

ผลของอุณหภูมิและกรดออกซาลิกต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและคุณภาพของ  
มะม่วงพันธุ์มหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effects of Temperature and Oxalic Acid on Physiological and Quality Changes of  
Fresh-Cut Mango cv. Mahachanok

พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย<sup>1,2</sup> และ สิริชัย กัลยาณรัตน์<sup>1,2</sup>

Panida Boonyarittthongchai<sup>1,2</sup> and Sirichai Kanlayanarat<sup>1,2</sup>

Abstract

At present, mango cv. Mahachanok is very popular in both domestic and overseas markets. In this research, mango fruits were minimally processed and kept for shelf life studies at 4, 7, 10 and 25 °C. The results showed that fresh-cut mango kept at 4 and 7°C could had a shelf life of 6 days while that kept at 10 and 25°C had a shelf life of 4 days and 1 day, respectively. The effect of oxalic acid on quality of fresh-cut mango was also investigated. Dipping fresh-cut mango in 1% oxalic acid solution resulted in a shelf life of 8 days and reduced water loss and browning. Furthermore, the 1% oxalic acid-treated sample had lower respiration rate than the control, although there was no significant difference in firmness and total soluble solids content. The 1% oxalic acid-treated fresh-cut mango had lower total plate count, *E. coli*, mold and yeast than the other mango samples. Anaerobic bacteria and coliforms were not found in this mango sample.

**Keywords:** oxalic acid, fresh cut produce, mango

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมะม่วงมหาชนกกำลังได้รับความนิยมทั้งจากตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศเป็นอย่างดี ในงานวิจัยนี้ได้นำมะม่วงมหาชนกมาตัดแต่งแปรรูปพร้อมบริโภคและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ 4, 7, 10 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 7 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้เป็นเวลา 6 วัน ในขณะที่ 10 องศาเซลเซียส มะม่วงมีอายุการวางจำหน่าย 4 วัน และที่ 25 องศาเซลเซียส มีอายุการวางจำหน่าย 1 วัน จากการศึกษาผลของกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ต่อคุณภาพของมะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า การจุ่มมะม่วงตัดแต่งในกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ทำให้มีอายุการวางจำหน่าย 8 วัน โดยลดการสูญเสีย น้ำหนักรวมทั้งชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดทดลองอื่น นอกจากนี้มะม่วงยังมีอัตราการหายใจต่ำกว่าชุดควบคุม แต่ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดออกซาลิกร้อยละ 1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *E. coli* รา และยีสต์ น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และไม่พบแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนและพวกโคลิฟอร์ม

**คำสำคัญ:** กรดออกซาลิก, ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค, มะม่วง

คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมะม่วงมหาชนกเป็นพันธุ์ที่ได้รับการตอบรับจากทั้งตลาดภายในประเทศและตลาดต่างประเทศเป็นอย่างดี เนื่องจากมีคุณลักษณะเด่นคือ สีส้มสวยงาม ผลมีขนาดรูปทรงดี เมล็ดลีบบาง รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย เมื่อสุกงอมหวานจัด เนื้อไม่เละ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว การนำมะม่วงมาแปรรูปให้พร้อมต่อการบริโภคนั้นจัดเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งสำหรับการเพิ่มศักยภาพของผลิตผลเกษตรไทยให้เป็นที่รู้จักกันดีสำหรับคนต่างชาติ แต่ในการแปรรูปตัดแต่งนั้นยังพบปัญหาของอายุการเก็บรักษาที่สั้น การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อมะม่วงเป็นสีน้ำตาล และการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งก่อนและหลังการแปรรูป การตัดแต่งมะม่วงโดยการผลิตเป็นมะม่วงสดแปรรูปพร้อมบริโภค ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ชีวเคมี และจุลชีววิทยาของมะม่วงที่ผ่านกระบวนการแปรรูป การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นดังกล่าว มีผลทำให้มะม่วงแปรรูปพร้อมบริโภคมีคุณภาพลดลง เสื่อมเสียง่าย ไม่ปลอดภัย ไม่เป็นที่

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

<sup>2</sup> Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

<sup>3</sup> ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

<sup>4</sup> Postharvest Technology Innovation Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

