KKU Res. J. 2014; 19(6): 875-885
http : //resjournal.kku.ac.th

ผลของการใช้วัตถุเจือปนในอาหารพวกแอคทีฟออกซีเจนต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

Effect of Hydrogen Peroxide and Peroxyacetic Acid to Control Anthracnose Disease of Mango cv. Nam Dok Mai.

อภิรดี เมืองเดช[1*]
Apiradee Muangdech[1*]

[1]*สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ (Department of chemistry, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindsa University)*
**Correspondent author: apiradeem@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของวัตถุเจือปนในอาหารพวกแอคทีฟออกซีเจน ได้แก่ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดเปอร์ออกซีแอซิติก ในรูปแบบสารเดี่ยวและสารผสมในชื่อการค้าว่า วอร์เท็กซ์ (vortexx) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยนำ *C.gloeosporioides* มาเลี้ยงบน Potato Dextrose Agar และนำมาทดสอบกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดเปอร์ออกซีแอซิติก และวอร์เท็กซ์ ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5 % พบว่าแอคทีฟออกซีเจนทุกความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *C. gloeosporioides* ได้ ในขณะที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.1 % สามารถชะลอการเจริญของเส้นใยได้ เมื่อพ่น *C. gloeosporioides* ไปยังผลมะม่วงและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนให้กรดเปอร์ออกซีแอซิติก และวอร์เท็กซ์ ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.25 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C พบว่า หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ชุดที่ได้รับกรดเปอร์ออกซีแอซิติก และวอร์เท็กซ์ 0.25 % สามารถต้านทานการเกิดโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพของผล เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความแน่นเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก แต่ชุดที่ให้วอร์เท็กซ์ 0.25 % มีดัชนีการเกิดสีเหลืองที่เปลือกต่ำที่สุด การนำมะม่วงน้ำดอกไม้มาพ่นด้วยกรดเปอร์ออกซีแอซิติก และวอร์เท็กซ์ ที่ความเข้มข้น 0.25 % หลังจากที่พ่น *C. gloeosporioides* ไปยังผลมะม่วงและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 13 °C พบว่าสามารถชะลอการเกิดโรคได้ 4 และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ ทั้งนี้การให้สารทั้ง 2 ชนิดและนำไปเก็บรักษาไว้ที่ 8 และ 13 °C มีผลทำให้ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และยังทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักลดลง ฉะนั้นกรดเปอร์ออกซี แอซิติก และวอร์เท็กซ์จึงสามารถใช้เป็นสารล้างทำความสะอาดผลมะม่วงเพื่อการส่งออกได้

ABSTRACT

The effect of hydrogen peroxide and peroxyacetic acid, single or mixed as a commercial vortexx (hydrogen peroxide / peroxyacetic acid/ acetic acid/ caprylic acid), on the growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, a causal agent of anthracnose disease in 'Nam Dok Mai' mango was investigated. *C gloeosporioides* was cultured on potato dextrose agar and treated with hydrogen peroxide, peroxyacetic acid and vortexx at the concentrations of 0.1, 0.25 and 0.5%. It was found that active oxygen of all concentrations inhibited the growth of *C gloeosporioides*, but 0.1% hydrogen peroxide growth delayed. The mango fruits were sprayed with *C.gloeosporioides* and left for 24 hours before treat with peroxyacetic acid and vortexx at 0.1 and 0.25%, then stored at 25 °C. After 6 day storage, treating the fruits with 0.25% peroxyacetic acid and vortexx was the most effective in controlling of anthracnose disease. However, they had no effect on the fruit quality such as total soluble solids, titratable acid (TA), firmness and percentage of weight loss. The fruits treated with 0.25% vortexx had the lowest Yellow index of the peel. Those treated with 0.25% peroxyacetic acid and vortexx after spraying with *C.gloeosporioides* and left for 24 hours and then kept at 8 and 13 °C could delay disease incidence for 4 and 3 weeks respectively. However, the treated fruits kept at 8 and 13 °C showed an increasing in TA and firmness and decreased the percentage of weight loss. Therefore, peroxyacetic acid or vortexx could be used for a commercial cleaning solution for mango before exporting.

