

คุณภาพการเก็บรักษาของสับประรดตัดแต่งพันธุ์หัวมุ่นภายหลังการใช้ กรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริก

Storage quality of fresh-cut ‘Huaimun’ pineapple treated with the mixed solutions of ascorbic acid and citric acid

จิรยา ใจตรง¹ และ มยุรี กระจ่ายกลาง^{1,2*}

Jeeraya Jaitrong¹ and Mayuree Krajayklang^{1,2*}

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริกต่อคุณภาพการเก็บรักษาสับประรดตัดแต่งพันธุ์หัวมุ่น คัดเลือกผลสับประรดที่ปราศจากโรคและแมลง มีความบริบูรณ์ระดับ 2-3 (มีสีเหลืองประมาณ 25-50% ของผล) ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือกและตัดแต่ง นำชิ้นสับประรดแช่สารละลายกรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริกที่ 0% ชุดควบคุม (น้ำกลั่น) 0.5:0.5% และ 1.0:0.5% นาน 2 นาที ตามลำดับวางเรียงให้แห้ง ก่อนบรรจุขึ้นสับประรดตัดแต่งในกล่องพลาสติกปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน บันทึกข้อมูล ทุก 2 วัน พบว่า สารละลายกรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริก อัตราส่วน 0.5:0.5 % ชะลอการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นสับประรดตัดแต่งได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยประเมินจากค่า L^* (ค่าความสว่างสูงสุด) และให้อายุการเก็บรักษานาน 9 วัน ณ อุณหภูมิตู้แช่ 6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 61% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน การยอมรับทางด้านสีและกลิ่นอยู่ในระดับพอใจ แต่ในชิ้นสับประรดที่แช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริก ความเข้มข้นที่ 1.0:0.5% พบกลิ่นที่ผิดปกติมากขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้น การใช้กรดแอสคอร์บิกกับกรดซิตริกไม่สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นสับประรดตัดแต่ง ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้, ปริมาณวิตามินซี ในการศึกษานี้

คำสำคัญ : สับประรดตัดแต่ง, กรดแอสคอร์บิก, กรดซิตริก, คุณภาพการเก็บรักษา, อายุการเก็บรักษา

ABSTRACT: This research was aimed to find the suitable ratio concentration of ascorbic acid and citric acid on the storage quality of fresh cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) cv. “Huaimun”. Uniformity of fruits free from disease and insect were selected. The pineapple fruits at the 2nd or 3rd stage of maturity (fullness at 25 – 50% of the yellow peel) were washed, peeled and trimmed into pieces. Fruit slices were soaked in a solution containing 0% (a control as distilled water), 0.5:0.5% and 1.0:0.5% of ascorbic acid and citric acid, respectively for two minutes, and air dried, packed in sealed plastic boxes. Then fruit slices were stored at 6°C (61 % RH) for 10 days. Postharvest quality was determined every two days. The research found that at 0.5:0.5% ratio of ascorbic

¹ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

² สถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Center of Excellence in Postharvest Technology, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: mayureek@nu.ac.th

acid and citric acid treatment was suitable for reducing the browning of fruit slices in this study as shown by a higher L^* level ($P < 0.05$). This resulted in extending the storage life to 9 days at 6 degrees Celsius with 61% of relative humidity, compared to a control for 6 days with significant difference ($P < 0.05$). Sensory evaluation in both color and aroma was acceptable in slices treated with 0.5:0.5% of ascorbic acid and citric acid, but off-odor was observed over a longer period of storage in 1.0:0.5% ascorbic acid and citric acid slices. The solution of ascorbic acid and citric acid had no effect on weight loss, firmness, and chemical compositions in fruit juices of fresh-cut pineapple (soluble solids, titratable acidity, pH and vitamin C) in this study.

Keywords: Fresh-cut pineapple, ascorbic acid, citric acid, storage quality, storage life

บทนำ

สับปะรด (*Ananas comosus* L. Merr.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ปริมาณผลผลิตสับปะรดที่ออกสู่ตลาดในเดือนมกราคม 2559 ประมาณ 0.177 ล้านตัน หรือร้อยละ 9.34 ของปริมาณผลผลิตรวม 1.898 ล้านตัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 0.163 ล้านตัน ของเดือนที่ผ่านมาร้อยละ 8.59 และเพิ่มขึ้นจาก 0.168 ล้านตัน ในช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมาร้อยละ 5.36 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สับปะรดห้วยมุ่น เป็นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่มีผิวบาง ตาตื้น เนื้อหนา นุ่ม สีเหมือนน้ำผึ้ง รสชาติหวานหอม ฉ่ำน้ำ ไม่ระคายเคืองจึงทำให้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายจากผู้บริโภคผลสดในปัจจุบัน (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2556) ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสนใจต่อสุขภาพมากขึ้นและเนื่องจากผู้บริโภคมีเวลาน้อย ดังนั้นในการเลือกรับประทานอาหารผู้บริโภคจึงต้องการความสะดวกสบายด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความต้องการของตลาดผักและผลไม้สดตัดแต่งจึงได้รับความนิยมอย่างมาก สับปะรดตัดแต่งเป็นสับปะรดที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาด การคัดเลือก การปอกเปลือก การตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ และการบรรจุ โดยที่สับปะรดยังคงความสดอยู่ กระบวนการตัดแต่งทำให้ผลผลิตมีความบอบบางง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคและเน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ นอกจากนั้นสับปะรดตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากการเกิดสีน้ำตาล (browning) (สุภารัตน์, 2551) ทำให้สูญเสียมูลค่าทาง

