Agricultural Sci. J. 45 : 3/1 (Suppl.) : 241-244 (2014) ว. วิทย. กษ. 45 : 3/1 (พิเศษ) : 241-244 (2557)

ผลของสารเคลือบอัลจิเนตและเจลแลนกัมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Alginate and Gellan Gum Coating on Qualities Change of Fresh-cut Mango cv. Kaew Sawoey During Storage

ระจิตร สุวพานิช[1] ถาวรีย์ ต่อบุญย์ศุภชัย[2] ธัญชนก ตรีเจิดลาภ[2] และ รจนา จินดาศรี[2]
Rachit Suwapanich[1], Thawaree Torboonsupachai[2], Thanchanok Tricherdlap[2] and Rojana Jindasri[2]

Abstract

The objective of this work was to study the effect of sodium alginate and gellan gum on quality and safety of fresh-cut mango cv. Kaew Sawoey during storage. The first step, Box–Behnken experimental design used to determine the optimization of sodium alginate 2% (w/v) or gellan gum 0.5% (w/v) with glycerol 0.25-2% (w/v) and sunflower oil 0.025%, 0.05% and 0.125%(w/w). Edible coating on fresh-cut mango were evaluated by weight loss and appearance until 16 hr. at 25°C in 98.9% and 33% relative humidity. The result shown that edible coating containing 2% (w/v) sodium alginate , 2% (w/v) glycerol and 0.025% (w/v) sunflower oil or 0.5 (w/v) gellan gum, 0.63% (w/v) glycerol and 0.025% (w/v) sunflower oil were the optimized formulation which determine from weight loss and overall appearance after storage 16 hr at 98.9 and 33% RH. Finally, the effect of the optimized formulation were study on qualities change of fresh-cut mango during storage at 5 and 10°C. Coating fresh-cut fruit stored at 5°C maintained better than stored at 10°C. Edible coating of fresh-cut mango had the storage life of 8 days compared with the control had storage life only 6 days. Both edible coatings of fresh-cut mango were significantly difference in weight loss, color, firmness and activity of enzyme polyphenoloxidase compared with the control ($p \leq 0.05$). Microbial quality of fresh cut mango with the acceptable limit during 8 days at 5°C showed that the total plate count of fresh-cut mango coated with sodium alginate and gellan gum were 2.95 $x10^6$ and 3.54 $x10^6$ CFU/g respectively, compared with the control was 4.27 $x10^6$ CFU/g

Keywords: sodium alginate, gellan gum, fresh-cut mango

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสารเคลือบโซเดียมแอลจิเนตและเจลแลนกัมที่มีผลต่อคุณภาพและความปลอดภัยของมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการหาสูตรที่เหมาะสมของสารเคลือบโซเดียมแอลจิเนต 2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) หรือสารเคลือบเจลแลนกัม 0.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ร่วมกับการใช้กลีเซอรอล 0.25-2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) และน้ำมันดอกทานตะวัน 0.025, 0.05 และ 0.125 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken ประเมินผลการทดลองจากการสูญเสียน้ำหนัก และลักษณะปรากฏโดยรวมของชิ้นมะม่วงเขียวเสวยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 98.9 และ 33 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ผลการประเมินพบว่ามะม่วงเขียวเสวยที่เคลือบด้วยโซเดียมแอลจิเนต 2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ร่วมกับกลีเซอรอล 2 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) และน้ำมันดอกทานตะวัน 0.025 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) หรือสารเคลือบเจลแลนกัม 0.5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) ร่วมกับกลีเซอรอล 0.63 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาตร) และน้ำมันดอกทานตะวัน 0.025 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษา 16 ชั่วโมง ทั้ง 2 ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าสูตรอื่นๆ และมีลักษณะปรากฏโดยรวมที่ดีกว่า ในการศึกษาขั้นที่ 2 ได้ศึกษาผลของสารทั้งสองชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษามะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษา คือ 5 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลา 8 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน การเคลือบผิวมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยสารทั้งสองทำให้

[1] คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[1]Faculty of Agro-industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[2]นักศึกษาสาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[2]Student of Food Process Engineering,Faculty of Agro-industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