คำสำคัญ: ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, กรดเปอร์ออกซีแอซิติก, วอร์เท็กซ์, แอนแทรคโนส, มะม่วงน้ำดอกไม้

Keywords: hydrogen peroxide, peroxyacetic acid, vortexx, anthracnose, mango cv. Nam Dok Mai.

1. บทนำ

ความสูญเสียของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ในเขตร้อนถือเป็นปัญหาใหญ่ ที่เกี่ยวข้องกับการตลาดของผลิตผลเหล่านี้ซึ่งมีจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องหลายชนิด โดย Eckert (1) และ Snowdon (2) ได้รายงานไว้ว่าจุลินทรีย์เหล่านี้เมื่อเข้าทำลายผลิตผลก่อให้เกิดความเสียหายในระหว่างขนส่ง เก็บรักษา การตลาด และผู้บริโภค การลดความเสียหายจากโรคเหล่านี้จึงต้องมีการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโรค และเชื้อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องให้เข้าใจ รวมทั้งใช้การควบคุมอย่างถูกวิธี

โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. เป็นโรคที่มีความสำคัญมากกับมะม่วงทุกพันธุ์ซึ่งแต่ละพันธุ์มีความต้านทานต่อโรคแตกต่างกัน พันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคนี้ เช่นพันธุ์น้ำดอกไม้ ผลแก่จะมีแผลเน่าดำ ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงจะมีสปอร์สีชมพูเกิดขึ้นตามแผลที่เป็นโรค การกำจัดหรือลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสสามารถทำได้หลายวิธี การใช้สารเคมีฆ่าเชื้อราเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดความเสียหายจากโรคได้อย่างรวดเร็ว แต่ต้องใช้ให้เหมาะสมจึงจะเกิดประสิทธิภาพ นอกจากนี้สารดังกล่าวต้องไม่ทำให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลและสารพิษตกค้างไม่เกินข้อกำหนดระหว่างประเทศ (3) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาหาประสิทธิภาพของ สารกลุ่ม active oxygen ที่มีสมบัติเป็นสารออกซิแดนซ์ทั้งในรูปแบบสารเดี่ยวและสารผสม ประกอบด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide: H_2O_2) กรดเปอร์ออกซีแอซิติก (peroxyacetic acid: PAA) และสารผสม (vortexx: peroxyacetic acid/ hydrogen peroxide/ acetic acid/ caprylic acid) ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆในการลดปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญ

ของมะม่วง และศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่ม active oxygen ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว (อายุการเก็บรักษา) ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีอันตราย และลดการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยวตลอดจนการรักษาคุณภาพของผลมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อการส่งออก

2. วิธีวิจัย

2.1 การเตรียมผลมะม่วง

วัตถุดิบเป็นผลมะม่วงดิบพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวในระยะผลแก่ทางการค้า คัดเลือกผลมะม่วงที่มีระยะแก่เริ่มต้นใกล้เคียงกัน คือ อายุ 115 วันหลังดอกบาน จากสวนคุณมานพ แก้ววงษ์นุกูล อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อวันที่ 9 เมษายน 2554 โดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ คือ คัดเลือกผลมะม่วง ที่จมในน้ำเกลือ 1% (ถ.พ เท่ากับ 1.007) และลอยในน้ำเกลือ 3% (ถ.พ เท่ากับ 1.022) หลังจากนั้นล้างผลมะม่วงให้ผิวนอกสะอาด ผึ่งลมให้แห้ง