ต้องการของผู้บริโภค และมีอายุการวางจำหน่ายสั้นกว่ามะม่วงที่ไม่ได้ผ่านการแปรรูป ดังนั้น การนำเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมาใช้ในการลดความเสียหายจากการแปรรูป ซึ่งได้แก่ การใช้สารต่อต้านการเกิดสีน้ำตาล (antibrowning) ซึ่งสารเหล่านี้จะไปมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้แปรรูปพร้อมบริโภค พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) (Martinez and Whitaker, 1995) สารต่อต้านการเกิดสีน้ำตาลเหล่านี้ได้แก่ สารพวกกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) เช่น กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก และกรดออกซาลิก โดยกรดออกซาลิกจัดเป็นสารตัวต้านออกซิเดชัน ที่ใช้กันมากในผักและผลไม้ เช่น หน่อไม้ฝรั่ง บรอกโคลี แครอท กระเทียม หัวหอม ถั่ว มันฝรั่ง มะเขือเทศ (Yoruk *et al.*, 2004) และมีการใช้กรดออกซาลิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยที่ตัดแต่งพร้อมบริโภค (Yoruk *et al.*, 2002) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภค ที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดออกซาลิกร่วมกับการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสม อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยในระดับลึกต่อไป

### อุปกรณ์และวิธีการ

ในการทดลองครั้งนี้ใช้มะม่วงสุกพันธุ์มหาชนก จากสวนในจังหวัดฉะเชิงเทรา โดยคัดเลือกผลที่มีขนาดน้ำหนักประมาณ 200-250 กรัมต่อผล ผลมีรูปทรงสม่ำเสมอ ปราศจากโรคและแมลง ไม่มีตำหนิ จากนั้นล้างด้วยน้ำผสมโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมากับผลมะม่วง ทิ้งไว้ให้แห้ง ทำการลอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นครึ่งผล แล้ววางบนถาดโฟมเก็บรักษาที่ 4, 7, 10 และ 25 องศาเซลเซียส ทำการตรวจวัดคุณภาพของมะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภค วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวนทั้งหมด 4 ซ้ำ โดยในแต่ละซ้ำใช้มะม่วงจำนวน 1 ผล ทำการสุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ทุก 2 วัน

ทำการเลือกอุณหภูมิที่ดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น นำมาใช้ในการทดลองต่อไป โดยเตรียมมะม่วงเบื้องต้นตามการทดลองแรก แล้วไปปฏิบัติการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 จุ่มมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 จุ่มมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคในกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5

ชุดการทดลองที่ 3 จุ่มมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคในกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1

ชุดการทดลองที่ 4 จุ่มมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคในกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1.5

นำไปวางลงบนถาดโฟม โดยบรรจุ 1 ชิ้นต่อหนึ่งถาด แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ดีที่สุดจากการทดลองเบื้องต้น ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% ทำการสุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ทุก 2 วัน

### ผล

มะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภคซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 7 องศาเซลเซียส สามารถวางจำหน่ายได้นาน 6 วัน ในขณะที่มะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วางไว้ที่ 10 และ 25 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 4 และ 1 วันตามลำดับ การจุ่มด้วยกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 สามารถยืดอายุการวางจำหน่ายได้นาน 8 วัน (Table 1)

Table 1 Shelf life of fresh-cut mango cv. Mahachanok kept at 4, 7, 10 and 25°C or dipped in 0.5, 1.0 and 1.5% oxalic acid then stored at 4°C (85-90%RH)

Treatment	Shelf life (days)
Storage at 4°C	6
Storage at 7°C	6
Storage at 10°C	4
Storage at 25°C	1
0.5% Oxalic acid + storage at 4°C	8
1.0% Oxalic acid + storage at 4°C	8
1.5% Oxalic acid + storage at 4°C	8

การจุ่มด้วยกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *E. coli* และโคลิฟอร์ม ราและยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส ได้ดีกว่าการจุ่มในน้ำกลั่นและกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (Table 2) ทั้งนี้ถึงแม้ว่ากรดออกซาลิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *E. coli* โคลิฟอร์ม ราและยีสต์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่ากรดออกซาลิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 แต่ทำให้เนื้อมะม่วงมีลักษณะสีที่ผิดปกติและมีคุณภาพซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Table 2 Total plate count, *E. coli*, coliform, mold and yeast of fresh-cut mango cv. Mahachanok dipped in 0.5, 1.0 and 1.5% oxalic acid then stored at 4 °C (85-90% RH).

