Agricultural Sci. J. 50 : 3 (Suppl.) : 67-70 (2019) ว. วิทย. กษ. 50 : 3 (พิเศษ) : 67-70(2562)

# ประสิทธิภาพของสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

# Efficacy of Sericin Solution Incorporated with Encapsulated Cinnamaldehyde on Physical Changes and Microbial Population in Fresh-Cut Mango cv. 'Nam Dok Mai'

**ชลิดา ฉิมวารี[1,2] เฉลิมชัย วงษ์อารีย์[1,2] วาริช ศรีละออง[1,2] สุริยัณห์ สุภาพวานิช[3] เทพปัญญา เจริญรัตน์[4] รชา เทพษร[5] และ พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,2]**

Chalida Chimvaree[1,2], Chalermchai Wongs-Aree[1,2], Varit Srilaong[1,2], Suriyan Supapvanich[3], Theppanya Charoenrat[4], Racha Thepsorn[5] and Panida Boonyaritthongchai[1,2]

## Abstract

Efficacy of sericin solution and encapsulated cinnamaldehyde on physical quality and microbial population in fresh-cut mango cv. 'Nam Dok Mai' was studied. Ripe 'Nam Dok Mai Si-Thong' mangoes at a consumption stage with firmness 10-12 N were washed, peeled and processed into pieces of fresh-cut mangoes. Fresh-cut mangoes were dipped in 2% sericin solution incorporated with encapsulated cinnamaldehyde at concentration 25 mg/mL and compared against non-treated mangoes (control). Treated and non-treated fresh-cut mangoes were placed in semi-rigid package and stored at 10ºC to accelerate browning for 4 days. The physical quality and microbial population were evaluated every day. The results showed that the treated sample had less color changes expressed as L* and Δ E than that of the control. The control samples had the highest browning score and the lowest overall acceptance score. Fresh-cut mangoes was dipped in sericin solution incorporated with encapsulated cinnamaldehyde showed the lowest of weight loss ($p \leq 0.01$) throughout of the storage time. Furthermore, the combination treatment had no effect on the total soluble solid content: titratable acidity ratio and firmness of the mangoes. This treatment delayed the microbial population growth compared to the control. Therefore, the application of sericin incorporated with encapsulated cinnamaldehyde might alleviate the browning incidence and microbial population of fresh-cut ripe mango.

**Keywords**: Fresh-cut mango, Sericin, Cinnamaldehyde, Encapsulation

## บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระยะสุกพร้อมบริโภคที่ระดับความแน่นเนื้อ 10-12 นิวตัน มาผ่านกระบวนการล้าง ปอกเปลือกและตัดแต่งเป็นชิ้น นำไปจุ่มในสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 2 ร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เปรียบเทียบกับมะม่วงตัดแต่งชุดควบคุม แล้วบรรจุชิ้นมะม่วงลงในกล่องพลาสติกกึ่งคงรูปมีฝาปิด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ทุกวัน ผลการทดลองพบว่ามะม่วงตัดแต่งที่ผ่านการจุ่มสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์มีการเปลี่ยนแปลงค่า L* และ Δ E น้อยกว่าชุดควบคุม ในขณะที่มะม่วงชุดควบคุมมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่ามะม่วงชุดทดลอง นอกจากนี้มะม่วงตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์สูญเสียน้ำหนักสดต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

[1]สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

[1]Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Monkut' s University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand

[2]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร 10140

[2]Postharvest Technology Innovation Center, Office of The higher Education Commission, Bangkok 10400, Thailand

[3]ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[3]Department of Agriculture Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Monkut' s Institue of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

[4]ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

[4]Department of Biotechnology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre, Pathumthani 12121, Thailand

[5]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

[5]Department of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre, Pathumthani 12121, Thailand

(p≤0.01) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นเวลา 4 วัน ทั้งนี้พบว่ามะม่วงชุดทดลองไม่มีผลต่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และเนื้อสัมผัส สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าชุดควบคุม ดังนั้นการจุ่มเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์ช่วยชะลอการเกิดอาการสีน้ำตาลและการเจริญของจุลินทรีย์ในมะม่วงน้ำดอกไม้สุกหั่นชิ้นได้