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 ศึกษาผลของ H_2O_2 , PAA และ vortexx ที่ความเข้มข้นต่างๆ ต่อการเจริญของเชื้อ *C.gloeosporioides* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำการเลี้ยงเชื้อรา *C. gloeosporioides* บนอาหาร PDA จนกระทั่งมีอายุ 5 วัน หลังจากนั้นนำไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยใช้ cork borer เบอร์ 2 เจาะขอบโคโลนีเชื้อรานำไปวางบนอาหาร PDA ที่ผสม H_2O_2, PAA และ vortexx ความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5 % ชุดที่ไม่ผสมสารในอาหารเป็นชุดควบคุมโดยวิธี Poisoned Food Technique แต่ละชุดมี 5 ซ้ำ บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 °C จนกระทั่งเชื้อเจริญ บันทึกการเจริญของเชื้อโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีทุกๆ 3 วันเป็นเวลา 9 วัน จากนั้นเลือกชุดการทดลองที่ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาโดยการเตรียมสารละลายแขวนลอยสปอร์ของ *C.gloeosporioides* ที่เลี้ยงเชื้อดังกล่าวเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นเติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อบนผิวหน้า จานอาหารแล้วเขี่ยสปอร์ของเชื้อราให้หลุดออกมา นำมากรองเศษวุ้นออกด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เขย่าสารแขวนลอยที่กรองได้ให้เข้ากัน ตรวจนับสปอร์ของเชื้อราด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้ counting chamber slide (haemacytometer) แล้วปรับความเข้มข้นสารแขวนลอยสปอร์ให้ได้จำนวน 2 x 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร นำสารละลายแขวนลอยสปอร์ที่เตรียมได้มาผสมกับ PAA และ vortexx ความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5 % ที่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบที่ 3, 6, 9 และ 12 ชั่วโมง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสปอร์เชื้อราแล้วบันทึกภาพ

2.2.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นต่อการควบคุมโรคของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยการปลูกเชื้อสาเหตุ *C.gloeosporioides* บนผิวมะม่วงแล้วทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ประเมินความรุนแรงของโรคเป็นคะแนนการเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

2.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของ PAA และ vortexx ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่ออายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โดยสเปรย์เชื้อสาเหตุ *C.gloeosporioides* ที่มีความเข้มข้น 2 x 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ให้เปียกชุ่มทั้งผลวางไว้ในตะกร้า 24 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างด้วยสารกลุ่ม active oxygen ใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสม และนำมะม่วงไปเก็บไว้ในตะกร้าวางไว้ที่อุณหภูมิ 8 และ 13 °C เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้วยการประเมินความรุนแรงของโรค

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินความรุนแรงในการเกิดโรคโดยให้คะแนนตามวิธีของสุขุมและคณะ (4) ได้แก่ 0 = ไม่เป็นโรค 1 = เกิดอาการโรค เป็นแผลเล็กขนาดเท่าหัวเข็มหมุด จำนวน 2-3 แผลและมองเห็นไม่ชัดเจน 2 = แผลค่อนข้างใหญ่ขนาด 3-4 มิลลิเมตร จำนวน 3-4 แผล และมีเนื้อที่ของแผลต่ำกว่า 5% ของเนื้อที่ผล 3 = เป็นโรค 5-12 % ของเนื้อที่ผล 4 = เป็นโรค 13-25 % ของเนื้อที่ผล 5 = เป็นโรค 26-50 % ของเนื้อที่ผล และ 6 = เป็นโรค มากกว่า 50 % ของเนื้อที่ผล และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักโดยทำการชั่งน้ำหนักทุกๆ 3 วัน แล้วนำมาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา - น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}} \times 100$$

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SX8 และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พร้อมทั้งทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วย least significant difference (LSD) โดยทดสอบระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$)

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

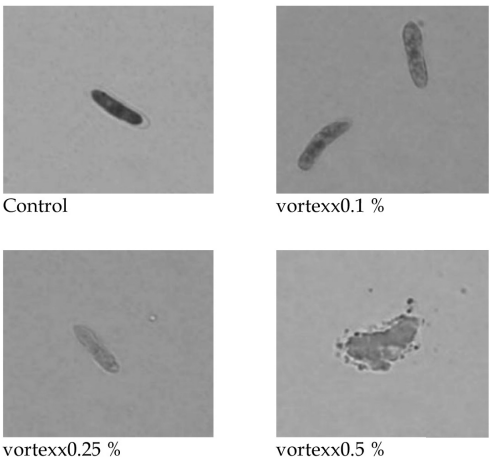
ผลการศึกษาของ H_2O_2 , PAA และ vortexx และการเปลี่ยนแปลงสัณฐานวิทยาต่อการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าชุดควบคุมมีเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อมากที่สุดโดยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ วันที่ 3 จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง รองลงมาคือชุดของ H_2O_2 ความเข้มข้น 0.1 % ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 หลังจากนั้นจะมีการเจริญของเชื้ออย่างช้าๆ ส่วนชุด PAA และ vortexx ทุกความเข้มข้นนั้นไม่พบการเจริญของเชื้อตลอดระยะเวลา 9 วัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญของเส้นใยของเชื้อ *C. gloeosporioides* ในอาหาร PDA ที่ผสมสาร H_2O_2 , PAA และ vortex ที่ความเข้มข้นต่างๆ และบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นระยะเวลา 9 วัน