เศรษฐกิจ การใช้สารละลายกรดเพื่อยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีน้ำตาล รักษาคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้สดตัดแต่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง จากการศึกษาขั้นต้นของ พนิดาและมยุรี (2558) พบว่า การใช้แอสคอร์บิกที่ 0.5% (น้ำหนักโดยปริมาตร) เป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีเพียงพอต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นสับปะรดห้วยมุ่นตัดแต่ง หรือ การใช้ซิทริกที่ 0.5% (น้ำหนักโดยปริมาตร) มีประสิทธิภาพในการชะลอการเสื่อมสภาพของสับปะรดตัดแต่งได้ดีที่สุด (จุฑารัตน์, 2558; Maketup and Krajayklang, 2016) นอกจากนี้ การใช้สารผสมระหว่างแอสคอร์บิกกับซิทริก ได้ถูกรายงานว่ามีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพส่งผลโดยรวมช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของสับปะรดตัดแต่งได้ดี (Antoniolli et al., 2012) ดังนั้นจากความสำคัญดังกล่าว จึงเป็นทางเลือกในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของสารผสมกรดแอสคอร์บิกและกรดซิทริกต่อการรักษาคุณภาพการเก็บรักษาสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ห้วยมุ่น โดยมุ่งเน้นการลดการเกิดสีน้ำตาล ให้รสชาติที่ยอมรับได้ และยืดอายุการเก็บรักษา

วิธีการศึกษา

การเตรียมพืชทดสอบ

สับปะรดพันธุ์ห้วยมุ่น ถูกเก็บเกี่ยวผลสับปะรดในระยะเจริญระดับ 2-3 (มีสีเหลืองประมาณ 25-50% ของผล) ขนส่งอย่างระมัดระวัง มายังห้องปฏิบัติการ

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ในวันเดียวกัน จากนั้นล้างทำความสะอาดด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm นาน 2 นาที ผึ่งลมให้แห้ง คัดขนาดผลไม้ให้มีขนาดสม่ำเสมอ ก่อนนำไปปอกเปลือก ตัดตา หั่นตามยาวเป็นสี่ส่วน โดยมีขนาดประมาณ 4×10 ซม. ทำการจุ่มชิ้นสับปะรดในอัตราส่วนความเข้มข้นระหว่างกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid, AA) และกรดซิตริก (citric acid, CA) 0:0% (ชุดควบคุม โดยใช้น้ำกลั่น), 0.5:0.5% และ 1.0:0.5% ตามลำดับ เป็นเวลา 2 นาที บรรจุในกล่องพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6.30 ± 0.01 องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) $61.31 \pm 0.07\%$ เป็นเวลา 10 วัน บันทึกข้อมูลคุณภาพทุก 2 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา ดังนี้

การบันทึกข้อมูล

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss, %) โดยการทำการชั่งน้ำหนักสับปะรดก่อนและหลังการเก็บรักษา เพื่อใช้ในการตรวจสอบการสูญเสียน้ำหนักสด คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดในแต่ละช่วงเวลา

ความแน่นเนื้อ (firmness, g) วัดโดยใช้เครื่อง Texture analysis โดยวัดระยะของเนื้อห่างจากแกนประมาณ 2 ซม. ขนาดหัวเข็ม 2 มม. ความเร็ว 60 นาโนเมตร/วินาที ความลึก 4 มม. ใน 1 ชิ้น กำหนดวัด 4 จุด ค่าเฉลี่ยที่ได้จะแสดงหน่วยเป็นกรัม

การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ โดยใช้เครื่องวัดสี (Hunter Associates Laboratory Inc., USA) ลักษณะสีเนื้อโดยตัดแบ่งชิ้นสับปะรด เป็น 3 ส่วน นำส่วนกลางของชิ้นสับปะรดไปวัดค่าสี วัดค่าสีโดยใช้เครื่อง colorimeter บริเวณ เนื้อผลห่างจากแกน 2 ซม. กำหนด 4 จุด ต่อตัวอย่าง และแสดงผลด้วยค่า

L^* ซึ่งเป็นตัวชี้วัด บ่งบอกการเกิดสีน้ำตาลได้ โดย ค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่างมีค่า 0 – 100 โดย 0 = สีมืดที่สุด (บ่งบอกสีคล้ำหรือเกิดสีน้ำตาล) 100 = สีสว่างที่สุด

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

สุ่มตัวอย่างเนื้อสับปะรด 50 กรัม บดและคั้นน้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ดังนี้