สูญเสียน้ำหนัก มีค่าสี ความแน่นเนื้อ กิจกรรมของเอ็นไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส แตกต่างจากชุดควบคุม ($p>0.05$) มะม่วงที่เคลือบด้วยโซเดียมแอลจิเนต หรือ เจลแลนกัมในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปเท่ากับ 2.95 $x10^6$ และ 3.54$x10^6$ โคโลนีต่อกรัม (ตามลำดับ) เปรียบเทียบกับชุดควบที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปเท่ากับ 4.27 $x10^6$ โคโลนีต่อกรัม

คำสำคัญ: โซเดียมอัลจิเนต เจลแลนกัม มะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยเฉพาะในจังหวัดฉะเชิงเทราในปี พ.ศ. 2550 มีมูลค่าการส่งออกมากกว่า 27.5 ล้านบาท มะม่วงที่ส่งออกอยู่ในรูปผลสดทั้งพันธุ์ที่รับประทานดิบ เช่น พันธุ์เขียวเสวย โชคอนันต์และพันธุ์ที่รับประทานผลสุก เช่น พันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 และสีทอง ปัจจุบันผู้ส่งออกรายหลายได้ส่งมะม่วงสุกในสภาพแปรรูปเบื้องต้นหรือผ่านการตัดแต่งเบื้องต้น (minimally processed or fresh cut) จำหน่ายต่างประเทศ เช่น ประเทศแคนาดา แต่ปัญหาที่สำคัญคืออายุการวางจำหน่ายที่สั้นของมะม่วงที่มีสาเหตุจากการเสื่อมเสียที่เกิดจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในขั้นตอนการตัดแต่งและการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา มีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาและวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวของมะม่วงสุกที่ผ่านการแปรรูปเบื้องต้นสำหรับมะม่วงรับประทานดิบ เช่น มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยโชคอนันต์หรือฟ้าลั่นซึ่งมีศักยภาพในการส่งออกเช่นเดียวกับมะม่วงรับประทานสุกโดยเฉพาะมะม่วงเขียวเสวย เนื่องจากมีรสชาติที่หวานมันลักษณะเนื้อกรอบเป็นที่ชื่นชอบของชาวต่างชาติ ดังนั้นการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการแปรรูปมะม่วงเขียวเสวยพร้อมบริโภคดังกล่าวจึงนับว่ามีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา ซึ่งจะทำให้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศได้ ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการใช้สารเคมีที่มีสมบัติยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการเก็บรักษาในสภาพดัดแปรบรรยากาศสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ แต่ปัญหาที่พบคือมะม่วงมีลักษณะแห้งไม่เป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค ผู้วิจัยจึงได้เกิดแนวความคิดในการนำสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ เช่น แอลจิเนต (alginate) และเจลแลนกัม (gellan gum) มาใช้ในการปรับปรุงลักษณะปรากฏของมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

1.วัตถุดิบ

มะม่วงพันธ์เขียวเสวยที่มีความแก่ทางการค้า ซื้อมาจากตลาดสี่มุมเมือง คัดเลือกผลที่มีขนาดน้ำหนัก 350-370 กรัม ปราศจากโรคแมลงและตำหนิ คัดเลือกผลให้มีค่าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันโดยใช้วิธีจมในน้ำ คัดเลือกเฉพาะผลที่จมน้ำเท่านั้น

2. วิธีการเตรียมสารเคลือบผิวด้วยเทคนิคไมโครอิมัลชัน

เตรียมสารเคลือบของโซเดียมแอลจิเนต 2 %(w/v) หรือเจลแลนกัม 0.5% (w/v) โดยวิธีไมโครอิมัลชันชนิดเติมน้ำลงในแวกซ์ (water to wax) ตามวิธีของ Tapia *et al*. (2008) ละลายแอ้จิเนตหรือเจลแลนกัมเติมน้ำกลั่นที่ละน้อยๆ ให้ความร้อนแก่แอลจิเนตหรือเจลแลนกัมที่อุณหภูมิ 70°C และคนให้เข้ากันอย่างรวดเร็วด้วยเครื่องปั่นจนหลอมเหลว แล้วจึงเติมกลีเซอรอลในอัตราส่วน 0.25% ถึง 2% (w/v) และเติมน้ำมันดอกทานตะวันความเข้มข้น 0.025 % (w/w) (วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken จะได้สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน

3. ศึกษาหาสารเคลือบผิวที่เหมาะสมในการเคลือบมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภค

เตรียมตัวอย่างชิ้นมะม่วงโดยใช้ cork borer เจาะชิ้นเนื้อมะม่วงตรงบริเวณกลางแก้มของผล โดยให้ตัวอย่างมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร นำชิ้นมะม่วงไปจุ่มในสารเคลือบผิวที่เตรียมได้จากข้อ 2 แล้วนำไปใส่ในโถปิดสนิทที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 98.9% (สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น) และที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 33.3% (สารละลายเกลือแมกนีเซียมคลอไรด์เข้มข้น) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการชั่งน้ำหนักและสังเกตลักษณะปรากฏทุก ๆ 4 ชั่วโมง

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส

นำมะม่วงพันธ์เขียวเสวยที่มีระดับความแก่ทางการค้า ล้างปอกเปลือก ตัดเป็นชิ้นขนาด 2×2 ซม. แล้วนำมาจุ่มในสารเคลือบสูตรที่ได้จากการข้อที่ 3 เป็นเวลา 2 นาทีแล้วนำไปจุ่มต่ออีก 2 นาทีในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พักทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำเก็บใส่กล่องพลาสติกขนาด 15 x 10 เซนติเมตร ปิดฝากล่องและนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ10 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Colorimeter Minolta รุ่น CR 300 รายงานผลเป็นค่า L*,C*, h* , ค่า

ความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่นTA.XT plus, การสูญเสียน้ำหนัก, เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด, กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ดัดแปลงจาก Flurkey and Jen (1978) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยวิธี Pour plate (AOAC, 2000) นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยโปรแกรม R เวอร์ชั่น 2.14.2 (R Development Core Team, 2012) ด้วยแพคเกจ Rcmdr (Fox, 2005) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ด้วยแพคเกจ agricolae (Mendiburu, 2012) โดยมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลอง

การศึกษาที่ 1 หาอัตราส่วนของสารเคลือบผิวที่เหมาะสมในการเคลือบมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคจากสารเคลือบผิวจากแอลจิเนตและเจลแลนกัม

ผลการศึกษาพบว่า มะม่วงที่เคลือบด้วยแอลจิเนตสูตรที่ 7 ซึ่งมีปริมาณแอลจิเนต 2% w/v น้ำมันดอกทานตะวัน 0.025% w/w กลีเซอรอล 1% w/v และกรดแอสคอบิก 2% w/v มีลักษณะที่ดีกว่าสูตรอื่น (Figure 1 a) ในขณะที่มะม่วงเขียวเสวยที่เคลือบด้วยเจลแลนกัมสูตรที่ 1 ที่มีเจลแลนกัม 0.5% w/v น้ำมันดอกทานตะวัน 0.025% w/w กลีเซอรอล 0.63% w/v และกรดแอสคอร์บิก 1% w/v) มีลักษณะปรากฏของชิ้นมะม่วงที่ดีกว่าสูตรอื่น (Figure 1 b)

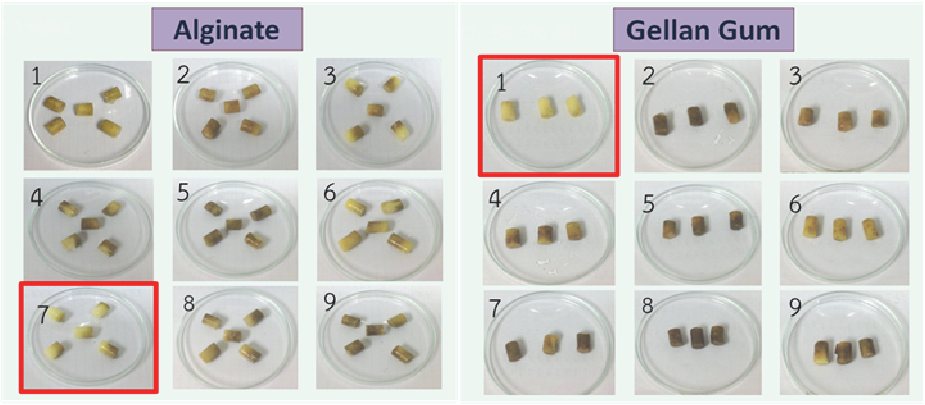

Figure 1 Changes of appearance on fresh cut mango coated with alginate (a) or gellan gum (b) 40 hr. at 25°C and 98%RH