กรรมวิธี	ขนาดของโคโลนี (cm)			
	0 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน
control	0	3.33	5.42	6.11
H_2O_2 0.1%	0	1.24	2.09	2.87
H_2O_2 0.25%	0	0	0	0
H_2O_2 0.5%	0	0	0	0
PAA 0.1%	0	0	0	0
PAA 0.25%	0	0	0	0
PAA 0.5%	0	0	0	0
vortexx 0.1%	0	0	0	0
vortexx 0.25%	0	0	0	0
vortexx 0.5%	0	0	0	0
F-test	-	*	*	*
CV (%)	-	14.70	16.31	17.55
$LSD_{0.05}$	-	0.55	0.72	0.70

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบพบว่าเมื่อได้รับ PAA 0.1, 0.25 และ 0.5 % หลังจากเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides* พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างคือ เซลล์ของสปอร์จะแตกและมีของเหลวไหลออกมาและมีบางสปอร์มีลักษณะยืดยาวผิดปกติจากเดิม ผนังเซลล์จะไม่เรียบซึ่งเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยสปอร์ของเชื้อยังมีสภาพปกติ ส่วนการได้รับ vortexx 0.1, 0.25 และ 0.5 % พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นทำให้สปอร์ได้รับความเสียหายมากขึ้น คือ ผนังเซลล์ผิดปกติโดยเฉพาะ vortexx ที่ความเข้มข้น 0.5 % ทำให้สปอร์แตกหักได้รับความเสียหายมากที่สุด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะสปอร์จากเชื้อ *C.gloeosporioides* ที่ผ่านการได้รับ vortexx ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5% จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อเทียบกับสปอร์ที่ไม่ได้ผ่านการให้สาร (ชุดควบคุม) เมื่อบ่มเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

จากการศึกษาผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสปอร์พบว่า เมื่อได้รับ PAA 0.1, 0.25 และ 0.5 % หลังจากเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides* พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างคือ เซลล์ของสปอร์จะแตกและมีของเหลวไหลออกมาและมีบางสปอร์ที่มีลักษณะยืดยาวผิดปกติจากเดิม ผนังเซลล์จะไม่เรียบซึ่งเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยสปอร์ของเชื้อยังมีสภาพปกติ ส่วนการได้รับ vortexx โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 0.5 % ทำให้สปอร์แตกหักได้รับความเสียหายมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่า acetic acid จึงสามารถทำลายผนังเซลล์ เยื่อบุเซลล์ โปรตีน หรือสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า (5) เช่นเดียวกับ vortexx ซึ่งประกอบด้วย acetic acid 20-30 %, H_2O_2 1-5 %, PAA 5-10 % และ caprylic acid 2-5 % นอกจากจะมีคุณสมบัติการเป็นตัวออกซิไดส์แล้ว ยังมีคุณสมบัติการเป็นกรดที่รุนแรงกว่า PAA โดยมีค่า pH เท่ากับ 1 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นเท่ากัน vortexx จึงมีความเป็นกรดที่รุนแรงกว่า นอกจากนี้คุณสมบัติของ caprylic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดหนึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดส์จึงสามารถทำลายผนังเซลล์ได้เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับการทดลองของ Whangchai et al. (6) ที่ทำการทดลองโดยให้โอโซน (O_3) กับสปอร์ของเชื้อ *Cladosporium* sp. ซึ่งเป็นเชื้อราก่อโรคในลำไย พบว่า O_3 เป็นสารออกซิไดส์ชนิดหนึ่งสามารถทำลายเซลล์ของเชื้อราให้สูญเสียความสามารถในการนำสารเข้าออกเซลล์ (cell permeability) ทำให้เซลล์แตกเสียหายและตายได้