ค่าความเป็นกรดต่ำ (pH) โดยใช้เครื่องวัด pH meter วัดค่าจากน้ำคั้น โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่มีค่า pH เท่ากับ 4.00 7.00 และ 10.00 ตามลำดับ ดัดแปลงจาก (สรวงสุตาและนิธิยา, 2539)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Soluble Solid Content, SSC) นำน้ำคั้นสับปะรดมาตรวจวัด โดยใช้เครื่อง digital refractometer (Atago, Japan) แสดงผลเป็น $^{\circ}\text{Brix}$

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable Acidity; TA) ใช้วิธีทดสอบโดยประยุกต์จาก Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) โดยแสดงผลการคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดซิตริก วัดโดยใช้น้ำคั้นสับปะรด 5 ml ไทเทรตกับ 0.1 N Sodium Hydroxide ซึ่งหยด phenolphthalein ประมาณ 2-3 หยด หยดในน้ำคั้น และไทเทรตจนถึงจุดยุติเมื่อสารละลายเป็นสีชมพูอย่างน้อย 15 วินาที และคำนวณปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ปริมาณวิตามินซี (Vitamin C) ใช้วิธีการทดสอบโดยประยุกต์จาก AOAC (1990) โดยแสดงผลเป็นมิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร (mg/100 ml) วัดโดยใช้น้ำคั้น 2 ml ผสมกับสาร Metaphosphoric acid ปริมาตร 5 ml แล้วนำมาไทเทรตกับ Indophenol จนถึงจุดยุติเมื่อสารละลายเป็นสีชมพู และคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ลักษณะภายนอก ด้านสี (color) สีเหลือง ให้ประเมินโดยใช้ผู้ทดสอบสังเกตและให้คะแนน 1-9

(scoring test) ดังนี้ 1 = สีเหลือง, 3 = สีเหลืองเข้มเล็กน้อย, 5 = สีเหลืองเข้มปานกลาง, 7 = สีเหลืองเข้มมาก, 9 = เหลืองเข้มอมน้ำตาล

ด้านกลิ่น (off-odor) กลิ่นที่แปลกปลอมประเมินโดยให้ผู้ทดสอบดมกลิ่นและให้คะแนน 1-9 (scoring test) ดังนี้ 1 = กลิ่นปกติ, 3 = กลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย, 5 = กลิ่นแปลกปลอมปานกลาง, 7 = กลิ่นแปลกปลอมมาก, 9 = กลิ่นแปลกปลอมมากที่สุด

การยอมรับ (acceptability) มีการให้คะแนนโดยให้ผู้ทดสอบกลิ่นและสีโดยให้คะแนนการยอมรับ 1-9 (scoring test) ดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 3 = ไม่ชอบมาก, 5 = ชอบปานกลาง, 7 = ชอบมาก, 9 = ชอบมากที่สุด

อายุการเก็บรักษา

ประเมิน ณ วันที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมต่ำกว่า 5 เป็นเกณฑ์ ถือว่า หหมดสภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 2 ซีน วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วย F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษา

ขึ้นสับปะรดมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% และ 1.0:0.5% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดควบคุม เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 10 (Figure 1A) ความแน่นอนของขึ้นสับปะรด พบว่า ลดลง ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา การใช้สารผสมกรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริก ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีผลในการชะลอการอ่อนนุ่มของเนื้อสัมผัสในขึ้นสับปะรดตัดแต่ง (Table 1)

ค่าความสว่าง (L^*) ของขึ้นสับปะรดตัดแต่งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีค่าความสว่างมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการประเมินสีทางประสาทสัมผัสค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำคั้น ตลอดอายุของการเก็บรักษา มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย มีค่าอยู่ระหว่าง 3.79-4.22 จากการศึกษาครั้งนี้ การใช้กรดแอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (Table 1) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ตลอดอายุของการเก็บรักษา มีค่าอยู่ระหว่าง 14.43-16.33 °Brix การใช้กรดแอสคอร์บิกผสมกับกรดซิตริกไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (Table 1) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำคั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ตลอดอายุของการเก็บรักษา ขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ค่อนข้างสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งเด่นชัดในวันที่ 4 และ 10 ของการเก็บรักษา (Table 1) ปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นของทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงตลอดอายุของการเก็บรักษา โดยวันที่ 0 (ก่อนการเก็บรักษา) พบว่า ขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% ปริมาณวิตามินซีมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) ตามความเข้มข้นของสารที่ได้แชไว้ และในวันที่ 10 กลับลดลงอย่างมากในขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% พบ ปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 1B) กลิ่นแปลกปลอมมีค่าเพิ่มขึ้น โดยพบในชุดควบคุม ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นในวันที่ 8 พบว่า ทั้งขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% และ ขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีค่ากลิ่นแปลกปลอมระดับปานกลาง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม หลังจากนั้นทุกชุดการทดลองให้กลิ่น

