *et al.*, 2013)

กลไกสำคัญในการลดการเกิดสีน้ำตาลของ OA และ SA ความเข้มข้นต่ำอาจเกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณโดยสันนิษฐานว่า OA และ SA ทำหน้าที่เป็นสารส่งสัญญาณหรือกระตุ้นการสร้างสารส่งสัญญาณขั้นที่ 2 (secondary messenger) เช่น H_2O_2 ในช่วงต้นๆ ของระบบส่งสัญญาณ ซึ่งไปกระตุ้นการทำงานของโปรตีน mitogen-activated protein kinase (MAPK) ในกระบวนการถ่ายทอดสัญญาณ ส่งผลให้มีการตอบสนองในระดับเซลล์ในเรื่องการส่งเสริมการแสดงออกของยีนและการทำงานของเอนไซม์ในระบบต้านออกซิเดชัน เช่น เอนไซม์แคตาเลส แอสคอร์เบทเปอร์ออกซิเดส กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส และซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (Rhee *et al.*, 2003; Liu and He, 2017) ทำให้สามารถกำจัดและลดปริมาณอนุมูลอิสระ H_2O_2 ของเปลือกผล



ลำไยหลง ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการชักนำให้เกิดความเครียดออกซิเดชันและความเสียหายของเมมเบรน จึงทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างสารประกอบ ฟีนอลและออกซิเจนโดยมีเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งลดลง การเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยจึงลดลงในที่สุด

ผลการศึกษานี้พบว่า OA มีศักยภาพช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกและรักษาคุณภาพผลลำไยได้ดีกว่า SA ทั้งนี้เกิดจากการที่ OA ในระดับความเข้มข้น 1-10 มิลลิโมลาร์นี้ เหมาะสมในการชักนำหรือกระตุ้นให้ระบบส่งสัญญาณในการต้านออกซิเดชันทำงานได้ดีขึ้น ส่งผลให้สามารถลดการสะสมอนุมูลอิสระ H_2O_2 และลดการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ดีกว่า SA นั่นเอง

สรุปผลการทดลอง

การจุ่มผลลำไยพันธุ์ดอในสารละลาย OA ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ สามารถชะลอและลดการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวให้ผลดีที่สุด ผ่านการลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และลดการสะสมอนุมูลอิสระ H_2O_2

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. 10400 ที่สนับสนุนทุนการวิจัยและเชื้อเพื่อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chomkitichai, W., A. Chumyam, P. Rachtanapan, J. Uthaibutra and K. Saengnil. 2014. Reduction of reactive oxygen species production and membrane damage during storage of 'Daw' longan fruit by chlorine dioxide. *Scientia Horticulturae* 170: 143-149.
- Huang, H., G. Jing, L. Guo, D. Zhang, B. Yang, X. Duan, M. Ashraf and Y. Jiang. 2013. Effect of oxalic acid on ripening attributes of banana fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology* 84: 22-27.
- Jiang, Y.M., Z. Zhang, D.C. Joyce and S. Ketsa. 2002. Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). *Postharvest Biology and Technology* 26: 241-252.
- Liu, Y. and C. He. 2017. A review of redox signaling and the control of MAP kinase pathway in plants. *Redox Biology* 11: 192-204.
- Mohamed, M.A.A., A.F. Abd El-khalek, H.G. Elmehrat and G.A. Mahmoud. 2016. Nitric oxide, oxalic acid and hydrogen peroxide treatments to reduce decay and maintain postharvest quality of 'Valencia' orange fruits during cold storage. *Egyptian Journal of Horticulture* 43: 137-161.
- Rhee, S.G., T.S. Chang, Y.S. Bae, S.R. Lee and S.W. Kang. 2003. Cellular regulation by hydrogen peroxide. *Journal of the American Society of Nephrology* 14: S211-S215.
- Zheng, X. and S. Tian. 2006. Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chemistry* 96: 519-523.