ผลการศึกษาความเข้มข้นของ PAA และ vortexx ต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้โดยการปลูกเชื้อสาเหตุ *C. gloeosporioides* จากผลการทดลองพบว่า ความรุนแรงในการเกิดโรคมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในชุดควบคุมและชุดที่ให้สารโดยพบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะม่วงที่มีการสเปรย์เชื้อ *C. gloeosporioides* (ชุดควบคุม) พบการเกิดโรคมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 3.50 โดยผลมะม่วงมีลักษณะจุดสีดำกระจายอยู่ทั้งผล รองลงมาคือชุดที่ให้ vortexx 0.1 % ส่วนผลมะม่วงที่สเปรย์เชื้อและให้ PAA 0.25 % มีคะแนนการเกิดโรคต่ำที่สุด โดยไม่พบการเกิดโรค และไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดที่ให้ vortexx 0.25 % (ตารางที่ 2)

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน พบการเกิดโรคเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง โดยเมื่อเปรียบเทียบแต่ละชุดการทดลองให้ผลไปในทางเดียวกันกับเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน ชุดควบคุมเกิดโรค

เกือบทั้งผลมีคะแนนการเกิดโรคทั้งหมดเท่ากับ 5.5 รองลงมาคือชุดที่มีการสเปรย์เชื้อและให้ vortexx 0.1 % มีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 4.78 ส่วนชุดอื่นๆ มีทิศทางเดียวกันกับเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน โดยชุดที่ให้ PAA 0.25 % และชุดที่ได้รับ vortex 0.25 % มีค่าคะแนนการเกิดโรคต่ำสุด (ตารางที่ 2)

สาร H_2O_2 และ PAA สามารถใช้ได้ทั้งแบบสารเดี่ยวหรือสารผสม โดยมีสมบัติเป็นสารออกซิไดส์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เช่นเชื้อรา แบคทีเรีย และมีการใช้อย่างแพร่หลายเพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เช่น การผลิตนม เนื้อ ผัก ผลไม้ และเครื่องดื่ม เช่นการผลิตเบียร์ รวมทั้งเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอลล์ โดยสามารถทำลายสปอร์ของเซลล์ยีสต์ และแบคทีเรียได้ โดยไม่ทำให้กลิ่นและรสชาติของเครื่องดื่มเปลี่ยนไป (7) โดยสารในกลุ่มนี้สามารถย่อยสลายแบบ biodegradable ได้ง่าย โดย Bessems *et al.* (8) ได้ทดลองพบว่า PAA เป็นสารที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการใช้เป็นน้ำยาล้างผักและผลไม้เพื่อควบคุมเชื้อ *Escherichia coli* เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารอื่นๆ เช่น calcium hypochlorite, chlorine dioxide หรือ benzalkonium chloride

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการให้สารกลุ่ม active oxygen ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดโรค			
	0 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน
control	0	3.50a	4.35a	5.50a
PAA 0.1 %	0	0.78bc	1.64b	3.35bc
PAA 0.25%	0	0c	1.21b	2.64c
vortexx 0.1%	0	1.35b	2.21b	4.78ab
vortexx 0.25%	0	0.64bc	1.78b	3.07c
F-test	-	*	*	*
CV (%)	-	13.95	16.21	17.48
$LSD_{0.05}$	-	0.46	0.61	0.59

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงนัยสำคัญทางสถิติ

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยใน 3 วันแรกการได้รับสาร vortexx 0.25 % น้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็วและมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยเฉพาะในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดที่ได้รับ PAA 0.1 % มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเท่ากับ 12.48 % รองลงมาคือชุดที่ได้รับสาร vortexx 0.1 % เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 12.95 % อย่างไรก็ตามการให้สารกลุ่มนี้ทุกความเข้มข้นไม่มีค่าแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 3) จากการทดลองพบว่า ทุกชุดการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของสุธนัย ภักดี (9) ที่พบว่าการใช้ acetic acid หรือ PAA มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่แช่น้ำกลั่น