แปลกปลอมสูงมากจนไม่สามารถยอมรับได้ (Figure 1E) คะแนนสี (เหลือง) เพิ่มขึ้น (คล้ำขึ้น) ในทุกชุดการทดลอง ตลอดอายุของการเก็บรักษา ซึ่งไม่พบแตกต่างในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษา แต่ในวันที่ 8 พบว่าขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% มีค่าสีน้อยที่สุด (เหลืองเข้มปานกลาง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ในวันที่ 10 ขึ้นสับปะรดชุดควบคุมกับขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีค่าสีน้อยที่สุด (เหลืองเข้มปานกลาง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% (มีสีคล้ำมาก) (Figure 1D) ค่าการยอมรับประเมินโดยรวมจากด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นแปลกปลอม และสีที่ปรากฏ พบว่ามีค่าการยอมรับสูงสุดในทุกชุดการทดลองก่อนการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้นจะลดลงในตลอดอายุการเก็บรักษา และค่าการยอมรับจะใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลองในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 8 พบว่า ขึ้นสับปะรดที่แช่ แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% และขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีค่าการยอมรับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม หลังจากนั้นไม่พบความแตกต่างในทุกชุดการทดลอง (Figure 1F) อายุการเก็บรักษา ประเมิน ณ วันที่มีค่าการยอมรับต่ำกว่า 5 (ชอบปานกลาง) จากการทดลองพบว่า ชุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยที่ขึ้นสับปะรดที่แช่ แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดเท่ากับ 9 วัน ซึ่งไม่แตกต่างจากขึ้นสับปะรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% นานเท่ากับ 8 วัน แต่แตกต่างจากชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 1C)

วิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การใช้สารผสมแอสคอร์บิกร่วมกับซิตริก ให้ประสิทธิภาพเด่นชัดในชะลอการเกิดสีน้ำตาลในขึ้นสับปะรดห้วยมุ่นตัดแต่ง ในการศึกษาครั้งนี้ซึ่งประเมินผลจาก ค่า L^* ของขึ้นสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ห้วยมุ่นที่แช่สารผสมแอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% ยังคงค่าความสว่างมากที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สอดคล้องกับรายงานของพนิดา และมยุรี (2558) พบว่า การใช้สารละลายเดี่ยวของแอสคอร์บิก 0.5% หรือการใช้สารละลายเดี่ยวของซิตริก 0.5% (จุฑารัตน์, 2558) กับสับปะรดตัดแต่ง ทำให้มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ด้วยเหตุที่ สารละลายกรดมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ในผักผลไม้ตัดแต่ง ดังเช่น การใช้กรดซิตริกทำให้มีสภาพความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ด้วยสภาวะเช่นนี้ทำให้การทำงานของกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส มีประสิทธิภาพต่ำลง การเกิดสีคล้ำที่ผิวจึงลดต่ำลงไปด้วย (Lyengar and McEvily, 1992) และการใช้แอสคอร์บิกมีส่วนช่วยชะลอการเกิดสีคล้ำ (browning index) ในขึ้นสับปะรดตัดแต่ง เนื่องจากแอสคอร์บิกเป็นสารกลุ่ม (reducing agent) นิยมนำมาใช้กับอุตสาหกรรมเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาล การทำงานของแอสคอร์บิก คือ รีดิวซ์ *o*-quinone ให้กลับไปเป็นในรูปของ *o*-diphenol ซึ่งเป็นสารประกอบไม่มีสี เมื่อไม่มี *o*-quinone ขั้นตอนการเกิดสีน้ำตาลจึงไม่สมบูรณ์ ทำให้ไม่มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น (มนตร์, 2547) เช่นเดียวกับงานของ Weller et al. (1997) พบว่า การใช้สารละลายซิตริก 1% หรือ 2.5% ใช้ร่วมกับสารละลายแอสคอร์บิก 0.25% กับมะเฟืองตัดแต่งพร้อมบริโภคน สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวมะเฟืองได้ ดังนั้น การใช้สารผสมแอสคอร์บิกร่วมกับซิตริกในระดับสัดส่วน

ความเข้มข้นที่เหมาะสม น่าจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมผักผลไม้ตัดแต่งในเชิงพาณิชย์ ต่อไป

เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณการสูญเสีย น้ำหนักยิ่งเพิ่มมากขึ้นตลอดจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ส่วนหนึ่งมาจากความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ ($61.31 \pm 0.07\%$) ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา ถึงแม้ขึ้นสับปะรดที่แช่ แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่ทุกกรรมวิธีมีค่าการสูญเสีย น้ำหนักแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้น การใช้กรด แอสคอร์บิกร่วมกับกรดซิตริก จึงไม่มีผลต่อการชะลอการสูญเสีย น้ำหนักของขึ้นสับปะรดในการศึกษานี้ เช่นเดียวกันในรายงานของ Solliva-Fortuny et al. (2003) พบว่า สารละลายแอสคอร์บิกเดี่ยว ๆ ไม่สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลไม้ตัดแต่งไว้ได้ แต่ถ้าใช้ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ ($1.0\% \text{ AA} + 0.5\% \text{ CaCl}_2$) จะสามารถรักษาความแน่นเนื้อของแอปเปิ้ลตัดแต่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเนื้อของผลไม้ที่อ่อนตัวลง เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ (cell wall) ของผลไม้ที่มีสารประกอบเพกทิน ถูกย่อยสลายในขณะที่ผลไม้เข้าสู่กระบวนการสุก ทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอ นิ่มลง รวมถึงการตัดแต่งทำให้เกิดบาดแผลกับเซลล์ สารประกอบเพกทินที่ละลายน้ำได้เกิดหดตัว ทำให้เนื้อเยื่อสูญเสียเนื้อสัมผัสลง (จันทกานต์, 2550) จะเห็นได้ว่า สารละลายกรดที่ใช้ในการศึกษานี้ ไม่มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวของเนื้อเยื่อหุ้มเซลล์ของผลไม้ อาจจำเป็นต้องใช้สารตัวอื่นผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ดังเช่น การใช้สารประกอบแคลเซียมในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในน้ำคั้นเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษาแต่มีแนวโน้มมีความเป็นกรด และมีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดี ซึ่งพบในขึ้นสับปะรดที่แช่ แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% ยังคงค่าความเป็นกรดได้ดี เมื่อสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกมีคุณสมบัติเป็นกรด สามารถเพิ่มค่า

ความเป็นกรด (pH ต่ำลง) ส่งผลให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและเปอร์ออกซิเดสทำงานได้ไม่เต็มที่ เพราะค่าความเป็นกรดเป็นค่าที่ต่ำและอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้น กิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้จึงมีปริมาณลดลง นอกจากนี้ยังทำให้การทำงานของเอนไซม์ช้าลงและมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลงด้วย (ศิวาพร, 2539)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา การใช้กรดแอสคอร์บิกผสมกับ กรดซิตริก ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หรือปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ซึ่งพบค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ตลอดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ชนิดบ่มไม่สุก (non-climacteric fruit) ซึ่งสะสมสารอาหารในรูปของกรดอินทรีย์ ดังนั้นในระหว่างการสุกจึงไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากนัก

ปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นของชุดที่ใช้สารผสมพบค่าสูงมาก ตามสัดส่วนของปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่ใช้ในสารผสม และเด่นชัดในวันแรกของการเก็บรักษา แต่หลังจากนั้น พบว่า ปริมาณวิตามินซีเช่นเดียวกันลดลงมาก ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเก็บรักษา และลดลงไปจนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยรวมการใช้สารผสมไม่มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีในระหว่างการเก็บรักษา จากการศึกษาของ Ahvenainen (1996) พบว่า การใช้สารละลายเดี่ยวของกรดซิตริกกับขึ้นมันฝรั่ง เช่นเดียวกันไม่ได้ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณวิตามินซีแต่อย่างใด ปริมาณวิตามินซีลดลงต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง โดยทั่วไปนิยมนำสารละลายกรดอ่อน เช่น กรดแอสคอร์บิก เป็นต้น มาใช้ในอุตสาหกรรมผลไม้ตัดแต่ง (Antonioli et al., 2012) ซึ่งสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลและเพิ่มคุณค่าทางอาหาร (วิตามินซี) ให้กับผลไม้ในบางชนิดในสับปะรดตัดแต่ง การใช้กรดแอสคอร์บิกช่วยเพิ่มคุณค่าสารอาหาร (วิตามินซี) ได้ ในช่วงแรกของการเก็บรักษาเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม การใช้กรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกในอุตสาหกรรมอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างที่พอเหมาะ สามารถยืดอายุ

การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ ช่วยทำให้สีกลิ่นและรสของเครื่องดื่มมีความคงตัวดีขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่ากรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิกเป็นสารเสริมฤทธิ์วัตถุกันหืนที่มีประสิทธิภาพดีมาก สามารถชะลอการเกิดการหืนของอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบและป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีและชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่จะเกิดในอาหารได้ (ณภัทร, 2547) จะเห็นได้ว่า สารผสมทั้งสอง มีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมผักและผลไม้สดแช่แข็ง และสามารถประยุกต์ใช้ได้ในทุกผลิตภัณฑ์สดแช่แข็ง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส

ด้านกลิ่น กลิ่นแปลกปลอม (มีลักษณะแปลกไปจากกลิ่นปกติ มีกลิ่นหมัก) จากการศึกษาเมื่อเก็บรักษานานขึ้น กลิ่นแปลกปลอมเริ่มปรากฏขึ้นขึ้นสืบประดทุกกรรมวิธีการทดลอง ซึ่งสูงมากขึ้น โดยเฉพาะในวันที่ 8-10 ของการเก็บรักษาจนไม่สามารถเป็นที่ยอมรับได้ การเกิดกลิ่นแปลกปลอมเกิดจากกระบวนการหายใจของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือ Anaerobic respiration ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ขาดออกซิเจนหรือมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากในบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559)