การศึกษาที่ 2 ศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่ได้ผลดีจากการศึกษาที่ 1 ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา ทางเคมี และจุลินทรีย์ ของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 5 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาพบว่า มะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีลักษณะปรากฏที่ดีกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Figure 2) จึงสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษามะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภค

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งทางเคมีและจุลินทรีย์ของมะม่วงเขียวเสวยตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แสดงใน Table 1

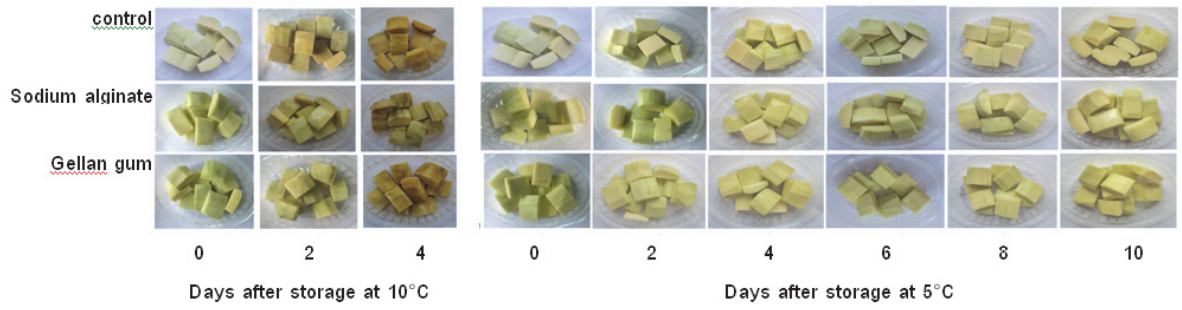

Figure 2 Changes of appearance on fresh cut mango after storage at 10 and 5 °C

Table1 Effect of coating treatments on quality changes of fresh cut mango during storage at 5°C