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการให้สารกลุ่ม active oxygen ที่ความเข้มข้นต่างๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (%)		
	0 วัน	3 วัน	6 วัน
control	0	7.18b	12.95
PAA 0.1 %	0	5.76a	12.48
PAA 0.25%	0	6.01ab	13.41
vortexx 0.1%	0	7.19b	12.91
vortexx 0.25%	0	7.43b	13.36
F-test	-	*	ns
CV (%)	-	10.62	11.02
$LSD_{0.05}$	-	0.75	1.83

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของ PAA และ vortexx ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่ออายุการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า ทุกชุดการทดลองช่วยลดคะแนนการเกิดโรคได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่อุณหภูมิ 8°C เมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 5 ผลมะม่วงที่สเปรย์เชื้อ *C. gloeosporioides* (ชุดควบคุม) มีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 4.38 ส่วนผลมะม่วงที่สเปรย์เชื้อและให้ PAA 0.25 % และ vortexx 0.25 % มีคะแนนการเกิดโรคเท่ากันคือ 0.71 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการให้สารกลุ่ม active oxygen ที่ความเข้มข้น 0.25 % แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8°C

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดโรค					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
control	0	3.17a	4.38a	4.05a	3.38a	4.38a
PAA 0.25 %	0	0.38b	1.05b	0.71b	0.71b	0.71b
vortexx 0.25%	0	0.38b	0.71b	0.71b	0.38b	0.71b
F-test	-	*	*	*	*	*
CV (%)	-	9.85	15.43	17.25	13.86	10.05
$LSD_{0.05}$	-	0.86	2.18	2.45	2.10	2.08

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนที่อุณหภูมิ 13 °C เมื่อเก็บรักษาถึงสัปดาห์ที่ 4 ผลมะม่วงที่มีการสเปรย์เชื้อ *C. gloeosporioides* (ชุดควบคุม) มีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 3.38 ส่วนผลมะม่วงที่สเปรย์เชื้อและให้ PAA 0.25 % และ vortexx 0.25 % มีคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 0.38 และ 0.71 ตามลำดับ (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับผลการทดลองของสุธนัย ภักดี (9) ที่พบว่าการใช้ PAA 0.3 % เป็นเวลา 3 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของโรคราเขียวหลังการเก็บเกี่ยว และ Mari *et al.* (10) พบว่าการจุ่มผลไม้จำพวกท้อ เชอร์รี่ เอพริคอท ใน PAA ความเข้มข้น 125 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อรา *Monilinia laxa* และ *Rhizopus stolonifer* นอกจากนี้ยังพบว่า PAA มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญได้ดีกว่า acetic acid ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในโมเลกุลของ PAA มีออกซิเจนเพิ่มขึ้น 1 อะตอม ทำให้มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่า acetic acid จึงสามารถทำลายผนังเซลล์ เยื่อบุเซลล์ โปรตีนหรือสารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ได้ดีกว่า (5) และยังมีรายงานว่า H_2O_2 เป็นตัวออกซิไดส์ที่มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นจึงนำมาใช้ฆ่าเชื้อโรคอย่างกว้างขวาง (11) อีกทั้งยังพบว่า H_2O_2 ในสภาวะของไอระเหยนำมาใช้เพื่อฆ่าเชื้อโรคในอุตสาหกรรมการบรรจุทางการแพทย์และเครื่องมือเครื่องใช้ (12) นอกจากนี้ในการประยุกต์ใช้ทางวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวยังนำ H_2O_2 มาใช้ลดเชื้อจุลินทรีย์ของลูกเกดอบแห้งและพลัมอีกด้วย (13)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการให้สารกลุ่ม active oxygen ที่ความเข้มข้น 0.25% แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดโรค					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
control	0	4.71a	4.05a	3.38a	3.38a	5.05a
PAA 0.25 %	0	0.38b	0.71b	0.71b	0.38b	0.71b
vortexx 0.25%	0	0.38b	0.71b	0.71b	0.71b	1.05b
F-test	-	*	*	*	*	*
CV (%)	-	19.08	18.45	14.80	10.01	13.21
$LSD_{0.05}$	-	0.55	1.32	0.53	0.54	0.55