ด้านสี การปรากฏสีเหลืองเข้ม หรือการเกิดสีคล้ำเพิ่มขึ้น และปรากฏชัดเจนหลังวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ในทุกชุดการทดลอง อย่างไรก็ตาม การใช้สารผสมแอสคอร์บิกร่วมกับซิตริก มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง หรือชะลอการเกิดสีคล้ำนี้ได้ ทั้งนี้ เนื่องจากสารละลายกรดทั้งสอง มีฤทธิ์ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่จะเกิดในอาหาร (ณภัทร, 2547) นั่นเอง

ด้านค่าการยอมรับโดยรวมประเมินจากคะแนนของด้านประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นแปลกปลอมและสีที่ปรากฏ พบว่ามีค่าการยอมรับสูงสุดในทุกชุดการทดลองในวันแรกของการเก็บรักษาภายหลังจากนั้นค่าการยอมรับโดยรวมจึงค่อย ๆ ลดลงตลอดอายุ

การเก็บรักษา สำหรับผลไม้สดที่ผ่านการลอกเปลือก การหั่นและตัดแต่งทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อของผลไม้ถูกทำลาย ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว และมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลทำให้ผลไม้สดพร้อมบริโภคเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว และการตัดแต่งยังทำให้เซลล์มีบาดแผลเป็นเหตุให้จุลินทรีย์มีโอกาสดำรงชีพได้ อีกทั้งยังทำให้สารต่าง ๆ รั่วไหลออกมาจากเซลล์ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลซึ่งเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลขึ้นที่ผิวของผลไม้สดแช่แข็ง (Tien et al., 2001)

อายุการเก็บรักษา

ประเมิน ณ วันที่มีค่าการยอมรับ ต่ำกว่า 5 (ขอบปานกลาง) พบว่า ขึ้นสับประรดที่แช่แอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาขึ้นสับประรดแช่แข็งห่วยมนเท่ากับ 9 วัน รองลงมาคือขึ้นสับประรดที่แช่แอสคอร์บิก 1.0% + ซิตริก 0.5% นานเท่ากับ 8 วัน และชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ จุฑารัตน์ (2558) พบว่า สารละลายเดี่ยวของซิตริกที่ 0.5% หรือสารละลายเดี่ยวของแอสคอร์บิกที่ 0.5% (พนิดา และมยุรี, 2558) มีประสิทธิภาพในรักษาคุณภาพขึ้นสับประรดแช่แข็ง แต่การใช้สารผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกและซิตริกสามารถยืดอายุการเก็บรักษานาน 8.5 วัน ณ อุณหภูมิ 5-6 °C ในทำนองเดียวกันกับการทดลองของ Antonioli et al. (2012) การใช้สารผสมของแอสคอร์บิกร่วมกับซิตริก ในอัตราส่วน 1.0:0.5 (%) กับสับประรดแช่แข็ง โดยแช่สับประรดเป็นเวลา 30 วินาที เก็บรักษาที่ 4 °C เก็บรักษาในถุงพลาสติก (PET) และปิดปากถุง พบว่า สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานถึง 8 วัน ช่วยคงสภาพสีผิวสับประรดแช่แข็งไว้ได้ ซึ่งความแตกต่างที่พบอาจขึ้นอยู่กับภาชนะบรรจุและสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา รวมทั้งชนิดและพันธุ์พืช เป็นต้น

