Agricultural Sci. J. 52 : 2 (Suppl.) : 32-35 (2021) ว. วิทย. กษ. 52 : 2 (พิเศษ) : 32-35 (2564)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เคลือบด้วย Chitosan-based Multicoating ระหว่างการวางจำหน่าย

Changes in Quality and Bioactive Compounds of 'Nam Dok Mai' Mango Coated with Chitosan-based Multicoating During Retailing

นันทวัน หัตถมาศ[1,2] ปิยะศักดิ์ ชอุ่มพฤกษ์[3] มัณฑนา บัวหนอง[1,4] พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย[1,4] และเฉลิมชัย วงษ์อารี[1,4]

Nanthawan Hadthamard[1,2], Piyasak Chaumpluk[3], Mantana Buanong[1,4], Panida Boonyaritthongchai[1,4] and Chalermchai Wongs-Aree[1,4]

Abstract

Rapid physiological changes during retailing of 'Nam Dok Mai' mango (*Mangifera indica* L.) lead to deterioration and nutrition value loss. In postharvest fruit management, chitosan was used widely to be coating materials integrated with other solutions for maintaining the quality of many fruits. This research investigated the suitability of the molecular weight and concentration of chitosan, bound with a layer of 0.5% (w/v) polystyrene sulfonate (PSS) coated on mango fruit a multilayer coating. Chitosan solutions (CTS) were prepared from the high molecular weight (500-700 kDa; H-CTS) and medium molecular weight (310-375 kDa; M-CTS) at 2 concentrations of 0.5% and 1% (w/v). Mature green 'Nam Dok Mai' mangoes were coated layer by layer as CTS/PSS/CTS and then incubated at 25°C, 65-70% RH. The results showed that the concentrations of chitosan affected mango quality more than the molecular weight. Mango coated with 0.5% M-CTS/0.5% PSS/0.5% M-CTS effectively maintained the fruit quality, especially weight loss, and firmness loss. Increasing total soluble solids, peel and pulp color changes, disease incidence, and reducing antioxidant compounds (phenolic content, flavonoids content, and DPPH activity) were significantly high in uncoated fruits.

Keywords: mango, chitosan, multicoating

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็วระหว่างการวางจำหน่ายของมะม่วงน้ำดอกไม้ นำไปสู่การเสื่อมสภาพและการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ มีการใช้ไคโตซานอย่างกว้างขวางร่วมกับสารละลายชนิดอื่นเพื่อเป็นสารเคลือบผิวสำหรับรักษาคุณภาพของผลไม้หลายชนิดหลังการเก็บเกี่ยว งานวิจัยนี้ศึกษาหาน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของไคโตซานที่เหมาะสมสำหรับจับตัวกับชั้นโพลีสไตรีนซัลโฟเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 (โดยมวลต่อปริมาตร) ในการเคลือบแบบหลายชั้นบนผลมะม่วง ทั้งนี้สารละลายไคโตซานเตรียมจากไคโตซานน้ำหนักโมเลกุลระดับสูง (500-700 kDa; H-CTS) และน้ำหนักโมเลกุลระดับกลาง (310-375 kDa; M-CTS) ที่ 2 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0.5 และร้อยละ 1 (โดยมวลต่อปริมาตร) ทำการเคลือบแบบหลายชั้น (ไคโตซาน/โพลีสไตรีนซัลโฟเนต/ไคโตซาน) บนผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระยะแก่เขียว แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพันธ์ร้อยละ 65-70 ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของไคโตซานมีผลต่อคุณภาพของมะม่วงมากกว่าน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน มะม่วงที่เคลือบผิวด้วย M-CTS ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ตามด้วยโพลีสไตรีนซัลโฟเนตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และปิดท้ายด้วย M-CTS ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการรักษาคุณภาพของมะม่วง โดยเฉพาะการลดสูญเสียน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อ ทั้งนี้มะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ และมีการเข้าทำลายของโรค สารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ เช่น ปริมาณฟีโนลิค ปริมาณฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH) ลดลงมากกว่ามะม่วงที่เคลือบผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: มะม่วง, ไคโตซาน, การเคลือบผิวแบบหลายชั้น