อายุเก็บเกี่ยวของทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่สัมพันธ์กับคุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยว

ยุพิน อ่อนศิริ¹ เจริญ ขุนพรสม¹ และ ธีรุต ร่มโพธิ์ภักดิ์^{1,2}

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอายุเก็บเกี่ยว ของทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (อายุ 93, 100, 107, 114, 121 และ 128 วัน ภายหลังดอกบาน) ต่อการสุกและความสัมพันธ์ของคุณภาพเนื้อผล โดยเก็บเกี่ยวผลทุเรียนจากสวนในจังหวัด จันทบุรี รวม 5 สวนในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว ปี 2560 นำมาบ่มด้วยเอทิลฟอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์) และตรวจสอบคุณภาพทางเคมีตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนกระทั่งผลสุก พบว่า ผลทุเรียนมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งภายหลังการเก็บเกี่ยว เพิ่มขึ้น ตามอายุผล และเมื่ออายุผล 114 วัน และแก่กว่า เนื้อผลมีค่าน้ำหนักแห้งมากกว่า 32 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางเคมีและประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อเมื่อสุก พบความสัมพันธ์ของน้ำหนักแห้ง กับน้ำตาลซูโครส ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ คะแนซิม และปริมาณไขมัน ตามลำดับ มากกว่าความสัมพันธ์กับปริมาณแป้ง แสดงให้เห็น คุณลักษณะทางเคมีของเนื้อทุเรียน ที่สัมพันธ์กับคุณภาพในการบริโภค สามารถใช้คาดการณ์คุณภาพของผล ได้เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้ง

คำสำคัญ : ทุเรียน คุณภาพ การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

¹ ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

ผลของไอโซนไมโครบับเบิลต่อการลดปริมาณสารตกค้างคลอไพริฟอสในผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง

วิริญญ์ สิงห์โกราช¹ จ่านงค์ อุทัยบุตร^{1,2} และกานดา หวังชัย^{1,2*}

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้ไอโซนไมโครบับเบิลต่อการลดปริมาณสารตกค้างคลอไพริฟอสตกค้างในผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยนำผลส้มสายน้ำผึ้งมาล้างด้วยไอโซนไมโครบับเบิลที่อุณหภูมิ 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำน้ำที่ใช้ล้างผลส้มสายน้ำผึ้งของทุกชุดการทดลองมาวัดค่า pH, ค่าความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน (oxidation reduction potential; ORP) และวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การลดลงของสารตกค้างคลอไพริฟอสบนผลส้มสายน้ำผึ้ง จากการทดลองพบว่า การล้างผลส้มสายน้ำผึ้งด้วยไอโซนไมโครบับเบิลที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที โดยมีค่า pH เท่ากับ 7.6 และค่า ORP เท่ากับ 991 mV สามารถลดปริมาณสารตกค้างคลอไพริฟอสได้ดีที่สุดเท่ากับ 80.40% โดยแตกต่างจากชุดควบคุมที่ล้างด้วยน้ำกลั่นที่สามารถลดปริมาณสารตกค้างคลอไพริฟอสได้เพียง 5.17% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังจากนั้นนำผลส้มสายน้ำผึ้งไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักสด, ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity; TA), การเกิดโรค และปริมาณวิตามินซี ของผลส้มสายน้ำผึ้งในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ล้างด้วยน้ำกลั่น ดังนั้นการล้างด้วยไอโซนไมโครบับเบิลที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณสารตกค้างคลอไพริฟอสได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลส้มสายน้ำผึ้ง

คำสำคัญ : ไอโซนไมโครบับเบิล สารตกค้างคลอไพริฟอส ส้มสายน้ำผึ้ง

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

² ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ 10400

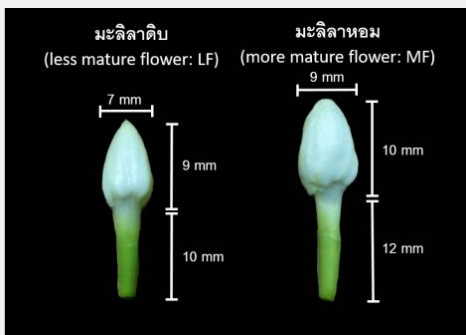
ทำไมดอกมะลิลาจึงมีกลิ่นหอม เมื่อดอกบาน?