Treatment / Days	Total plate count (log CFU/g)				
	0	2	4	6	8
Control	0.67	2.42 <sup>ab</sup>	2.18	1.45	1.88 <sup>ab</sup>
0.5% Oxalic acid	0.67	3.05 <sup>a</sup>	2.99	2.30	2.55 <sup>a</sup>
1.0% Oxalic acid	0.67	1.83 <sup>b</sup>	1.82	1.21	0.50 <sup>b</sup>
1.5% Oxalic acid	0.67	0.33 <sup>c</sup>	0.95	0.55	0.22 <sup>b</sup>
F-test	NS	**	NS	NS	*
C.V.	173.21	27.23	72.85	61.16	69.51

Treatment / Days	<i>E. coli</i> (log CFU/g)				
	0	2	4	6	8
Control	1.67	0.94	1.57	0.92	1.40
0.5% Oxalic acid	1.67	1.48	2.22	1.39	1.90
1.0% Oxalic acid	1.67	0.27	1.03	0.17	0.38
1.5% Oxalic acid	1.67	0.71	0.71	0.17	0.46
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.	34.64	94.40	91.15	127.56	69.86

Treatment / Days	Mold & yeast (log CFU/g)				
	0	2	4	6	8
Control	0.00	0.00	0.43	1.01	0.43
0.5% Oxalic acid	0.00	0.33	1.26	1.32	0.77
1.0% Oxalic acid	0.00	0.00	0.83	1.27	0.17
1.5% Oxalic acid	0.00	0.43	0.00	1.18	0.88
F-test	-	NS	NS	NS	NS
C.V.	-	247.02	86.66	42.32	103.81

Mean separation in the same column by DMRT, 5% level.

การเก็บรักษามะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ 4 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่น การเกิดสีน้ำตาลถูกวัดโดย colorimeter และแสดงผลออกมาเป็นค่า L\* และ hue ค่า L\* แสดงถึงความสว่างของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค ถ้าค่า L\* เพิ่มขึ้น หมายถึงผลผลิตมีความสว่างมากขึ้น และค่า L\* ลดลง หมายถึง ผลผลิตมีความสว่างลดลง และค่า hue ของมะม่วงจะอยู่ในช่วง 80 – 90 ซึ่งแสดงถึงสีเหลือง ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลบนมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงสัมพันธ์กับการลดลงของค่า L\* และ hue ด้วย โดยในระหว่างการเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าค่า L\* และ hue มีแนวโน้มลดลง โดยการจุ่มในกรดออกซาลิกร้อยละ 1 สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้นาน 8 วัน ชะลอการลดลงของค่า L และ hue ได้ดีที่สุดในเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่น โดยมะม่วงที่จุ่มด้วยกรดออกซาลิกร้อยละ 1.5 มีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (Figure 1) จากการศึกษาผลของกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 ต่อคุณภาพของมะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่า การจุ่มในกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ลดการสูญเสียน้ำหนักรวมทั้งชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดทดลองอื่น นอกจากนี้ยังมีอัตราการหายใจต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุม (Figure 2) ทั้งนี้ความแน่นเนื้อ และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ไม่ได้แสดงข้อมูล)

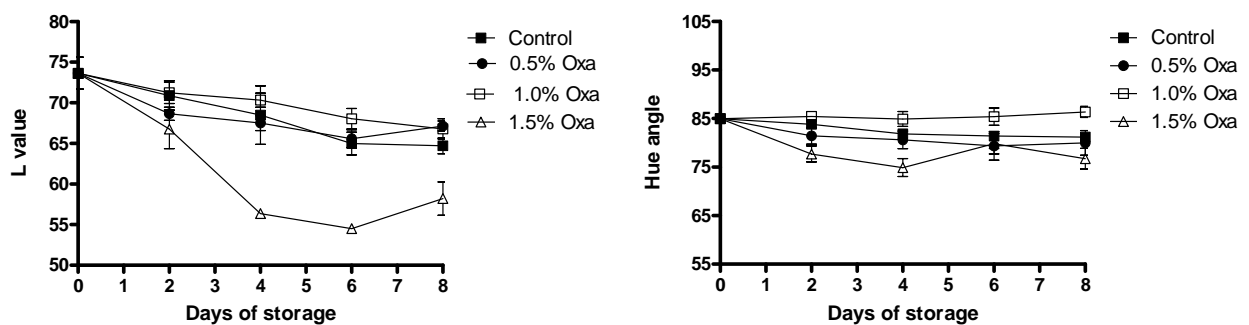


Figure 1 Changes of L and hue values of fresh-cut mango cv. Mahachanok dipped in 0.5, 1.0 and 1.5% oxalic acid then stored at 4 °C (85-90% RH)