---

[1] สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ 10150

[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), Bangkok 10150

[2] สาขาเทคโนโลยีพืชผักแบบบูรณาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี 711190

[2] Vegetable Integration Technology Program, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190

[3] ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

[3] Department of Botany, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

[4] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กรุงเทพฯ 10400

[4] Postharvest Technology Innovation Center, Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation, Bangkok 10400

คำนำ

มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้บริโภคสุกที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญหลายชนิด อีกทั้งยังเป็นผลไม้ที่สร้างมูลค่าสูงให้ประเทศไทย (ศรินทร, 2558) การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาระหว่างการสุกในช่วงการวางจำหน่าย นำไปสู่การเสียคุณภาพ โดยเฉพาะการเกิดโรคแอนแทรคโนส ซึ่งมีลักษณะเป็นจุดสีดำและอาจรุนแรงถึงขั้นทำให้มะม่วงเน่าเสีย ส่งผลให้มะม่วงมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Mattoo & Modi, 1969) ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่นิยมใช้เคลือบผิวผักและผลไม้ เนื่องจากเป็นสารที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย สามารถควบคุมการแพร่ผ่านของน้ำและอากาศได้ดี และมีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ปัจจุบันมีการนำไคโตซานที่มีประจุบวกจับกับสารต่างชนิดที่มีประจุลบ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดียิ่งขึ้น (Arnon-Rips & Poverenov, 2018) จึงช่วยรักษาคุณภาพของมะม่วง (Djioua *et al*., 2010) และเมล่อน (Poverenov *et al*., 2014) ได้ ในงานวิจัยของ Hadthamard *et al.* (2019) ใช้สารละลายโพลีสไตรีนซัลโฟเนตเป็นสารประจุลบ เพื่อช่วยให้ไคโตซานแตกประจุและทำงานได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการใช้ไคโตซานขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นที่เหมาะสมกับจำนวนชั้นเคลือบ (Singburaudom & Piasai, 2011; Jongsri *et al*., 2016) งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญในมะม่วงน้ำดอกไม้ระหว่างการวางจำหน่าย หลังจากเคลือบผิวมะม่วงด้วย chitosan-based multicoating ที่มีน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบวิจัย

ไคโตซาน (chitosan; CTS; Sigma-aldrich) น้ำหนักโมเลกุลสูง (H-CTS: 500-700 kDa) และปานกลาง (M-CTS:310-375 kDa) ถูกละลายในสารละลายอะซิติกความเข้มข้น 0.5% เพื่อให้แต่ละน้ำหนักโมเลกุลมีความเข้มข้น 0.5% และ 1% (โดยมวลต่อปริมาตร) จากนั้นปรับค่าความเป็นกรดให้ได้ 3 ส่วนโพลีสไตรีนซัลโฟเนต (polystyrene sulfonate, PSS; Sigma-aldrich) ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 0.5% (โดยมวลต่อปริมาตร) และปรับให้มีค่าความเป็นกรด 7

มะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 อายุประมาณ 95-110 วันหลังดอกบาน จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ถูกนำมาคัดเลือกเฉพาะผลที่ไม่มีโรค มีขนาดและน้ำหนักสม่ำเสมอประมาณ 350-400 กรัม เพื่อนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 200 ppm นาน 3 นาที และผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปจุ่มในสารเคลือบผิวที่เตรียมไว้ สลับไปมา CTS/PSS/CTS แต่ละชั้นจุ่มครั้งละ 20 วินาที ตามด้วยการล้างในน้ำกลั่น และผึ่งให้แห้งก่อนจุ่มในสารเคลือบชั้นถัดไป วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จัดเป็น 5 ชุดการทดลองๆ ละ 10 ซ้ำ ได้แก่ ชุดไม่เคลือบผิว (control) ชุด 0.5% H-CTS coating ชุด 0.5% M-CTS coating ชุด 1% H-CTS coating และชุด 1% M-CTS coating นำแต่ละชุดไปใส่ตะกร้าและเก็บรักษาที่ 25$\pm$3°C ความชื้น สัมพัทธ์ 65-70% จนกระทั่งมะม่วงในชุด control เกิดโรคครบ 100% จึงถือเป็นจุดสิ้นสุดการศึกษา