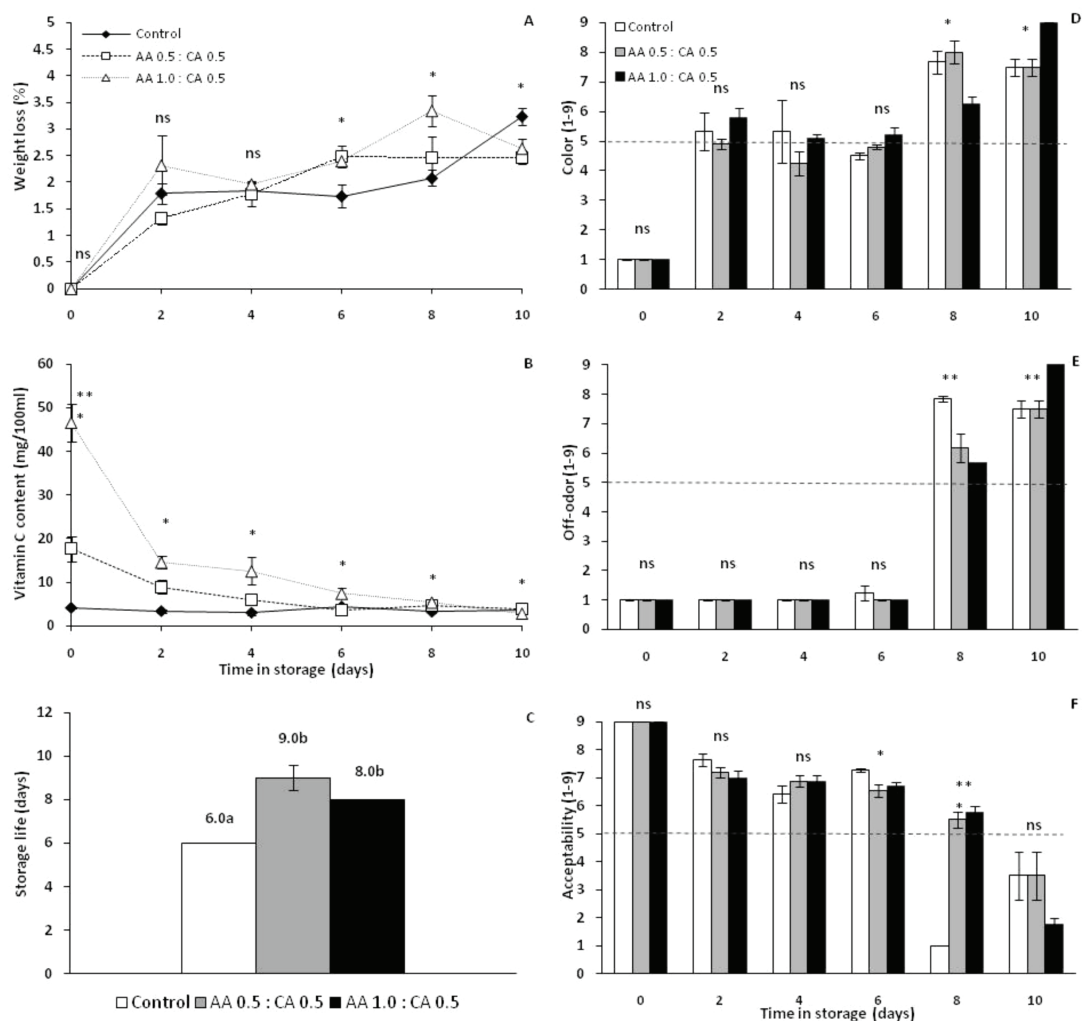


Figure 1 The changes of weight loss (A), vitamin C content (B), storage life (C), and sensory test for color (D), off-odor (E), and acceptability (F) after treated with a mixed solution of ascorbic (AA) and citric acid (CA), and storage at 6 °C for 10 days. Vertical bars represent S.E. (n=4).

Color was evaluated on a scale of 1-9; where 1 = yellow color, 3 = slight dark yellow, 5 = moderate dark yellow, 7 = dark yellow, 9 = dark yellow to browning.

Off-flavor was evaluated on a scale of 1-9; where 1 = none, 3 = slight, 5 = moderate, 7 = severe, 9 = extreme off-flavor.

Acceptability was evaluated on a scale of 1-9; where 9 = excellent; no defects, 7 = very good; minor defects, 5 = fair; moderate defects or limit of acceptability, 3 = poor; major defects, 1 = unsalable.

Table 1 The physical changes of firmness and L* value as well as chemical changes in pH, SSC and TA of the pineapple juice after treated with a mixed solution of ascorbic (AA) and citric acid (CA), and storage at 6°C for 10 days.

Parameter	Treatment	Time in storage (days)					
		0	2	4	6	8	10
Firmness (g)	Control	129.75 ^{a1/}	154.00 ^a	160.00 ^a	178.75 ^a	179.75 ^a	194.50 ^b
	AA 0.5 : CA 0.5	144.00 ^a	176.00 ^a	143.25 ^a	177.25 ^a	172.00 ^a	113.75 ^a
	AA 1.0 : CA 0.5	144.00 ^a	142.75 ^a	166.75 ^a	165.75 ^a	179.50 ^a	128.00 ^a
	F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	***
	CV%	23.36	27.80	13.74	23.38	20.55	27.32
L* value	Control	49.60 ^{a1/}	40.13 ^a	46.59 ^a	56.61 ^b	42.69 ^a	45.47 ^b
	AA 0.5 : CA 0.5	53.71 ^a	43.74 ^a	49.02 ^a	44.50 ^a	38.48 ^a	53.79 ^c
	AA 1.0 : CA 0.5	42.29 ^a	35.58 ^a	41.50 ^a	56.04 ^b	47.98 ^a	36.83 ^a
	F-Test	ns	ns	ns	*	ns	***
	CV%	15.72	14.57	12.05	14.94	13.86	16.87
pH	Control	4.18 ^{a1/}	4.22 ^a	4.15 ^a	4.07 ^b	4.18 ^a	3.97 ^b
	AA 0.5 : CA 0.5	4.18 ^a	4.18 ^a	4.01 ^a	4.08 ^b	3.93 ^a	3.81 ^a
	AA 1.0 : CA 0.5	4.15 ^a	4.07 ^a	4.02 ^a	3.86 ^a	3.79 ^a	4.09 ^b
	F-Test	ns	ns	ns	*	ns	*
	CV%	2.48	4.78	2.65	3.50	8.25	3.65
SSC (°Brix)	Control	15.45 ^{a1/}	15.53 ^a	14.88 ^a	16.00 ^b	16.33 ^a	15.00 ^a
	AA 0.5 : CA 0.5	14.80 ^a	14.98 ^a	14.88 ^a	15.55 ^{ab}	15.08 ^a	15.13 ^a
	AA 1.0 : CA 0.5	15.35 ^a	15.58 ^a	14.80 ^a	14.85 ^a	14.43 ^a	15.20 ^a
	F-Test	ns	ns	ns	**	ns	ns
	CV%	3.42	6.78	3.33	3.72	8.57	4.48
TA (%)	Control	0.41 ^{a1/}	0.42 ^a	0.45 ^a	0.70 ^a	0.70 ^a	0.63 ^a
	AA 0.5 : CA 0.5	0.48 ^a	0.46 ^a	0.62 ^b	0.78 ^a	0.65 ^a	0.74 ^b
	AA 1.0 : CA 0.5	0.37 ^a	0.65 ^a	0.47 ^a	0.78 ^a	0.86 ^b	0.58 ^a
	F-Test	ns	ns	***	ns	*	*
	CV%	33.61	31.54	16.69	12.21	15.41	12.54