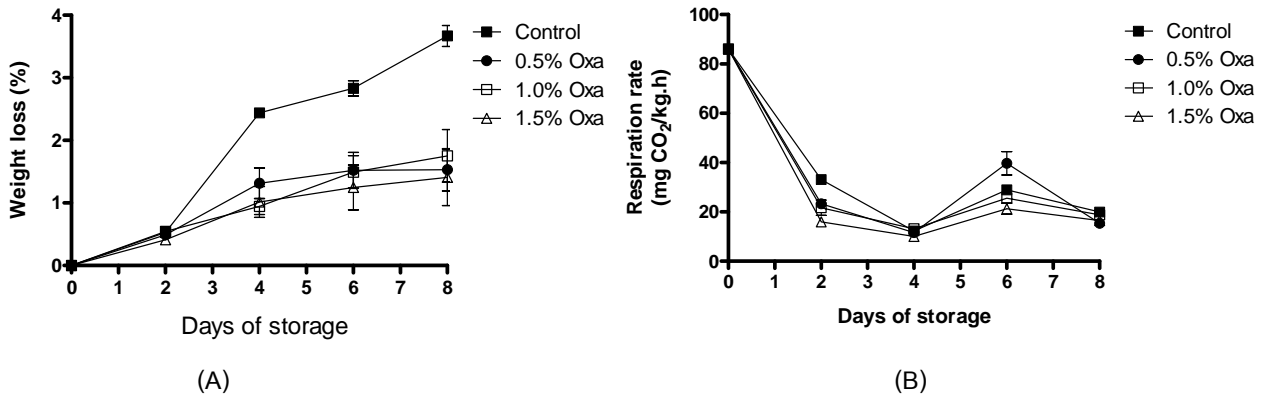


Figure 2 Changes in weight loss (A) and respiration rate (B) of fresh-cut mango cv. Mahachanok dipped in 0.5, 1.0 and 1.5% oxalic acid then stored at 4 °C (85-90% RH)

### วิจารณ์และสรุป

มะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 วัน เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอื่น ทั้งนี้การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด *E. coli* โคลิฟอร์ม ราและยีสต์เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษา จากการทดลองพบว่ามะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Rojas-Grau และ Martin-Bellosos, 2008) และการใช้กรดออกซาลิกซึ่งเป็นสารต่อต้านการเกิดสีน้ำตาล ในมะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าชุดควบคุม เนื่องจากกรดออกซาลิกส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์และทำให้เกิดกระบวนการออกซิเดชัน ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ตายในที่สุด นอกจากนี้กรดออกซาลิกซึ่งเป็นกรดคาร์บอกซิลิกไปทำปฏิกิริยาจับตัวกับ chelating copper ที่บริเวณแรงของเอนไซม์ ทั้งนี้กรดออกซาลิกมีคุณสมบัติในการจับตัวกับ copper ion เป็นกลุ่ม สารประกอบเชิงซ้อนของโลหะและไปลดกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ โดยการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้เกิดจากสารประกอบฟีนอลซึ่งปกติไม่มีสี เมื่อเซลล์ของผักและผลไม้ได้รับการกระทบกระเทือนหรือถูกปอกทิ้งไว้ เนื้อของผลไม้มักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ซึ่งเปลี่ยนโมเลกุลของฟีนอลไปเป็นควิโนนแล้วรวมตัวกันเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ขึ้นและมีสีน้ำตาล (Tong *et al.*, 1995) การจุ่มในกรดออกซาลิกร้อยละ 1 ลดอัตราการหายใจส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดทดลองอื่น มะม่วงตัดแต่งที่จุ่มในกรดออกซาลิกความเข้มข้นร้อยละ 1 สามารถเก็บรักษาและวางจำหน่ายที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการวางจำหน่าย 8 วัน โดยวิธีที่ลดการสูญเสียน้ำหนักรวมทั้งชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าชุดทดลองอื่น แต่ความเข้มข้นและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนจุลินทรีย์ทั้งหมด *E. coli* รา และยีสต์ มีน้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และไม่พบแบคทีเรียซึ่งดำรงชีวิตในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนและพวกโคลิฟอร์ม

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

Martinez, M. V. and J. R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. *Trends Food Sci. Technol.* 6: 195-200.

Rojas-Grau, M. A. and O. Martin-Belloso. 2008. Current advances in quality maintenance of fresh-cut fruits. *Stewart Posthar. Rev.* 2:6.

Tong, C. B. S., K. B. Hicks, S. F. Osman, A. T. Hotchkiss and R. M. Hains. 1995. Oxalic acid in commercial pectins inhibits browning of raw apple juice. *J. Agric. Food Chem.* 43: 592-597.

Yoruk, R., M. O. Balaban, M. R. Marshal and S. Yoruk. 2002. The inhibitory effect of oxalic acid on browning of banana slices (30G-18). In: *Annual meeting and food expo. Analeim, CA.*

Yoruk, R., S. Yoruk, M. O. Balaban and M. R. Marshall. 2004. Machine vision analysis of antibrowning potency for oxalic acid: a comparative on banana and apple. *J. Food Sci.* 69: E281-E289.