2. ศึกษาผลของการเคลือบผิวมะม่วงด้วย chitosan-based multicoating

สุ่มมะม่วงจากแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์คุณภาพและสารสำคัญทุกๆ 2 วัน ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ ร้อยละของการเกิดโรคเมื่อพบมะม่วงที่มีจุดสีดำของโรคแอนแทรคโนสใหญ่กว่า 0.5 ซม. ปริมาณเอทานอล และสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในมะม่วง ได้แก่ ปริมาณฟีโนลิค ปริมาณฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในรูปของ DPPH

ผล

เมื่อเปรียบเทียบกับ control ในวันสุดท้าย พบว่าการเคลือบหลายชั้นที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด (Figure 1a) และคงความแน่นเนื้อ (Figure 1b) ได้ดี โดยมีการเกิดโรคไม่ถึง 10% ในวันที่ 8 ของการเก็บ (Figure 1c) ถึงแม้ว่าการเคลือบหลายชั้นที่ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 0.5% มีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำหนักและการคงความแน่นเนื้อของผลน้อยกว่าการใช้ไคโตซาน 1% แต่การใช้ 0.5% MCTS/PSS ไม่พบการสะสมเอทานอลในเนื้อมะม่วง แต่มะม่วงที่เคลือบด้วย 0.5% H-CTS, 1% H-CTS และ 1% M-CTS พบเอทานอลในวันที่ 6 ยิ่งกว่านั้น ในการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1% มีความผิดปกติของสีร่วมด้วย คือ สีของเปลือกและเนื้อยังคงเป็นสีเขียวตลอดการเก็บรักษา (Figure 1, Table 1)

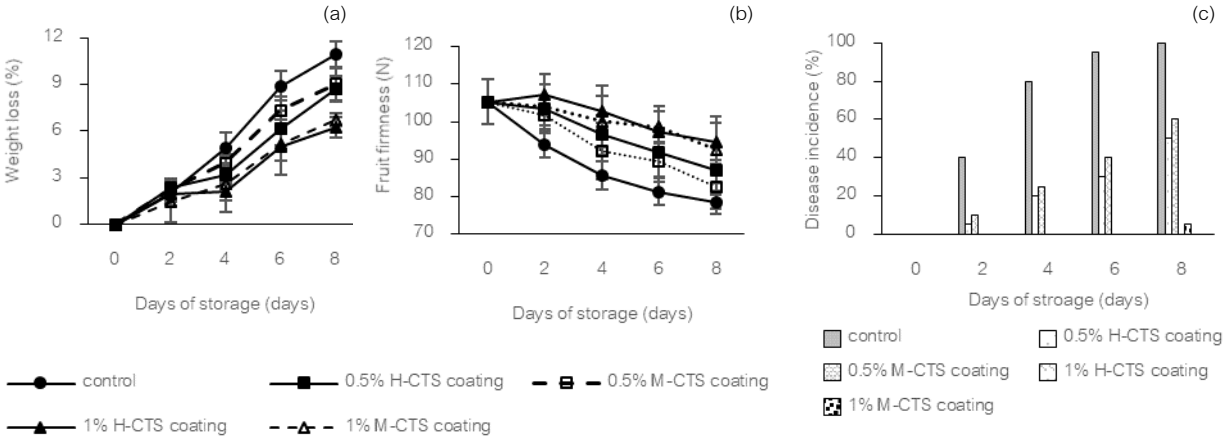

Figure 1 Changes in weight loss (a), fruit firmness (b), and disease incidence (c) of mangoes multicoated and stored at 25±3°C for 8 days. Vertical bars indicate ±SD (n=10).

Table 1 Effect of chitosan and polystylene sulfonate multicoating on characteristics of mangoes on day 6.