**คำสำคัญ**: มะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภค เซริซิน ซินนามัลดีไฮด์ เอนแคปซูเลชั่น

## คำนำ

มะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพได้ง่ายเนื่องจากการสูญเสียน้ำ การเกิดสีน้ำตาล และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (Baldwin *et al*., 1998) Poubol and Izumi (2005) พบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 2 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีอาการสีน้ำตาลและอาการฉ่ำน้ำ (water soaking) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคควรมีวิธีการเตรียมที่ถูกสุขลักษณะ เก็บรักษาในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและมีอายุการวางจำหน่ายได้นาน เซริซินเป็นโปรตีนที่สกัดจากรังไหม ในอุตสาหกรรมอาหาร และมีการนำเซริซินมาใช้ในการผลิตฟิล์มและสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ เนื่องจากมีสมบัติที่สามารถจับตัวเป็นพอลิเมอร์ ผสมกับสารโมเลกุลใหญ่ได้ดี มีลักษณะเป็นกัมและป้องกันการสูญเสียน้ำได้ (Sothornvit *et al*., 2010) อีกทั้งเซริซินยังมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชั่น ลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในไขมัน และยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในอาหาร (Wu *et al*., 2008) ธนากรและคณะ (2560) พบว่าสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรมีฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดจุลินทรีย์ในอาหารและผลไม้ โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยซึ่งมีซินนามัลดีไฮด์เป็นสารระเหยออกฤทธิ์ที่เป็นองค์ประกอบหลัก (Sarjono *et al*., 2018) แต่พบปัญหาในการนำไปใช้งานเนื่องจากเกิดการเสื่อมสลายของสารระเหยเมื่อระยะเวลาผ่านไปไม่นาน ในปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการเก็บน้ำมันหอมระเหยให้อยู่ในรูปของผงอนุภาค โดยอาศัยเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชั่น (Encapsulation) เพื่อการควบคุมการปลดปล่อยสารระเหยออกฤทธิ์ให้ได้เป็นระยะเวลานานขึ้น (Ponce Cevallos *et al*., 2010)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สุกหั่นชิ้น

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. วัตถุดิบ

คัดเลือกผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองอายุ 85 วัน นับตั้งแต่ดอกบาน จากสวนเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา น้ำหนักผลประมาณ 350-450 กรัม ไม่มีโรคและแมลงทำลาย นำมาบ่มให้สุกด้วยเอทีฟอนความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส; เซริซิน (sericin) ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี; อนุภาคซินนามัลดีไฮด์ เตรียมโดยวิธีการห่อหุ้ม (encapsulation technique) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างซินนามัลดีไฮด์:บีต้า-ไซโคลเด็กซ์ตริน เท่ากับ 25:75 ดัดแปลงจาก Bhandari *et al*. (1998)

### 2. การแปรรูปมะม่วงและการจุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์

นำผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่มีความแน่นเนื้อเท่ากับ 10-12 นิวตัน (โดยการวัดความแน่นเนื้อทั้งผลแบบไม่ทำลาย) ล้างด้วยน้ำประปาและสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ นำมาปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้น (ตัดตามขวางของผลจำนวน 8 ชิ้นต่อหนึ่งผล) แล้วจุ่มในสารละลายเซริซินความเข้มข้นร้อยละ 2 ร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นผึ่งให้แห้งและบรรจุใส่กล่องพลาสติกแบบกึ่งคงรูปมีฝาปิดและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เพื่อกระตุ้นการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงหั่นชิ้น) สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองทุกวัน เป็นเวลา 4 วัน

### 3. การวิเคราะห์ทางกายภาพและการตรวจหาจุลินทรีย์

วัดค่าสี L* และ Δ E การสูญเสียน้ำหนักสด (% weight loss) ความแน่นเนื้อ (firmness) อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้: ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) คะแนนการเกิดสีน้ำตาล (browning score) และคะแนนการยอมรับโดยรวม (overall acceptance) การตรวจหาจุลินทรีย์ในเนื้อมะม่วงโดยการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count agar) ตามวิธีมาตรฐาน โดยตรวจหาจุลินทรีย์ในวันเริ่มต้นและวันสุดท้ายของการเก็บรักษา วางแผนการทดลอง

