ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในการยืดอายุการเก็บรักษาและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในขนุนตัดแต่งสด

Efficacy of sanitizers and calcium chloride to extend the shelf life and reduce foodborne pathogen of fresh-cut jackfruits

อภิตา บุญศิริ,[1] วรดา สโมสรสุข, [2,3]จิตติมา จิรโพธิธรรม[1]และพิษณุ บุญศิริ[4]*
Apita Bunsiri,[1*] Worada Samosornsuk,[2] Jittima Jirapothithum[1] and Phitsanu Bunsiri[3]

ABSTRACT

To study the effects of sanitizers and $CaCl_2$ on extending the shelf life and reducing the contamination of food-borne pathogen of fresh-cut jackfruits, two hundred fifty grams of the produce was soaked consectively in the following solutions; 100 mg/l NaOCl, 1 min; 1% $CaCl_2$, 10 min; 80 mg/l peroxyacetic acid, 5 min, and in clean cooled water of 5^{o}C, 2 min. Then, the pretreated pulp was packed in transparent polystyrene plastic boxes and maintained for 18 days at 5^{o}C, 90$\pm$5%RH. The pretreated fruit qualities in terms of water soaking appearance, water loss and shelf life were dtermined and compared to those of the flesh prepared by the method of Siam Oriental Food Company (control) and such that the jackfruit pulp was prechilled at 5^{o}C, 90$\pm$5%RH for 12 hours prior to packing. The results revealed that the established pulp pretreatment method better rendered pulp qualities and better extended the fruit shelf life than the method routinely employed by Siam Oriental Food Co., Ltd. ; water soaking appearance and water loss of the pulp were reduced and the pulp shelf life was extended to 12 days. Moreover, the established pulp pretreatment better reduced total plate count, total coliform bacteria, yeast and mold to lower than that under the guideline for foodborne pathogen.

Keywords: fresh-cut jackfruits, foodborne pathogen, storage

บทคัดย่อ

เพื่อให้ทราบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ในการยืดอายุการเก็บรักษาและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อขนุนตัดแต่งสด ผลผลิตจำนวน 250 กรัม ถูกนำมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% เป็นเวลา 10 นาที กรดเพอร์รอกซีอะซีติกความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นเวลา 5 นาที และน้ำเย็นสะอาดอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ตามลำดับ บรรจุในกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90$\pm$5% เป็นเวลา 18 วัน เปรียบเทียบกับขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านการลดอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90$\pm$5% เป็นเวลา 12 ขั่วโมงก่อนการบรรจุ (กระบวนการจัดการของบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ดจำกัด : ชุดควบคุม) ผลการทดลองพบว่า เนื้อขนุนที่ผ่าน

[1*] ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว/ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Postharvest Technology Center/PHTIC, RDI-KPS, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom 73140
[2] ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University (Rangsit Campus), Klongluang District, Pathumthani 12120
[3] ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Central Laboratory and Greenhouse Complexes, RDI-KPS, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom 73140

[*] Corresponding author:

การแช่ในสารป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ให้ผลดีกว่าวิธีการของบริษัท โดยสามารถลดการเกิดอาการฉ่ำน้ำ ลดการสูญเสียน้ำหนัก สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อขนุนได้นาน 12 วัน นอกจากนี้ยังช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคมนุษย์ได้แก่ total plate count, total coliform bateria, yeast และ mold ได้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ: ขนุนตัดแต่งสด จุลินทรีย์ก่อโรคมนุษย์ การเก็บรักษา