	Treatments	TSS (°Brix)	TA (%)	Hue angle of peel	Hue angle of pulp
	Day 0	9.78±0.68	2.88±0.37	108.03±2.49	105.13±1.44
Day 6	control	17.20±0.59^{a}	0.99±0.07^{c}	89.49±1.36^{c}	95.50±1.33^{b}
	0.5% H-CTS coating	15.48±0.42^{b}	1.76±0.03^{b}	98.73±1.7^{b}	98.64±1.59^{b}
	0.5% M-CTS coating	16.63±0.35^{ab}	1.51±0.05^{bc}	93.12±2.8^{b}	97.06±2.48^{b}
	1% H-CTS coating	10.62±0.89^{c}	2.48±0.06^{a}	102.56±1.48^{a}	103.47±1.72^{a}
	1% M-CTS coating	10.57±1.40^{c}	2.25±0.04^{a}	103.79±2.60^{a}	102.52±2.16^{a}

	Treatments	Phenolic content (µg GA/g FW)	Flavonoid content (mg QE/100 g FW)	Antioxidant activity (mg/100 FW)	Ethanol content (mg/g FW)
	Day 0	616.48±2.37	30.24±2.37	89.12±1.46	0
Day 6	control	524.57±3.85^{c}	24.93±2.48^{c}	78.52±1.36^{b}	0
	0.5% H-CTS coating	573.62±3.71^{a}	26.25±2.91^{b}	83.58±2.24^{a}	0.01±9.86
	0.5% M-CTS coating	546.83±4.08^{b}	26.77±1.35^{b}	82.10±3.09^{a}	0
	1% H-CTS coating	592.46±3.40^{a}	28.39±1.86^{a}	82.56±2.33^{a}	0.05±12.35
	1% M-CTS coating	588.92±2.78^{a}	28.48±2.00^{a}	82.97±2.68^{a}	0.03±13.47

Means with the same letters within a column are not significantly different (p = 0.5).

วิจารณ์ผล

การเคลือบผิวมะม่วงด้วยไคโตซานร่วมกับโพลีสไตรีนซัลโฟเนต สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพและการสูญเสียสารสำคัญของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพมะม่วงที่ความเข้มข้นเดียวกัน ทั้งที่ความเข้มข้น 0.5% และ 1% พบว่าไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสามารถรักษาคุณภาพของมะม่วงได้ดีกว่าการใช้ไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า เนื่องจากฟิล์มที่เกิดจากไคโตซานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงสามารถเคลือบผิวมะม่วงได้ดีกว่า จึงควบคุมการแพร่ผ่านของออกซิเจนและน้ำได้ดีกว่าด้วย (Jongsri *et al*., 2016) ด้วยเหตุนี้ อัตราการหายใจและเมแทบอลิซึมต่างๆ ของมะม่วงจึงถูกทำให้ช้าลง การใช้กรดอินทรีย์ในกระบวนการหายใจ การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ การเข้าสู่ระยะการสุก และการเปลี่ยนแปลงสารภายในเซลล์จึงช้าลงเช่นกัน (Baldwin *et al*., 1999) รวมถึงการสูญเสียสีเขียวของเปลือกที่ช้าลง ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ลดลง (Fang *et al*., 1998) น้ำที่จะสูญเสียให้กับบรรยากาศภายนอกจะถูกกีดขวางด้วยสารเคลือบผิว ส่งผลโดยตรงต่อการรักษาน้ำหนักสดและความแน่นเนื้อของมะม่วง (Prasad *et al*., 2016) และการที่มะม่วงใน