แบบ two-sample t-test ทำการทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยโปรแกรม SAS 9 (Microsoft Corporation)

## ผล

การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สุกหั่นชิ้นมีค่าลดลงทุกชุดการทดลอง เนื่องจากเนื้อมะม่วงมีสีเข้มขึ้น (Figure 1A) โดยพบว่าชิ้นเนื้อมะม่วงที่จุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์มีค่า L* สูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงสี ΔE พบว่าชิ้นเนื้อมะม่วงชุดควบคุมมีค่าการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่ามะม่วงชุดทดลอง (Figure 1B) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่า L* และ ΔE ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างกันทางสถิติจนถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ($p<0.05$) (Figure 1C) สำหรับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์จนถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา (Figure1D)

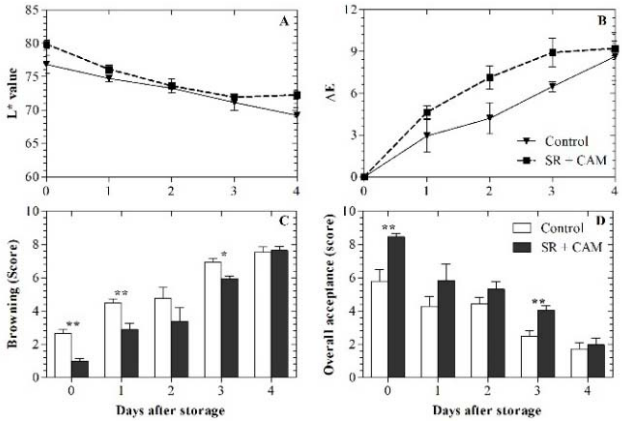


**Figure 1** Changes of L* values (A), ΔE (B), Browning score (C), and Overall acceptance (D) of sericin solution incorporated with encapsulated cinnamaldehyde (SR+CAM) and untreated (control) in fresh-cut mango cv. Nam Dok Mai during storage at 10° C to accelerate browning.

เนื้อมะม่วงหั่นชิ้นทุกชุดการทดลองสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น โดยเนื้อมะม่วงหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด (% weight loss) ได้ดีกว่าชุดควบคุมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน (Figure 2D) ส่วนค่าความแน่นเนื้อและอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ (TSS): ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) (TSS/TA) ไม่มีความแตกต่างกันในทุกชุดการทดลองตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 2B and C) สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่าในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ในทุกชุดการทดลอง (Table 1) หลังจากนั้นมีการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยพบว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าเนื้อมะม่วงสุกหั่นชิ้นชุดควบคุม

## วิจารณ์ผล

การใช้สารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลและการสูญเสียน้ำหนักสดในเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้สุกหั่นชิ้นได้ เนื่องจากเซริซินมีสมบัติในการเป็นสารเคลือบผิวป้องกันการสูญเสียน้ำได้ (Sothornvit *et al*., 2010) ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสกับออกซิเจนได้น้อยลงจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ช้าลง โดยเซริซินสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในอาหารได้ จากกลไกการจับกันระหว่างเซริซินและซับสเตรตของการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยกิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในตำแหน่งที่ต่างจากตำแหน่งที่เอนไซม์จับกับซับสเตรต เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน enzyme-substrate-sericin ทำให้เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) ไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อได้ จึงไม่สามารถเกิดสีน้ำตาล (Wu *et al*., 2008) นอกจากนี้พบว่าเซริซินสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้จากสมบัติการเป็นสาร chelating agent เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบถึง 40% (Kato *et al*., 1998) และ trans-cinnamaldehyde สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและกิจกรรมเอนไซม์ฟีนิลอลานีนแอมโมเนียไลเอส (PAL) ในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ เนื่องจากหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde) ไปเชื่อมต่อกับหมู่ฟีนิลเอทิล (phenylethyl) หรือหมู่ฟีนิลไวนิล (phenylvinyl) ทำให้สามารถยับยั้ง

กิจกรรมเอนไซม์ PAL ได้ (Fujita *et al*., 2006) สารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ อาจเป็นผลมาจากหมู่แอลดีไฮด์ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นการใช้สารละลายเซริซินร่วมกับอนุภาคซินนามัลดีไฮด์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและลดปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้หั่นชิ้นได้