คำนำ

เนื้อขนุนตัดแต่งสดเป็นที่นิยมสำหรับผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศมากยิ่งขึ้น จากการสอบถามบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ดจำกัดทำให้ทราบว่า ประเทศไทยมีการส่งออกขนุนตัดแต่งสดไปจำหน่ายยังประเทศทางแถบยุโรป ดูไบ และรัสเซียเพิ่มมากขึ้น โดยการแปรรูปพร้อมบริโภคนั้นจะใช้ผลขนุนที่สุกเหมาะสำหรับการบริโภคแล้วมาทำการปอกเปลือก และตัดแต่งเอาเฉพาะส่วนของเนื้อที่มีเมล็ดหรือไม่มีเมล็ด มาบรรจุในกล่องพลาสติกใสที่สามารถมองเห็นตัวสินค้าได้อย่างชัดเจน แต่ผู้ประกอบการต้องเผชิญกับปัญหารสชาติสูญเสียไป เนื้อเยื่ออ่อนตัวอย่างรวดเร็ว เกิดอาการสีน้ำตาลบริเวณผิวสัมผัสที่มีการตัดแต่ง และเกิดการเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยว (Narasimham, 1990) เนื่องจากขนุนเป็นผลไม้ประเภทไคลแมคเทอริค (climacteric fruit) ซึ่งมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูง อายุการเก็บรักษาของขนุนตัดแต่งสดจึงสั้น และเสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็วกว่าการเก็บรักษาทั้งผล จากข้อมูลที่ได้รับจากบริษัทผู้ส่งออกที่ยังคงพบปัญหา การร้องเรียนจากลูกค้าปลายทางซึ่งพบความเสียหายจากการเกิดอาการฉ่ำน้ำ กลิ่นและรสชาติผิดปกติ และการเกิดอาการสีน้ำตาลของเนื้อขนุนขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาซึ่งเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อที่มีบาดแผล (Baldwin *et al.*, 1995) การศึกษาด้านสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการรักษาคุณภาพของผลไม้ตัดแต่งสดพร้อมบริโภคหลาย ๆ ชนิด ได้ถูกรายงานไว้อย่างมากมาย สำหรับขนุนตัดแต่งสดมีรายงานโดยเสาวคนธ์ (2545) ว่า การแช่ขนุนตัดแต่งสดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) 1% นาน 30 นาที จากนั้นจึงแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) 200 มิลลิกรัม/ลิตร นาน 15 นาที นำมาล้างในน้ำดื่มอีก 1 ครั้ง สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและยีสต์ลงได้ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อขนุนพร้อมบริโภคได้รับความเสียหายที่อุณหภูมิต่ำ (chilling injury) และแสดงอาการฉ่ำน้ำในวันที่ 5 หลังเก็บในฟิล์มยืดโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinylchloride : PVC) และในวันที่ 7 หลังเก็บในถุงไนลอน (nylon) และลีเนียร์โลเดนซิตี้โพลีเอทิลีน (linear low density polyethylene : LLDPE) โดยมีผลให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความสว่าง และความเข้มสีลดลง ในขณะที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เนื้อขนุนไม่แสดงอาการดังกล่าว (เสาวคนธ์, 2545) แต่จากการศึกษาทดลองในเบื้องต้นพบว่า วิธีการของเสาวคนธ์ (2545) เมื่อนำมาบรรจุด้วยวิธีการของบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ดจำกัดไม่เหมาะสม ทำให้ไม่สามารถลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคมนุษย์ภายใต้มาตรฐานกำหนดตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามมีรายงานของวรดาและคณะ (2553) ที่มีการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) ร่วมกับการใช้สารละลายกรดเพอร์ร็อกซีอะซิติกกับผลไม้ตัดแต่งสดหลายชนิดพบว่า สามารถลดปริมาณปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคมนุษย์ภายใต้มาตรฐานกำหนดได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการแก้ปัญหาของบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ดจำกัดโดยการใช้วิธีการของวรดาและคณะ (2553) ร่วมกับการใช้ $CaCl_2$ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคมนุษย์ของขนุนตัดแต่งสดเปรียบเทียบกับวิธีการของบริษัทสยามโอเรียลท้อล ฟู้ด จำกัด สำหรับใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อการส่งออกของบริษัทต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเนื้อขนุนตัดแต่งพันธุ์มาเลเซียอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วันหลังจากติดผล จากบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ด จำกัด มาผ่านขั้นตอนการจัดการของบริษัทเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการ

ของวรดาและคณะ(2553) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ทรีตเมนต์ ทำทรีตเมนต์ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 250 กรัม โดยการเปรียบเทียบตัวอย่างทั้ง 2 ทรีตเมนต์ โดยช t-test ดังนี้คือ

ทรีตเมนต์ที่ 1 นำขนุนตัดแต่งสดไปลดอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำเนื้อขนุนตัดแต่งสด 250 กรัม บรรจุลงในกล่องพลาสติกโพลีสไตรีน ปิดฝาด้วยเทปใส และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสซึ่งเป็นวิธีการจัดการขนุนตัดแต่งสดของบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ดส์จำกัด

ทรีตเมนต์ที่ 2 นำเนื้อขนุนตัดแต่งสดมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) 100 มิลลิกรัม/ลิตร นาน 1 นาที ตามด้วย $CaCl_2$ 1% นาน 10 นาที จากนั้นจึงแช่ในสารละลายกรดเพอร์ร็อกซีอะซิติก ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัม/ลิตร นาน 5 นาที ก่อนนำมาล้างในน้ำเย็นนาน 2 นาที ผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุเนื้อขนุนตัดแต่งสด 250 กรัม ในกล่องพลาสติกโพลีสไตรีนปิดฝาด้วยเทปใส แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทันที (วรดาและคณะ, 2553)

บันทึกผลการทดลองทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน ดังนี้คือ

1. การสูญเสียน้ำหนัก โดยการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บรักษา นำมาคำนวณการสูญเสียน้ำหนัก ด้วยสูตร

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

2. การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อด้วยเครื่อง Minolta CR400 อ่านค่าในระบบ C.I.E. ดังนี้คือ ค่าความสว่าง (L*) สีแดง (+a*) สีเหลือง (+b*) ความเข้มสี (Chroma) และค่ามุมของสี (^{o}H)

3. ลักษณะปรากฏด้านสีเนื่องจากอาการฉ่ำน้ำโดยการให้คะแนนตามระดับความเข้มของสี 6 ระดับ (ดัดแปลงจากเสาวคนธ์, 2545) คือ 0 ไม่ปรากฏอาการฉ่ำน้ำ, 1= สีดำคล้ำน้อยมาก, 2= สีดำคล้ำน้อย, 3=สีดำคล้ำปานกลาง, 4=สีดำคล้ำมาก และ 5=สีดำคล้ำมากที่สุด

4. ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง firmness tester โดยใช้หัววัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร อ่านค่าเป็นหน่วยกิโลกรัม จากนั้นแปลเป็นหน่วยนิวตัน โดยการคูณด้วยค่าคงที่ 9.807

5. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids : TSS) ด้วย hand refractometer

6. ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (tiratable acidity : TA) โดยการไทเทรตน้ำคั้นขนุน 5 มิลลิลิตรที่บรรจุในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร และมีการหยดสารอินดิเคเตอร์ ฟีนอล์ฟทาลีน 0.1% ลงไป 1 หยด จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งน้ำคั้นขนุนเปลี่ยนเป็นสีชมพูนำมาคำนวณหาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ด้วยสูตร

$$\text{TA (\%)} = \frac{\text{ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นของ NaOH (นอร์มอล)} \times \text{meq wt of citric acid (มีค่าเท่ากับ 0.064)} \times 100}{\text{ปริมาตรน้ำคั้นขนุนที่ใช้ในการไทเทรต (มล.)}}$$

7. อัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

8. การประเมินทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สีเนื้อ ความกรอบ ความหวาน ความเปรี้ยว กลิ่นและรสชาติผิดปกติ และความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 12 คน ทดสอบชิมเนื้อขนุนตัดแต่งสดทุก ๆ 3 วัน แล้วบันทึกแบบทดสอบชิม โดยให้คะแนน 1-9 คะแนน 1 คือ มีค่าคะแนนน้อย และ 9 มีค่าคะแนนมาก

9. การตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดโรคกับผู้บริโภค ได้แก่ *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphyllococcus aureus*, Total plate count, Total coliform bacteria, Yeast และ Mold ในวันที่ 0, 6, 12 และ 18 วัน ตามวิธีของ Bacteriological analytical manual (2003)

ผลและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด

เนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านขั้นตอนการจัดการตามวิธีการของบริษัท และวรดา และคณะ (2553) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา15 วัน การสูญเสียน้ำหนักลดลงอย่างมาก (Figure1) เนื่องจากเนื้อขนุนมีการพัฒนาการสุก และเกิดอาการฉ่ำน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่เนื้อขนุนที่ผ่านขั้นตอนการจัดการตามวิธีของบริษัทฯ เกิดอาการฉ่ำน้ำมากกว่าเนื้อขนุนที่ผ่านกรรมวิธีของวรดา และคณะ (2553) ทั้งนี้เพราะสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไปเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ชะลอการสุก เพิ่มความต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ทำให้เซลล์ของเนื้อขนุนตัดแต่งสดมีความแข็งแรง ชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ และลดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ สอดคล้องกับการให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลสตรอเบอรี่และกีวี (Lara *et al.*, 2004 ; Dimitrios and Pavlina, 2005) การทดลองดังกล่าวให้ผลทำนองเดียวกับผลโลควอท สตรอเบอรี่ กีวี สาลี่ และเมลอนตัดแต่งสดที่จุ่มแคลเซียมคลอไรด์มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลที่ไม่จุ่มแคลเซียมคลอไรด์ (Mahajan and Dhatt, 2004; Lara *et al.*, 2004; Dimitrios and Pavlina, 2005; Antunes *et al.*, 2008; Akhtar *et al.*, 2010)

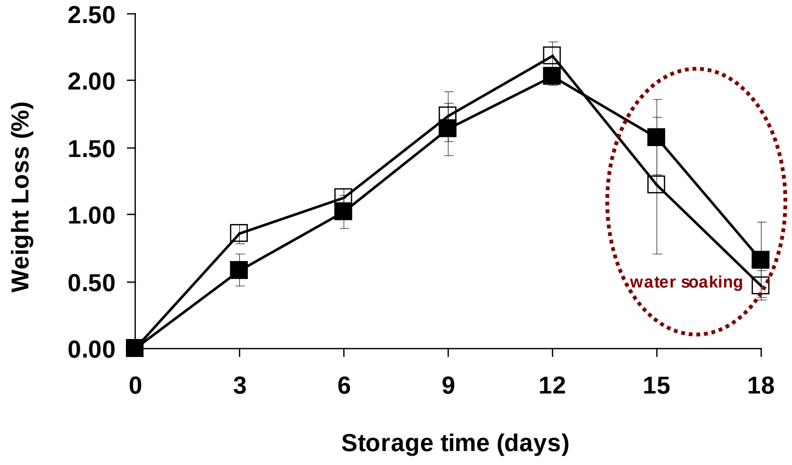

Figure1 Weight loss of fresh-cut jackfruit during storage passed through the Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control : □) and modified Worada process ($NaOCl+CaCl_2$+peroxyacetic acid+H_2O : ■) before being packed in polystyrene containers and maintained at 5°C, 95+5%RH for 18 days

การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

เนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านขั้นตอนการจัดการตามวิธีการของวรดาและคณะ (2553) มีค่า L* (Figure 2A), a*(Figure 2B) , b* (Figure 2C) , chroma (Figure 2D) และ hue angle(Figure 2E)ไม่แตกต่างจากเนื้อขนุนที่ผ่านกรรมวิธีของบริษัท (Figure 2)