	Days after storage at 5°C				
	0	2	4	6	8
L*					
Control	83.97±1.38^{b}	83.60±1.75^{b}	82.96±1.03^{c}	83.00±1.04^{b}	83.60±1.57^{b}
Alginate	82.24±0.69^{a}	82.64±1.32^{a}	82.29±1.11^{b}	81.56±1.25^{a}	81.68±1.12^{a}
Gellan Gum	82.05±1.23^{a}	82.77±1.28^{ab}	81.60±1.01^{a}	81.53±0.83^{a}	81.78±0.82^{a}
C*					
Control	31.18±4.77^{a}	31.55±3.97^{a}	36.25±2.28^{ns}	33.23±3.35^{a}	33.73±4.15^{ns}
Alginate	32.89±3.00^{a}	34.47±4.17^{b}	35.62±4.94^{ns}	37.06±5.33^{b}	35.89±4.36^{ns}
Gellan Gum	38.72±5.16^{b}	36.66±3.39^{b}	35.94±3.04^{ns}	36.86±3.41^{b}	34.25±2.10^{ns}
h*					
Control	91.88±1.72^{ns}	91.31±1.92^{b}	91.27±0.99^{a}	90.70±0.84^{ns}	91.28±1.14^{ns}
Alginate	91.95±0.96^{ns}	91.92±1.13^{b}	91.64±0.84^{b}	90.64±0.99^{ns}	91.11±0.84^{ns}
Gellan Gum	91.66±1.02^{ns}	90.31±1.24^{a}	90.87±0.75^{a}	90.80±0.79^{ns}	91.00±0.96^{ns}
Firmness (N)					
Control	3.06±0.20^{ns}	3.39±0.34^{ns}	3.12±0.41^{ns}	3.22±0.25^{ab}	3.17±0.17^{b}
Alginate	3.05±0.31^{ns}	3.39±0.31^{ns}	3.09±0.16^{ns}	3.11±0.32^{a}	3.00±0.26^{a}
Gellan Gum	3.04±0.33^{ns}	3.43±0.32^{ns}	3.07±0.17^{ns}	3.29±0.27^{b}	2.92±0.23^{a}
Weight loss (%)					
Control	0.03±0.01^{a}	0.25±0.02^{ab}	0.27±0.02^{ns}	0.34±0.02^{b}	0.35±0.01^{a}
Alginate	0.06±0.01^{b}	0.14±0.01^{a}	0.27±0.03^{ns}	0.26±0.03^{a}	0.52±0.03^{b}
Gellan Gum	0.03±0.00^{a}	0.32±0.11^{b}	0.24±0.03^{ns}	0.44±0.04^{c}	0.69±0.05^{c}
TA (%)					
Control	0.37±0.01^{b}	0.36±0.02^{c}	0.33±0.01^{c}	0.35±0.01^{c}	0.37±0.02^{b}
Alginate	0.24±0.01^{a}	0.27±0.01^{a}	0.30±0.01^{b}	0.24±0.01^{b}	0.28±0.02^{a}
Gellan Gum	0.23±0.01^{a}	0.32±0.01^{b}	0.23±0.01^{a}	0.21±0.01^{a}	0.27±0.01^{a}
TSS (%)					
Control	11.53±0.51^{b}	11.67±0.40^{b}	11.97±0.31^{c}	12.00±0.60^{b}	13.63±0.25^{c}
Alginate	7.27±0.06^{a}	8.30±0.17^{a}	8.70±0.10^{b}	8.83±0.15^{a}	9.80±0.26^{b}
Gellan Gum	7.17±0.31^{a}	8.07±0.15^{a}	8.20±0.20^{a}	8.17±0.15^{a}	8.77±0.57^{a}
Enz. Activity (unit/ml)					
Control	1.89±0.23^{b}	1.87±0.25^{b}	2.82±0.37^{b}	2.60±0.32^{b}	3.24±0.13^{b}
Alginate	0.54±0.04^{a}	0.66±0.14^{a}	0.86±0.23^{a}	0.73±0.12^{a}	0.77±0.02^{a}
Gellan Gum	1.65±0.23^{b}	2.39±0.35^{b}	2.53±0.40^{b}	2.50±0.21^{b}	3.03±0.20^{b}
TPC (log cfu/g)					
Control	3.83±0.15^{c}	4.00±0.03^{c}	4.09±0.08^{c}	4.27±0.11^{c}	4.27±0.22^{c}
Alginate	2.18±0.00^{a}	2.22±0.07^{a}	2.25±0.13^{a}	2.69±0.13^{a}	2.95±0.04^{a}
Gellan Gum	3.00±0.07^{b}	3.17±0.07^{b}	3.21±0.08^{b}	3.36±0.06^{b}	3.54±0.10^{b}

Note: Mean values ± standard deviation in the same column with different superscripts indicate significant Differences ($p \leq 0.05$)

การเคลือบผิวมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยสารเคลือบผิวทั้งสองชนิดตัวอย่างมะม่วงสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี ความแน่นเนื้อ กิจกรรมของเอ็นไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในวันที่ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่ามะม่วงที่เคลือบด้วยโซเดียมแอลจิเนต หรือเจลแลนกัมมีปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปเท่ากับ 2.95 x10^{6} และ 3.54x10^{6} โคโลนีต่อกรัม (ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบที่มีปริมาณจุลินทรีย์ทั่วไปเท่ากับ 4.27 x10^{6}โคโลนีต่อกรัม

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้เขียนขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. Association of official analytical chemists. Gaithersburg, Maryland.

Fox, J. 2005. The R commander: A basic statistics graphical user interface to R. Journal of Statistical Software 14(9):1 – 42.

Mendiburu, F. 2012. Agricolae: Statistical procedures for agricultural research. R package version 1.1-1. [Online]. Available source: http://CRAN.R-project.org/package=agricolae.

Flurkey, W. H. and J. J. Jen. 1978. Peroxidase and polyphenoloxidase activities in developing peaches. Journal of Food Science 43: 1826–1831.

R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. [Online]. Available source: http://www.R-project.org/

Tapia, M.S., M.A. Rojas-Graü, A. Carmona, F.J. Rodriguez, R. Soliva-Fortuny and O. Martin-Belloso. 2008. Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. Food Hydrocolloids 22 : 1493-1503.