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงนัยสำคัญทางสถิติ

การสูญเสียน้ำหนัก ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 13°C หลังจากได้รับสารทุกชุด การทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาและมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อุณหภูมิ 8°C สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 17.89 % รองลงมาคือชุดที่สเปรย์เชื้อและให้ PAA 0.25 % มีค่าเท่ากับ 11.41 % ส่วนชุดที่สเปรย์เชื้อและให้ vortex 0.25 % มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10.76 % (ตารางที่ 6) ส่วนที่อุณหภูมิ 13°C ก็ให้ผลลักษณะเดียวกันกับที่อุณหภูมิ 8°C คือชุดควบคุมจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดที่ให้สาร โดยสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาชุดที่ให้ vortexx 0.25 % มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 10 % รองลงมาคือชุดที่สเปรย์เชื้อและให้ PAA 0.25 % มีค่าเท่ากับ 9.14 % ส่วนชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 8.57 % (ตารางที่ 7) จากการทดลองพบว่า ชุดควบคุมของทั้งสองอุณหภูมิมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดที่ให้สาร สอดคล้องกับผลการทดลองในผลมะม่วงพันธุ์ Julie (14) และผลมะม่วงพันธุ์ Manila (15) การที่ผลมะม่วงสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและอายุการเก็บรักษา

ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของโมเลกุลของน้ำมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นโอกาสที่น้ำจะหลุดออกจากสถานะของเหลวไปอยู่ในสถานะแก๊สจึงเกิดขึ้นได้มากกว่า ทำให้ผลมะม่วงที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (16) (17) และพบว่าชุดที่ให้ PAA และ vortexx มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาทั้งที่ 8 และ 13°C ได้วางชุดควบคุมไว้ชั้นบนสุดของตู้ควบคุมอุณหภูมิซึ่งอยู่ใกล้กับพัดลมจึงถูกลมพัดตลอดเวลาทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดที่ได้รับ PAA และ vortex

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการให้สารกลุ่ม active oxygen ที่ความเข้มข้น 0.25 % แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8°C

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (%)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
control	0	3.16a	6.21a	11.07a	15.05a	17.89a
PAA 0.25 %	0	2.91b	5.45b	7.72b	11.82b	11.41b
vortexx 0.25%	0	2.69c	4.38c	6.57c	8.97c	10.76c
F-test	-	*	*	*	*	*
CV (%)	-	1.50	0.98	0.28	0.32	0.10
$LSD_{0.05}$	-	0.04	0.05	0.07	0.08	0.05

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการให้สารกลุ่ม active oxygen ที่ความเข้มข้น 0.25% แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13°C

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนัก (%)					
	0 สัปดาห์	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์	5 สัปดาห์
control	0	2.70a	4.98a	6.82a	8.57a	14.14a
PAA 0.25 %	0	2.75b	5.35b	7.15b	9.14b	11.04b
vortexx 0.25%	0	2.62c	5.40c	7.82c	10.00c	12.46c
F-test	-	*	*	*	*	*
CV (%)	-	4.87	0.45	0.33	0.28	0.25
$LSD_{0.05}$	-	0.21	0.20	0.42	0.56	0.62

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่แตกต่างทางสถิติ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรในแนวตั้งแสดงถึงนัยสำคัญทางสถิติ