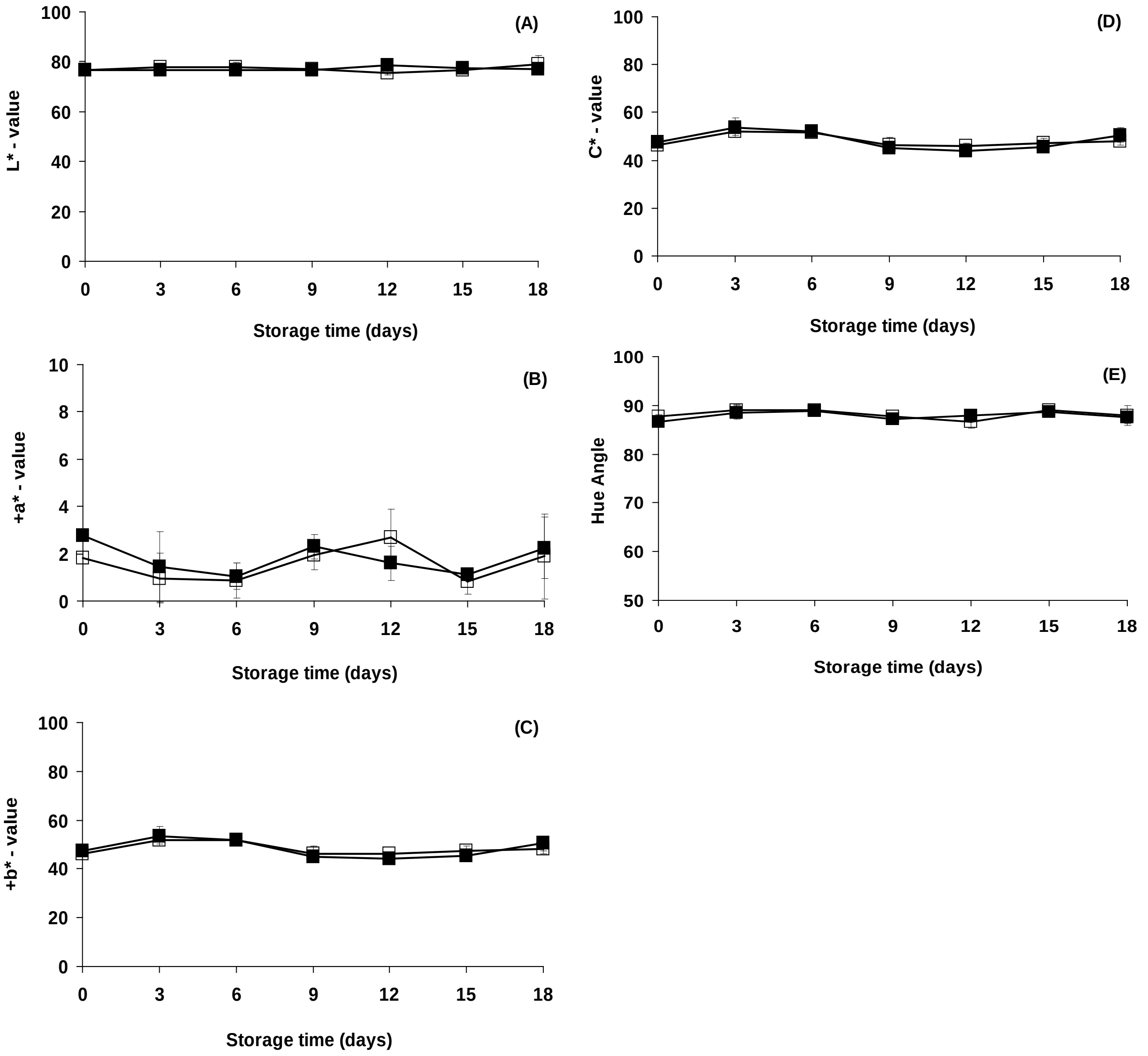

Figure2 Color change in terms of L* (A), a* (B), b* (C), chroma (D) and hue angle (E) of fresh-cut jackfruit during storage passed through the Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control : □) and modified Wada process (NaC $_2$+peroxyacetic acid+H_2O2 ■) before being packed in polystyrene containers and maintained at 5°C, 95+5%RH for 18 days

ลักษณะปรากฏด้านสีเนื่องจากอาการฉ่ำน้ำ

เนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านขั้นตอนการจัดการตามวิธีการของวรดาและคณะ (2553) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการแช่เนื้อขนุนตัดแต่งสดใน $CaCl_2$1% นาน 10 นาที เนื่องจากแคลเซียมที่เนื้อขนุนได้รับช่วยในการเชื่อมต่อสายโพลิเมอร์ของเพคติน ทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรง (White and Broadly, 2003) จึงเกิดอาการฉ่ำน้ำน้อยกว่าเนื้อขนุนที่ผ่านกรรมวิธีของบริษัท ทั้งนี้คะแนนอาการฉ่ำน้ำของเนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านกรรมวิธีของบริษัทและผ่านกรรมวิธีของวรดา และคณะ (2553) ยังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ คือมีระดับคะแนนเท่ากับ 2 หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 15 และ 18 วัน ตามลำดับ (Figure 3