วชิรญา อัมสบาย และ พรทิพย์ ตรงชื่น
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

ดอกมะลิลา (*Jasminum sambac* Ait.) พันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ราชวัตรบุรณะ พันธุ์แม่กลอง และ พันธุ์ชุมพร เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวดอกมะลิลาสองช่วงเวลา คือ เก็บเกี่ยวช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยเรียกดอกมะลิลาที่เก็บเกี่ยวตอนเช้าว่า **มะลิลาสีขาวอมเขียว** หรือมะลิลาดิบ ส่วนดอกมะลิลาที่เก็บเกี่ยวในตอนบ่ายจะเรียกว่า **มะลิลาสีขาว** หรือมะลิลาหอม

มะลิลาสีขาวอมเขียว: ดอกจะมีสีขาวยอมเขียว ดอกตูมปิดสนิท

มะลิลาสีขาว: ดอกมีสีขาวยาวนวล ขนาดดอกตูมใหญ่และมีกลิ่นหอมมากกว่า (ภาพที่ 1)

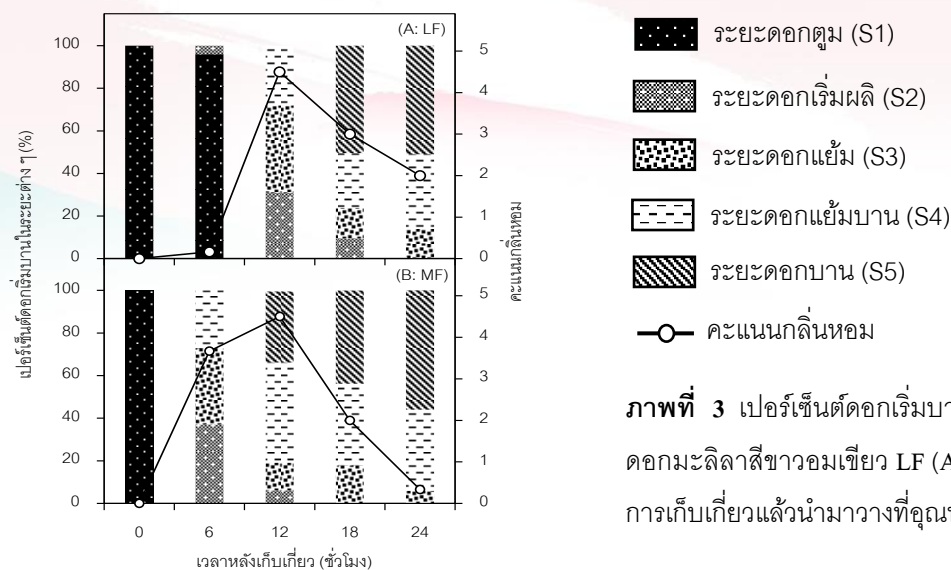


ภาพที่ 1 ดอกมะลิลาสีขาวอมเขียว หรือมะลิลาดิบ (ขวามือ) และมะลิลาสีขาว หรือมะลิลาหอม (ซ้ายมือ)



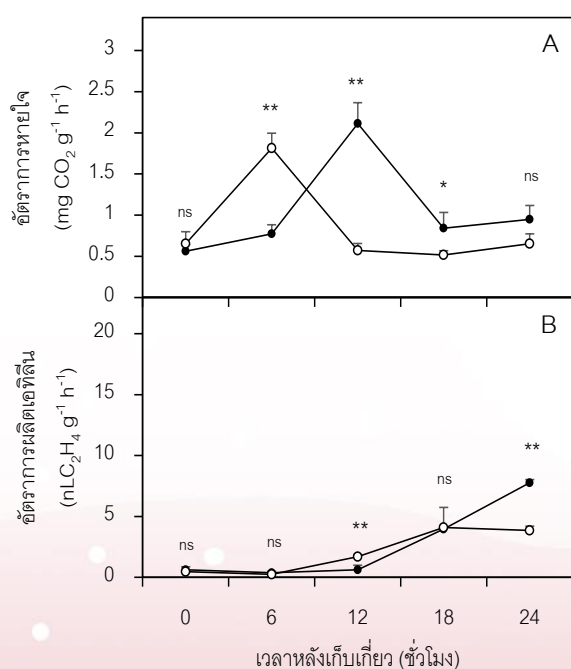
ภาพที่ 2 ระยะการบานของดอกมะลิลา ได้แก่ ระยะดอกตูม (S1: close bud) ระยะดอกผลิ (S2: just opening) ระยะดอกแย้ม (S3: partially opening) ระยะดอกแย้มบาน (S4: half opening) และ ระยะดอกบาน (S5: fully opening)

ดอกมะลิลาเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วจะบานภายใน 24 ชั่วโมง จึงเป็นที่น่าสนใจว่าดอกมะลิลาส่งกลิ่นหอมใน ระยะใดของการบานและมีสารหอมระเหยแตกต่างกันหรือไม่ในดอกมะลิลาสองระยะนี้ จากการทำวิจัยพบว่าดอก มะลิลาสีขาวอมเขียวจะเริ่มบานภายในเวลา 12 ชั่วโมง โดยเริ่มพบดอกระยะเริ่มผลิและระยะแย้มเพิ่มขึ้นซึ่งเป็น ระยะเวลาเดียวกันกับที่ดอกมีกลิ่นหอมสูงสุด ขณะที่ดอกมะลิลาสีขาวจะเริ่มบานได้เร็วกว่าดอกมะลิลาสีขาวอม เขียวโดยปรากฏระยะดอกเริ่มผลิและดอกแย้มเกิดขึ้นและมีกลิ่นหอมสูงสุดภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง หลังการ เก็บเกี่ยว หลังจากนั้นดอกมะลิลาทั้งสองระยะจะบานเต็มที่ภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 2 และ 3)



ภาพที่ 3 เปอร์เซนต์ดอกเริ่มบานในระยะต่าง ๆ และคะแนนกลิ่นหอมของดอกมะลิลาสีขาวอมเขียว LF (A) และดอกมะลิลาสีขาว MF (B) ภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ดอกมะลิลาสีขาวอมเขียวและดอกมะลิลาสีขาวมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นในช่วงระยะเริ่มต้นของการบาน และมีอัตราการหายใจสูงสุดเกิดขึ้นเมื่อดอกอยู่ในระยะดอกเริ่มผลิและระยะดอกแย้มซึ่งเป็นช่วงที่ดอกมะลิลาสีขาวอมเขียวและดอกมะลิลาสีขาวมีกลิ่นหอมสูงที่สุดอีกด้วย จากนั้นเมื่อดอกเริ่มบานได้อย่างสมบูรณ์พบอัตราการหายใจลดต่ำลง ขณะที่อัตราการผลิตเอทิลีนของดอกมะลิลาสีขาวอมเขียวและมะลิลาสีขาวกลับมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นหลังจากผ่านช่วงที่มีการหายใจสูงสุด ในขณะเดียวกันเริ่มแสดงอาการกลีบดอกเหี่ยวเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับอัตราการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการผลิตเอทิลีนสูงสุดที่ 24 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว ดอกมะลิลาทั้งสองระยะความสมบูรณ์แสดงอาการกลีบดอกเหี่ยวเกิดขึ้นชัดเจน แต่ยังไม่พบอาการกลีบดอกเปลี่ยนสีเป็นน้ำตาลหรือม่วงเกิดขึ้น (ภาพที่ 4 และ 5)



ภาพที่ 4 อัตราการหายใจ (A) และการผลิตเอทิลีน (B) ของดอกมะลิลาสีขาวอมเขียว (LF) และดอกมะลิลาสีขาว (MF) ภายหลังการเก็บเกี่ยวแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

A: ดอกมะลิลาสีขาวอมเขียว (LF)



B: ดอกมะลิลาสีขาว (MF)