4. สรุป

สารกลุ่ม active oxygen ได้แก่ H_2O_2 , PAA และ vortexx ทั้งสามชนิดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C.gloeosporioides* ได้ยกเว้น H_2O_2 ความเข้มข้น 0.1 % โดย PAA และ vortexx สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C ร่วมกับการใช้ PAA 0.25 % ให้ผลดีที่สุด รองลงมาคือ vortexx 0.25 % เมื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์เซลล์ของสปอร์ของเชื้อรา *C.gloeosporioides* จะแตกและมีของเหลวไหลออกมาและมีบางสปอร์มีลักษณะยืดยาวผิดปกติจากเดิม ผนังเซลล์จะไม่เรียบซึ่งเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้สามารถควบคุมการเกิดโรคในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน โดยไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ความแน่นเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก แต่มีผลทำให้การเปลี่ยนสีเปลือกและสีเนื้อต่ำลง ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำที่ 8 และ 13 °C ร่วมกับการให้ PAA 0.25 % และ vortexx 0.25 % พบว่า มีการสุกเป็นปกติและสามารถเก็บรักษาได้ 4 และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อย โดยได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.อภิตา บุญศิริ ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ และ ดร.พีระพงษ์ แสงวนางค์กูล ผู้เชี่ยวชาญ ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการค้นคว้าทดลองอย่างเอาใจใส่ จนงานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

6. เอกสารอ้างอิง

(1) Eckert JW. Control of postharvest diseases. Antifungal compounds. Singal, M.R. and Sister, H.D. (eds.). New York: Marcel Dekker; 1977.

(2) Snowdon A. A color atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables, Volume 1. Wolf Scientific: Fruits and general introduction; 1990.

(3) Eckert JW and Ogawa JM. The chemical control of postharvest diseases: Subtropical and tropical fruits. Ann. Rev. Phytopathol. 1985;(23): 421-454.

(4) Wongake S, Patarawimon S, Watanatada S, Srijaroen P. Guidance for experimental design of efficacy test of Agricultural hazardous substances. Agricultural Toxic Substances Division, Department of Agriculture (Thai); (n.p.)

(5) Chuckpaiwong S, Thaweboon B, Thaweboon S, Rakprasitkul S. Sporicidal efficacy of peracetic acid and glutaraldehyde. Mahidol Dental Journal. 2000;20(2): 89-94. Thai.

(6) Whangchai K, Saengnil K, Uthaibutra J. Control of postharvest diseases in longan fruit by ozone. Acta Horticulturae. 2005;(3): 2121-2126.

(7) Alasri A, Valverde M, Roques C, Michale G, Cabassud C, Aptel P. Sporocidal properties of peracetic acid and hydrogen peroxide, alone and in combination with chlorine and formaldehyde for ultrafiltration membrane disinfection. Canadian Journal of Microbiology. 1993;(39): 52-60.

(8) Bessems J, Winkler S, Franz P, Permier P. Efficiency of chlorine for inactivation of Escherichia coli. Posthavest Biology and Technology. 2000;(19): 187-192.

(9) Pukdee S. Use of acetic acid, peracetic acid and acetate salts with coating agents for controling green mold on tangerine cv. Sainampueng. [MSc thesis]. Chiang Mai: Chiang Mai University; 2006. Thai.

(10) Mari M, Gregori R, Donati I. Postharvest control of *Monilinia laxa* and *Rhizopus stolonifer* in stone fruit by peracetic acid. Postharvest Biology and Technology. 2004;(33): 319-325.

(11) Chapman JS. Characterizing bacterial resistance to preservatives and disinfectants. International Biodeterioration & Biodegradation. 1998;(41): 241-245.

(12) Block SB. Peroxygen compound. *In*: Block, S. S. (Ed.), Disinfections, Sterilization & Preservation. 4th ed. Philadelphia: Len & Febrger Press; 1991.

(13) Simmons GE, Semilanick JL, John S, Margosan DA. Reduction of microbial populations on prunes by vapor phase hydrogen peroxide. Food Protection. 1997;(60): 188-191.

(14) Sankat CK, Bissoon K, Maharaj R, Lauckner B. Ripening quality of Julie mangoes stored at low temperature. Acta Horticulturae. 1993;(368): 712-722.

(15) Hidalgo M, Cruz JDL, Parkin KL, Garcia HS. Refrigerated storage and chilling injury development of Manila mangoes (*Mangifera indica* L.). Acta Horticulturae. 1996;(455): 718-725.

(16) Siriphanich J. Postharvest Biology and Plant Senescence. Research and Development Institute, Kampangsan Campus, Nakornpratom: Kasetsart University; 1995. Thai.

(17) Boonyakiat D. Postharvest Physiology of Horticultural crops. Faculty of Agriculture, Chiang Mai: Chiang Mai University; 1997. Thai.