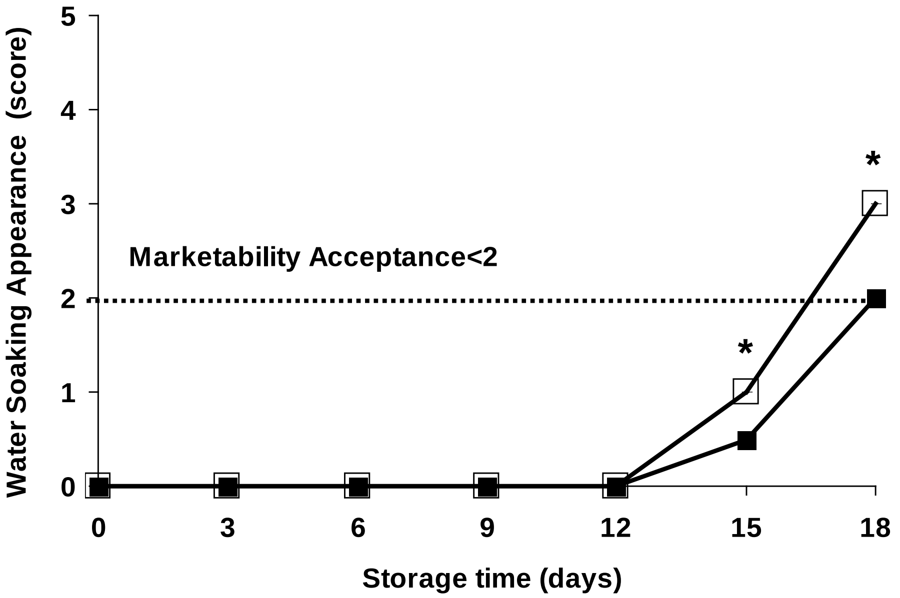

Figure 3 Water soaking appearance of fresh-cut jackfruit during storage passed through the Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control : □) and m
($NaOCl+CaCl_2$+peroxyacetic acid+H_2O : ■) before being packed in polystyrene containers and maintained at 5^{o}C, 95$\pm$5%RH for 18 days
*indicated the significantly difference between treatments on the same day ($p<0.05$)

ความแน่นเนื้อ

ความแน่นเนื้อของเนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านขั้นตอนการจัดการตามวิธีการของวรดาและคณะ (2553) มีแนวโน้มสูงกว่าเนื้อขนุนที่ผ่านกรรมวิธีของบริษัท (Figure 4) ทั้งนี้เพราะสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไปเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ชะลอการสุก เพิ่มความต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เซลล์ของเนื้อขนุนตัดแต่งสดมีความแข็งแรง ชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ และลดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ สอดคล้องกับการให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลสตรอเบอรี่และ กีวี (Lara *et al*., 2004; Dimitrios and Pavlina, 2005)

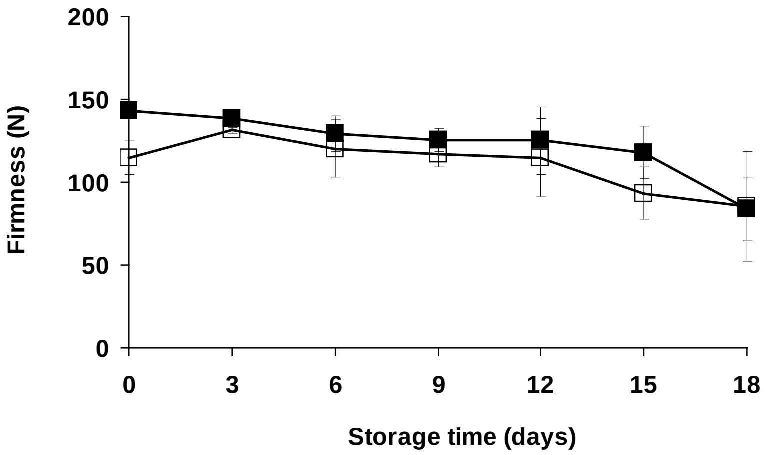

Figure 4 Firmness of fresh-cut jackfruit during storage passed through the Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control : □) and modified Worada (NaOCl+$CaCl_2$+peroxyacetic acid+H_2O : ■) before being packed in polystyrene containers and maintained at 5°C, 95±5%RH for 18 days

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และอัตราส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)

การทดลองพบว่าเนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านกระบวนการของวรดา และคณะ (2553) มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Figure 5A) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Figure 5B) ไม่แตกต่างจากเนื้อขนุนตัดแต่งสดของที่ผ่านกรรมวิธีของบริษัท ขณะที่พบ TSS/TA เพิ่มสูงขึ้นสูงสุดหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน หลังจากนั้นจึงลดลงทั้งนี้เนื้อขนุนที่ผ่านการจัดการตามกรรมวิธีของบริษัทมีปริมาณ TSS/TA สูงกว่าเนื้อขนุนที่ผ่านการจัดการตามวิธีของวรดา และคณะ (2553) ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา (Figure 5C) แสดงให้เห็นว่าเนื้อขนุนที่ผ่านกรรมวิธีของบริษัทมีการสุกเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความหวานเพิ่มขึ้นมากกว่าเนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านกรรมวิธีของวรดา และคณะ (2553)