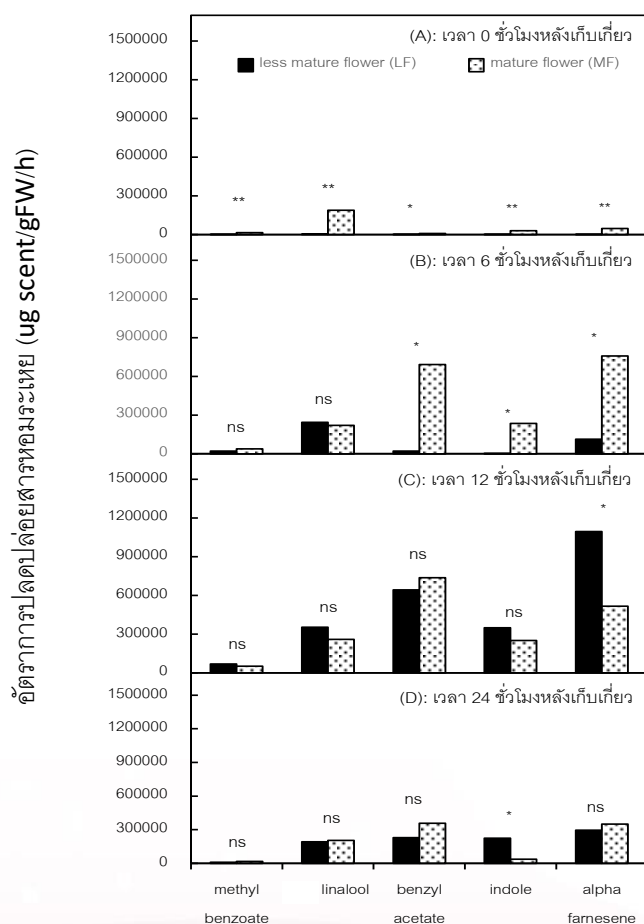


ภาพที่ 5 การบานของดอกมะลิลาสีขาวอมเขียว (A) และดอกมะลิลาสีขาว (B) ก่อนเก็บรักษา (วันที่ 0)
ระหว่างนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ดอกมะลิลาสีขาวอมเขียวและดอกมะลิลาสีขาวมีองค์ประกอบของสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหอมของดอกมะลิลาเมื่อนำดอกตูมมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้วิธี Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) ประกอบด้วย สารประกอบทั้งหมด 19 ชนิด แบ่งเป็น สารประกอบเอสเทอร์ 8 ชนิด (cis hexenyl-1-acetate, methyl benzoate, benzyl acetate, ethyl benzoate, methyl salicylate, beta phenylethyl acetate, methyl anthranilate และ 3-hexen-1-ol benzoate) แอลกอฮอล์ 2 ชนิด (benzyl alcohol และ linalool) เทอร์พีน 5 ชนิด (1,3,7-octatriene, linalool, germacrene D, germacrene B และ alpha farnesene) และสารอื่น ๆ 5 ชนิด ได้แก่ benzyl nitrile, butanoic acid, indole, isodene และ 1-hydroxy-1

การปลดปล่อยสารหอมระเหยหลักในดอกมะลิลาเป็นสารประเภทเอสเทอร์และเทอร์พีนเป็นหลัก ได้แก่ alpha farnesene, benzyl acetate, linalool, indole และ methyl benzoate ตามลำดับ มีการปลดปล่อยสารหอมแต่ละชนิดในอัตราส่วนที่จำเพาะประกอบกันเป็นกลิ่นหอมเฉพาะของดอกมะลิลา โดยมีอัตราการปลดปล่อยแปรผันตามระยะการพัฒนาดอกมะลิลา ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อดอกกำลังพัฒนาการบานอยู่ในระยะดอกแย้ม (S3) และระยะดอกแย้มบาน (S4) ทำให้ดอกมะลิลาที่มีกลิ่นหอมสูงสุดเมื่อดอกกำลังบาน และมีกลิ่นหอมลดลงหลังดอกบานแล้ว