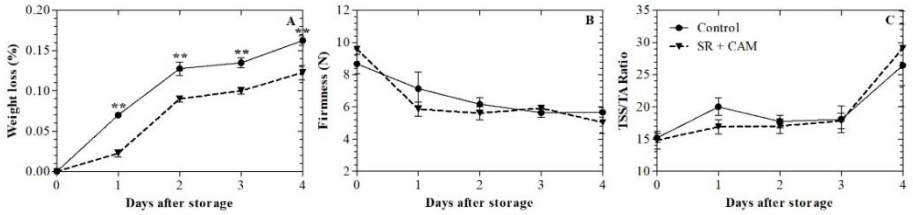


**Figure 2** Changes weight loss (%) (A), Firmness (B), and TSS/TA ratio (C) of sericin solution incorporated with encapsulated cinnamaldehyde (SR+CAM) and untreated (control) in fresh-cut mango cv. Nam Dok Mai during storage at 10° C.

**Table 1** Total plate count of sericin solution incorporated with encapsulated cinnamaldehyde (SR+CAM) and untreated (control) in fresh-cut mango cv. Nam Dok Mai during storage at 10° C.

| Treatment | Total plate count (log CFU.g$^{-1}$) | | |
|---|---|---|---|
| | Days after storage | | |
| | 0 | 1 | 4 |
| Control | NA | 0.40 ± 0.80 | 1.43 ± 1.05 |
| SR+CAM | NA | 0.33 ± 0.65 | 1.32 ± 0.91 |

**คำขอบคุณ**

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยและนำเสนอผลงานวิจัย และขอขอบคุณ The United Graduate School of Agriculture Science (UGSAS), Gifu University, Japan สำหรับเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

ธนากร คำสิงห์นอก, เฉลิมชัย วงษ์อารี, มัณฑนา บัวหนอง, สุริยัณห์ สุภาพวานิช, เทพปัญญา เจริญรัตน์ และพนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย. 2560. ประสิทธิภาพของเซริซินในการลดการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 48 (3 พิเศษ): 245-248.

Baldwin, E.A., J.K. Burns, W. Kazokas and J.K. Brecht. 1998. Effect of coating on mango (*Mangifera indica* L.) flavor. Proc. Fla. State Hort Soc 111: 247–250.

Bhandari, B., B.R. D'Arcy and L.L.T. Bich. 1998. Lemon Oil to β-Cyclodextrin ratio effect on the Inclusion efficiency of β-Cyclodextrin and the retention of oil volatiles in the complex. J. Agric. Food Chem 46: 1494-1499.

Fujita, N., E. Tanaka and M. Murata. 2006. Cinnamaldehyde inhibits phenylalanine ammonia-lyase and enzymatic browning of cut lettuce. Biosci. Biotechnol. Biochem 70: 672-676.

Kato, N., S. Sato, A. Yamanaka, H. Yamada, N. Fuwa and M. Nomura. 1998. Silk protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. Biosci. Biotechnol. Biochem 62: 145-147.

Ponce Cevallos, P.A., M.P. Buera and B.E. Elizalde. 2010. Encapsulation of cinnamon and thyme essential oils components (cinnamaldehyde and thymol) in β-Cyclodextrin: Effect of interactions with water on complex stability. J. Food Eng 99: 70-75.

Poubol, J. and H. Izumi. 2005. Shelf life and microbial quality of fresh-cut mango cubes stored in high $CO_2$ 374 atmospheres. J. Food Sci. 70: 69–74.

Sarjono, P.B., Ngadiwiyana, E. Fachriyah, Ismiyarto, N. Basid, A. Prasetya and Khikmah. 2018. Encapsulation of cinnamaldehyde using chitosan: stability, mucoadhesive and cinnamaldehyde release. J. kim. sains apl 21: 175-181.

Sothornvit, R., R. Chollakup and P. Suwanruji. 2010. Extracted sericin from silk waste for film formation. Songklanakarin J. Sci. Technol 32: 17-22.

Wu, J.-H., Z. Wang and S.Y. Xu. 2008. Enzymatic production of bioactive peptides from sericin recovered from silk industry wastewater. Process Biochem 43: 480-487.