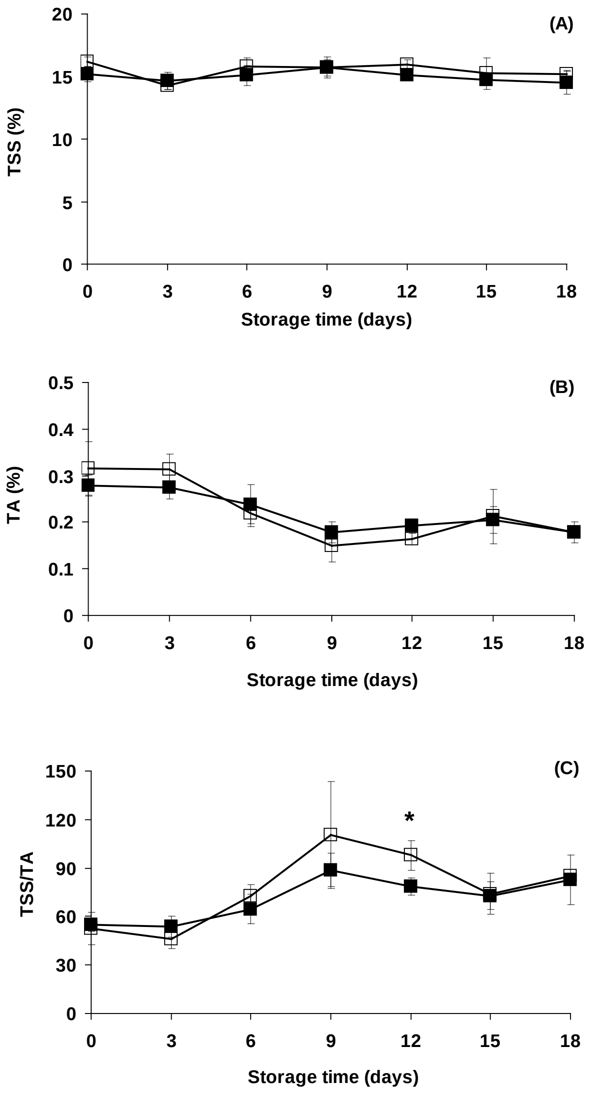

Figure 5 TSS (A), TA (B) and TSS/TA (C) of fresh-cut jackfruit during storage passed through the Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control : □) and modified process ($NaOCl+CaCl_2$+peroxyacetic acid+H_2O : ■) before being packed in polystyrene containers and maintained at 5°C, 95+5%RH for 18 days
*indicated the significantly difference between treatments on the same day ($p<0.05$)

การประเมินทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ชิมจำนวน 12 คน ทดสอบชิม ให้คะแนนสีเนื้อ (Figure 6A) ความฉ่ำน้ำ (Figure 6B) ความกรอบ (Figure 6C) ความหวาน (Figure 6D) ความเปรี้ยว (Figure 6E) กลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Figure 6F) และความชอบ (Figure 6G) ของเนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านกระบวนการของวรดาและคณะ (2553) ในระดับที่ยอมรับได้ไม่แตกต่างจากเนื้อขนุนที่ผ่านกระบวนการผลิตของบริษัท (Figure 6) ยกเว้นความกรอบที่พบว่าในวันที่ 12 จนกระทั่งวันที่ 15 ของการเก็บรักษาเนื้อขนุนที่ผ่านกระบวนการของวรดาและคณะ (2553) มีความกรอบที่มีระดับคะแนนในระดับที่ยอมรับได้มากกว่าเนื้อขนุนที่ผ่าน

กระบวนการผลิตของบริษัท ทั้งนี้เป็นเพราะสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ไปเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ ชะลอการสุก เพิ่มความต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เซลล์ของเนื้อขนุนตัดแต่งสดมีความแข็งแรง ชะลอการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ และลดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ได้ สอดคล้องกับการให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลสตรอเบอรี่และกีวี (Lara *et al.*, 2004 ; Dimitrios and Pavlina, 2005)