^{1/} Means within column followed by different letter are significantly different by using Duncan's new multiple range test at 95%: (ns) = non- significant; (*); (**); (***)= significantly different at the 0.05, 0.01 and 0.001 levels of probability, respectively.

สรุป

สารละลายผสมของแอสคอร์บิก 0.5% + ซิตริก 0.5% มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะลอการเสื่อมสภาพของชิ้นสับประรดตัดแต่งพันธุ์ห้วยมนเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมีผลช่วยในการชะลอการเกิด

สีน้ำตาล (ค่าความสว่างสูงสุด) และมีอายุการเก็บรักษาสูงสุด เท่ากับ 9 วัน โดยประเมินจากคะแนนการยอมรับโดยรวม (ที่อุณหภูมิ $6.3 \pm 0.01^{\circ}\text{C}$, $61.31 \pm 0.07\%\text{RH}$) ซึ่งลักษณะปรากฏโดยรวม ด้านสีกลิ่น อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางปัญญา. 2556. สับปะรดห้วยมุ่น. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/ewkcek> ค้นเมื่อวันที่ 16 พฤษภาคม 2559.
- จันทกานต์ เอี่ยมล้ำางค์. 2550. ผลของการใช้ไมโครเวฟร่วมกับสารเคมีในการควบคุมคุณภาพของผลละมุดแปรรูปขั้นต่ำ วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก.
- จุฑารัตน์ จันทักดี. 2558. ผลของชนิดกรดแช่ต่อคุณภาพการเก็บรักษาของสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ห้วยมุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก.
- ณภัทร ปวีณพงษ์พัฒน์. 2547. ผลของกรดชนิดกรดแช่ กรดแอสคอร์บิก โซเดียมอซิโธเรต และแคลเซียมคลอไรด์ต่อสีของลำไยอบแห้งพันธุ์ดอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- พินดา เมฆทัฬห และมยุรี กระจายกลาง. 2558. ผลของกรดแช่ต่อคุณภาพการเก็บรักษาสับปะรดห้วยมุ่นตัดแต่ง. แก่นเกษตร. 43: 836 – 841.
- มนตรี กรแก้ว. 2547. สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์จากเปลือกสับปะรดวิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ศิวพร จินตนาวงศ์. 2539. มาตรฐานพันธุ์พืชสวน. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2559. Active PAK™ ถูกใจได้. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/V6gzCA> ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2560.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สับปะรด. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/xHEZY7> ค้นเมื่อ 16 พฤษภาคม 2559.
- สุรารัตน์ ตัญญูสุขจิต. 2551. การรักษาคุณภาพสับปะรดตัดแต่งพันธุ์ภูเก๊ตโดยใช้สารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและสภาพบรรยากาศควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Trends in Food Science & Technology. 7: 179-187.
- Antoniolli, L. R., B. C. Benedetti, M. D. Souza Filho, D. D. Garruti, and M. D. Borges. 2012. Shelf life of minimally processed pineapples treated with ascorbic and citric acids. Bragantia. 71:447-453.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of office analytical chemists. 15th edition. Association of official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Lyengar, Radha, and Arthur J. McEvily. 1992. Anti-browning agents: alternatives to the use of sulfites in foods. Trends in Food Science & Technology. 3: 60-64.
- Maketup, P. and M. Krajayklang. 2016. Effect of Citric Acid on Storage Quality of Fresh-Cut Huaimun Pineapple. P.1459-1469. In: Proceedings of the National and International Graduate Research Conference. January 15, 2016, Khon Kean University, Khon Kean, Thailand.
- Solliva - Fortuny, R. C., M. A. Lluch, A. Quiles, N. Grigelmo – Miguel, and O. Martin – Belloso. 2003. Evaluation of textural properties and microstructure during storage of minimally processed apples. Journal of Food Science. 68: 313-317.
- Tien, C.L., C. Vachon, M.A. Mateescu, and M. Lacroix. 2001. Milk protein coating prevent oxidative browning of apples and potatoes. J. Food. Sci. 66: 512-516.
- Weller, A., C. A. Sims, R. F. Matthews, R. P. Bates, and J. K. Brecht. 1997. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. Journal of Food Science. 62: 256-260.