ชุดเคลือบผิวเกิดโรคแอนแทรคโนสน้อยลง เป็นผลมาจากคุณสมบัติในการต้านเชื้อราของไคโตซาน (Singburaudom & Piasai, 2011; Shiekh *et al*., 2013) ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซาน จึงช่วยลดการเกิดโรคได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การพบเอทานอลในมะม่วงที่เคลือบด้วย 0.5% H-CTS/0.5% PSS/0.5% H-CTS และไคโตซานที่น้ำหนักโมเลกุลระดับกลางและระดับสูงที่ความเข้มข้น 1% เนื่องจากมีปริมาณออกซิเจนเข้าสู่มะม่วงน้อยเกินไป กระทั่งเกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีการผลิตเอทานอลและเกิดสภาวะการสุกผิดปกติ (Baldwin *et al*., 1999) ดังนั้นการเคลือบผิวด้วย 0.5% M-CTS/0.5% PSS/0.5% M-CTS สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและสารสำคัญในมะม่วงน้ำดอกไม้ได้โดยไม่พบการผลิตเอทานอล จึงเป็นสภาวะที่ดีที่สุด

สรุป

การเคลือบผิวมะม่วงที่สภาวะ 0.5% M-CTS/0.5% PSS/0.5% M-CTS สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักสด ความแน่นเนื้อ การเกิดโรคแอนแทรคโนส การเพิ่มขึ้นของ TSS การลดลงของ TA และการสูญเสียฟีโนลิค ฟลาโวนอยด์ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25$\pm$3^{o}C ได้ดีที่สุด และเก็บได้นานกว่า 8 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนสถานที่และเครื่องมือจากสาขาเทคโนโลยีพืชผักแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี และขอขอบคุณการสนับสนุนสารเคมีและวัตถุดิบจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ PL.P3/2559) และ UGSAS, Gifu University, Japan ในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ศรินทร ทองอินทร์. 2558. ปัญหาและอุปสรรคในการส่งออกมะม่วงน้ำดอกไม้ไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน: กรณีศึกษา ผู้ประกอบการในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจโลก มหาวิทยาลัยบูรพา. 146 น.

Arnon-Rips, H. and E. Poverenov. 2018. Improving food products quality and storability by using Layer by Layer edible coatings. Trends in Food Science & Technology 75: 81-92.

Baldwin, E. A., J. K. Burns, K. Kazokas, J. K. Brecht, R. D. Hagenmaier, R. J. Bender and E. Pesis. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristic on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. Postharvest Biol. Technol. 17(3): 215-226.

Djioua, T, F. Charles, M. Freire, H. Filgueiras, M.N. Ducamp-Collin and H. Sallanon. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangiera indica* L.). Int. J. Food Sci. Technol.45(4): 849-855.

Fang, Z. J., C. Bouwkamp and T. Solomos. 1998. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. J. Exp. Bot. 49(320): 503-510.

Hadthamard, N., P. Chaumpluk, M. Buanong, P. Boonyaritthongchai and C. Wongs-Aree. 2019. Effect of multilayer coating of chitosan and polystyrene sulfonate on quality of 'Nam Dok Mai No.4' mango. WASET 13(3): 42-48.

Jongsri, P., T. Wangsomboondee, P. Rojsitthisak and K. Seraypheap. 2016. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. Food Sci. Technol. 73: 28–36.

Mattoo, A. K. and V. V. Modi. 1969. Ethylene and ripening of mangoes. Plant Physiol. 44: 308-310.

Poverenov, E., S. Danino, B. Horev, R. Granit, Y. Vinokur and V. Rodov. 2014. Layer-by-layer electrostatic deposition of edible coating on fresh cut melon model: Anticipated and unexpected effects of alginate-chitosan combination. Food Bioprocess Tech. 7: 1424–1432.

Prasad, K., R. R. Sharma and M. Srivastav. 2016. Postharvest treatment of antioxidant reduces lenticel browning and improves cosmetic appeal of mango (*Mangifera indica* L.) fruits without impairing quality. J. Food Sci. Technol. 53(7): 2995-3001.

Shiekh, R. A., M. A. Malik, S. A. Al-Thabalti, and M. A. Shiekh, M. A. 2013. Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. Food Sci. Technol. 19(2): 139-155.

Singburaudom, N. and O. Piasai. 2011. Antimicrobial activity of different molecular weight chitosans to inhibit some important plant pathogenic fungi. Nat. Sci. 45: 644–655.