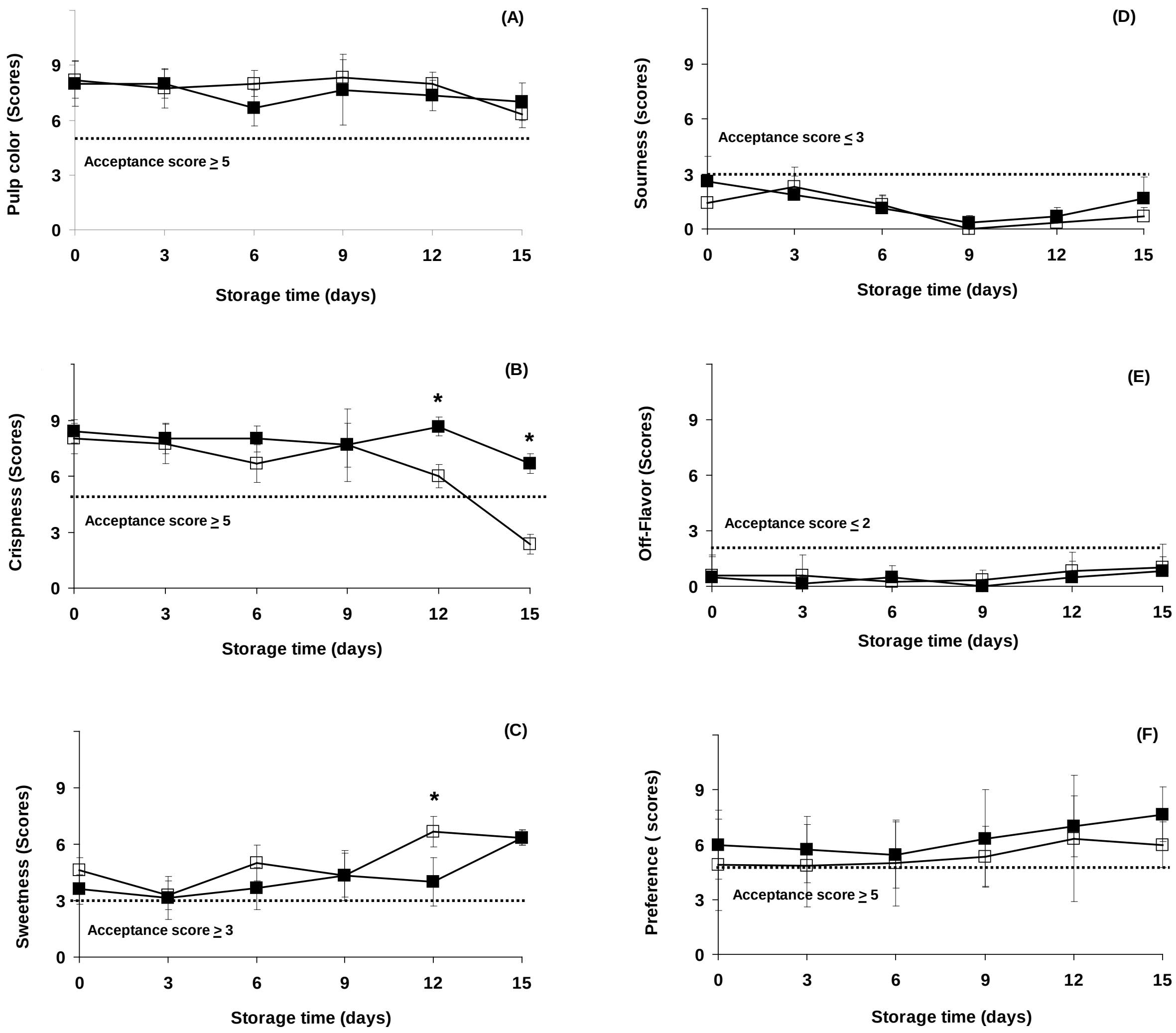

Figure 6 Pulp color (A), juiciness (B), crispness (C), sweetness (D), sourness (E), off-flavor (F) and preference (G) scores of fresh-cut jackfruit during storage passed through the Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control : □) and mo (NaOCl+$CaCl_2$+ peroxyacetic acid+H_2O : ■) before being packed in polystyrene containers and maintained at 5°C, 95±5%RH for 18 days

*indicated the significantly difference between treatments on the same day ($p<0.05$)

เชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดโรคกับผู้บริโภค (*Escherichia coli*, *Salmonella*, *Staphyllococcus aureus*, Total plate count, Total coliform bacteria, Yeast และ Mold)

ผลการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคมนุษย์ใน Table 1 พบว่า วิธีการของวรดาและคณะ (2553) สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อได้ดีกว่าวิธีการของบริษัท โดยสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ coliform bacteria, yeast และ mold ให้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดได้เป็นเวลา 12 วัน ยกเว้น aerobic plate count ที่พบว่า วิธีการของวรดา และคณะ (2553) สามารถลดการปนเปื้อนให้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดได้เพียง 12 วัน ทั้งนี้เนื้อขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านกระบวนการทั้ง 2 วิธีตรวจสอบไม่พบเชื้อ *S. aureus, E. coli* และ *Salmonella* spp. ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน แสดงว่าวิธีการของวรดาและคณะ (2553) สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดโรคมนุษย์ได้เป็นเวลา 12 วัน การที่ของวรดาและคณะ (2553) สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้เนื่องจาก peroxyacetic acid ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยไปออกซิไดซ์เซลล์เมมเบรนด้านนอกของเซลล์แบคทีเรีย เอนโดสปอร์ ยีสต์ และสปอร์ของเชื้อรา โดยอาศัยกลไกออกซิเดชันด้วยการส่งผ่านอิเลคตรอนไปยังเชื้อจุลินทรีย์ และไปทำลาย DNA และไขมันของจุลินทรีย์ ทำให้สามารถฆ่าเชื้อจุลินทรย์หรือหยุดการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ (Small *et al*., 2007) นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการดีเนเจอร์ของโปรตีนและเอนไซม์ เป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการควบคุมการผ่านของสารเข้าออกจากเซลล์ โดยการออกซิไดซ์พันธะซัลไฮดริลและไดซัลไฟด์ (Hilgren *et al*., 2007 ; Small *et al*., 2007) ยังสามารถทำลายเซลเมมเบรนและยับยั้งระบบการทำงานของเอนไซม์และการเคลื่อนย้ายสารต่าง ๆ ของเชื้อจุลินทรีย์ (Koivunen and Heinonen-Tanski, 2005) ทั้งนี้มีรายงานว่า peroxyacetic acid สามารถควบคุมจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรียได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ไวรัส สปอร์ของแบคทีเรีย โปรโตซัวแอนซิสท์ ตามลำดับ (Baldry, 1983 ; Kitis, 2004 ; Koivunen and Heinonen-Tanski, 2005 และ Oh *et al*., 2005)

Table 1 Total plate count numbers of food borne pathogenic, *Staphyllococcus aureus*, *Salmonella* spp., total coliform bacteria, *Escherichia coli*, yeast and mold in fresh-cut jackfruit pretreated prior to packing by the method of Siam Oriental Food Co., Ltd. process (control) and that establishec in the present study (modified Worada process : $CaCl_2$+Peroxyacetic acid+H_2O) during 18 days maintenance at 5^oC, 95$\pm$5%RH