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของอัตราการปลดปล่อยกลิ่นหอมหลักแต่ละชนิดของดอกมะลิหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วหลังนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในดอกมะลีสีขาวอมเขียวและดอกมะลีสีขาวระยะดอกตูม (ไม่มีกลิ่นหอม) (0 ชั่วโมง) พบอัตราการปลดปล่อยสารหอมระเหยหลักต่ำทุกชนิด และมีอัตราการปลดปล่อย linalool เป็นหลักมากกว่า 60% ของสารหอมระเหยหลักของมะลิสีขาทั้ง 5 ชนิด เมื่อดอกพัฒนาการบานเพิ่มขึ้นจะเริ่มปลดปล่อยสารหอมแต่ละชนิดสูงขึ้น โดยเฉพาะ alpha farnesene และ benzyl acetate เป็นส่วนใหญ่ จนถึงช่วงที่มีกลิ่นหอมสูงสุดปรากฏสัดส่วนขององค์ประกอบสารหอมระเหยหลักชนิด alpha farnesene มากที่สุด รองมา benzyl acetate, linalool, indole, methyl benzoate ตามลำดับ ภายหลังกดอกบานสมบูรณ์พบอัตราการปลดปล่อยสารหอมระเหยทุกชนิดลดลงและมีสัดส่วนของ alpha farnesene, benzyl acetate และ linalool ปลดปล่อยเป็นสัดส่วนใกล้เคียงกันทั้งสองระยะความบริบูรณ์ สอดคล้องกับกลิ่นหอมลดลงภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามดอกมะลีสีขาวอมเขียวยังคงส่งกลิ่นหอมได้อยู่ในระดับน้อย ขณะที่ดอกมะลีสีขาวไม่มีกลิ่นหอมแล้ว (ภาพที่ 6)



สารหอมระเหยหลักของดอกมะลิ

ภาพที่ 6 อัตราการปลดปล่อยสารหอมระเหยหลักของดอกมะลีสีขาวอมเขียว (LF) และดอกมะลีสีขาว (MF) ภายหลังกการเก็บเกี่ยวแล้วนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

■ มะลีสีขาวอมเขียว (LF)
 ■ มะลีสีขาว (MF)

การใช้สารละลายบรรจุเปียกร่วมกับการรม 1-methylcyclopropene ต่อคุณภาพของกล้วยไม้หวายพันธุ์การค้าลึงสม Methyl Bromide

ผศ.ดร. วชิรญา อัมสabay
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกไปยังสหรัฐอเมริกา มีข้อกำหนดให้รม methyl bromide (MB) เพื่อกำจัดเพลี้ยไฟ โดยในขณะ รม MB ภายในห้องรมมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดอกไม้จึงมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณภาพและอายุการใช้งานของดอก กล้วยไม้ลดลงเมื่อถึงประเทศปลายทาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสูตรสารละลายบรรจุเปียก ร่วมกับการรมสาร 1-methylcyclopropene (1-MCP) เพื่อลดความเสียหายหลังการรม MB เมื่อนำดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน และพันธุ์ บุรณเจตเสียบหลอดสารละลายบรรจุเปียก (aluminum sulfate $[Al_2(SO_4)_3]$ 25 mg/L + 8-hydroxyquinoline sulfate (HQS) 225 mg/L + sucrose 4%) ร่วมกับที่ไม่รม หรือรม 1-MCP แบบเม็ด (1/8 เม็ด ต่อกล่อง) หรือแบบผง (500 ml/l, นาน 2 ชั่วโมง) แล้วรวม ด้วย MB ความเข้มข้น 24 g/m³ นาน 90 นาที และจำลองการขนส่งเป็นเวลา 1 วัน พบว่า คะแนนความสดเมื่อเปิดกล่องอายุปัก แจกกัน หลังจำลองการขนส่ง ดอกบานเสื่อมสภาพ และ ดอกตูมบานเพิ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นการใช้สารละลายบรรจุเปียก ร่วมกับการรม 1-MCP ไม่สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการใช้งานของดอกกล้วยไม้หวายพันธุ์ขาวสนาน และพันธุ์บุรณเจต หลังรม MB ได้

ผลของการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศและชนิดของบรรจุภัณฑ์ ต่อคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภค

รองศาสตราจารย์ ดร. พิษญา พูลลาภ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ความนิยมผักตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh cut) มีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น การใช้เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวในการ พัฒนาระบบการผลิต เพื่อให้สินค้าปลอดภัยมีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามผักตัดแต่งพร้อม บริโภคมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักที่ไม่ได้ผ่านการตัดแต่ง เพราะมีบาดแผลเกิดขึ้นจากการตัดแต่ง เป็นช่องทางให้เชื้อจุลินทรีย์เข้า ทำลายได้ง่าย ทำให้ผักตัดแต่งเสื่อมสภาพเร็ว มีอายุการเก็บรักษาสั้น การลดอุณหภูมิด้วยระบบสุญญากาศเป็นวิธีการลดอุณหภูมิ ที่รวดเร็วและสม่ำเสมอที่สุด ผลผลิตจะเย็นลงอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับการลดอุณหภูมิโดยวิธีการอื่นๆ การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ ดำเนินการในสภาพที่มีความดันต่ำ ซึ่งจะดูดเอาอากาศออกจากห้องลดอุณหภูมิ เมื่อความดันบรรยากาศลดลงทำให้น้ำในผลผลิต เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอระเหยออกได้ง่ายโดยใช้ความร้อนจากผลผลิตทำให้ผลผลิตมีอุณหภูมิลดต่ำลง โดยผลผลิตที่มีพื้นที่ ผิวมากจะมีการคายความร้อนได้ดี งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ต่อ การคงคุณภาพ และอายุการวางจำหน่ายผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคซึ่งประกอบด้วยผักกาดหอมตัดแต่งสองชนิด คือ ผักกาดหอมใบแดง และผักกาดหอมกรีนโอ๊ค ในการศึกษาสภาวะการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศ ผักกาดหอมตัดแต่งที่ผ่านการ ลดอุณหภูมิตามสภาวะที่เหมาะสมจะถูกบรรจุรวมกันในอัตราส่วน 1:1 ในบรรจุภัณฑ์สองชนิด คือ ถุงพอลิโพรไพลีน และถุง พอลิเอทิลีนเจาะรู และเก็บรักษาบนชั้นวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 4±1°C

(อ่านต่อหน้า 14)

ผลสัมฤทธิ์งานวิจัยศูนย์ฯ (ต่อจากหน้า 13)

จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการลดอุณหภูมิผักกาดหอมใบแดง และผักกาดหอมกรีนไช้ค โดยใช้ระบบสุญญากาศ คือ การใช้ความดันสุดท้ายภายในห้องลดอุณหภูมิที่ 6 และ 6.5 มิลลิบาร์ ตามลำดับ โดยให้ระยะเวลาที่ผลิตผลอยู่ภายใต้ความดันที่กำหนดเป็นเวลา 5 นาที อายุการวางจำหน่ายของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคทั้งสองชนิดที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศมีอายุการวางจำหน่ายเป็นเวลา 8 วัน ซึ่งนานกว่าผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคทั้งสองชนิดที่ไม่ได้ผ่านการลดอุณหภูมิซึ่งมีอายุการวางจำหน่ายเพียง 5 วัน ส่วนชนิดของบรรจุภัณฑ์พบว่าไม่มีผลต่ออายุการวางจำหน่าย



ลักษณะปรากฏของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิด PP(ก) และ PE(ข) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน



ลักษณะปรากฏของผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิด PP(ก) และ PE(ข) แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน



Postharvest Newsletter

ผู้อำนวยการศูนย์ฯ : ศาสตราจารย์ ดร. ถนีย์ มุณยเกียรติ

คณะบรรณาธิการ : ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนพานนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เยาวลักษณ์ จันทน์บาง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษาวดี ชนสุต
นางจุฑานันท์ ไชยเรืองศรี

ผู้ช่วยบรรณาธิการ : นายบัณฑิต ชุมภูสัย
นางปุกนิภา จันทาสุ่น
นางสาวปิยภรณ์ จันจรมานิตย์
นางละอองดาว วาณิชสุขสมบัติ

ฝ่ายจัดพิมพ์ : นางสาวรัชกร ยาลังภาณุจณ์

สำนักงานบรรณาธิการ : PHT Newsletter ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ +66(0)5394-1448 โทรสาร +66(0)5394-1447
www.phtnet.org E-mail : phtic@phtnet.org