Pathogens	**Standard Guideline** (CFU/g)	**Treatments**	**Average of food-borne pathogen (CFU/g)**			
			Day 0	**Day 6**	**Day 12**	**Day 18**
Total plate count	< 6 x 10^5	Company Process (control)	4.0 x 10^4	6.7x 10^5	1.3x 10^6	1.6 x 10^7
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	1.2 x 10^4	2.6 x 10^5	4.8 x 10^5	1.8 x 10^7
S. aureus	< 200	Company Process (control)	0	0	0	0
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	0	0	0	0
Total coliform bacteria	< 5 x 10^5	Company Process (control)	0	9.2 x 10^2	8.8 x 10^3	4.0 x 10^8
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	40	3.0 x 10^2	1.2 x 10^4	3.4 x 10^4
E. coli	< 20	Company Process (control)	0	0	0	0
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	0	0	0	0
Yeast	< 10^4	Company Process (control)	1.6 x 10^2	4.7 x 10^3	7.2 x 10^3	>1 x 10^6
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	72	1.0 x 10^3	2.1 x 10^3	7.0 x 10^4
Mold	< 500	Company Process (control)	4	40	400	>500
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	0	0	2	20
***Salmonella* spp.**	ND	Company Process (control)	ND	ND	ND	ND
		Worada's process ($CaCl_2$+Peroxy+H_2O)	ND	ND	ND	ND

Remark : ND=Not detected in 25 g

สรุปผลการทดลอง

การจัดการขนุนตัดแต่งสดโดยการใช้ NaOCl และสารละลายกรดเพอร์ร็อกซีอะซิติกตามวิธีการของวรดาและคณะ (2553) ร่วมกับการใช้ $CaCl_2$ สามารถลดการเกิดอาการฉ่ำน้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย สามารถยืดอายุการเก็บรักษาขนุนและลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ก่อโรคให้ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดได้นาน 12 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับขนุนตัดแต่งสดที่ผ่านกระบวนการจัดการตามวิธีการของบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ด จำกัด

คำนิยม

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และบริษัทสยามโอเรียลท้อลฟู้ดจำกัดผู้สนับสนุนงบประมาณวิจัย และโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ได้สนับสนุนการวิเคราะห์และแปลผลเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคมนุษย์ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

วรดา สโมสรสุข, เสกสรรค์ สโมสรสุข, อภิตา บุญศิริ, มนัส จงสงวน และผ่องศรี ทองทวี. 2553. การพัฒนาการตรวจหาเชื้อ *Salmonella*, *Escherichia coli* และ *Campylobacter* ในผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคจากตลาดสดและซุปเปอร์มาร์เก็ตในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลโดยใช้วิธี toxin gene-based PCR. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เสาวคนธ์ บุญนา. 2545. ผลของอุณหภูมิ สภาพปรับบรรยากาศ และการเก็บในสารละลายน้ำตาลต่อคุณภาพเนื้อขนุนพร้อมบริโภค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 171 น.

Akhtar, A., N.K. Abbasi and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. Pak. J. Bot. 42 : 181-188.

Antunes, D., S. Nunes, G. Miguel, S. Dundlen and A. Cavaco. 2008. Sustainable postharvest handling of minimally processed melon fruits, p. 521-525. *In* The 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD'08) at Algarve, Portugal, June 11-13, 2008. p. 521-525.

Bacteriological anlytical manual online. 2003. http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-1.html.

Baldry, M.G.C. 1983. The bactericidal, fungicidal and sporicidal properties of hydrogen peroxide and peracetic acid. J. Appl. Bacteriol. 54 : 417–423.

Baldwin, E. A., M.O.Nisperos-Carried, and R.A. Baker, 1995. Use of edible coating for lightly processed fruits and vegetables. HortSci. 30 : 35–38.

Dimitrios, G. and D.D. Pavlina. 2005. Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in kiwifruit. Postharvest Biology and Technology 36: 303-308.

Hilgren, J., K.M.J. Swanson, F. Diez-Gonzalez and B.Cords. 2007. Inactivation of Bacillusanthracis spores by liquid biocides in the presence of food residue. Appl. Environ. Microbiol. 73 : 6370–6377.

Kitis, M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. Environ. Int. 30 : 47–55.

Koivunen, J.and H. Heinonen – Tanski. 2005. Inactivation of enteric micro-organisms with chemical disinfectants, UV irradiation and combined chemical/UV treatments. Water Res. 39 : 1519–1526.

Lara, I., P. García and M. Vendrell. 2004. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) fruit. Postharvest Biology and Technology 34(3): 331-339.

Mahajan, B.V.C. and A.S. Dhatt . 2004. Studies on postharvest calcium chloride application on storage behaviour and quality of Asian pear during cold storage. Intl. J. Food Agri. And Environment 2(3-4): 157-159.

Narasimham, P. 1990. Bread fruit and jackfruit, pp. 193–259. Fruits of Tropical and Subtropical Origin: Composition, Properties and Uses. *In*: S. Nagy, P.E. Shaw and W.F. Wardowski (Eds.). Florida Science Source Inc., Florida.

Small, D.A., W. Chang, F. Toghrol and W.E. Bently. 2007. Comparative global transcriptionanalysis of sodium hypochlorite, peracetic acid, and hydrogen peroxide on *Pseudomonas aeruginosa*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 76, 1093–1105.

Oh, S.-W., P.M. Gray, R.H. Dougherty and D. Kang–H. 2005. Aerosolization as novel sanitizer delivery system to reduce food-borne pathogens. Lett. Appl. Microbiol. 41: 56–60.

White, P.J. and M.R. Broadley. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92: 487-511.

Received 18 October 2011
Accepted 30 April 2012