ผลของการเคลือบผิว nano-chitosan ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ฉายรังสีแกมมา

Effect of Nano-Chitosan Coating on Physical and Chemical Changes of Gamma Ray Irradiated Mango cv. 'Nam Dok Mai No.4'

สุกัญญา เอี่ยมลออ[1] อภิรดี อุทัยรัตนกิจ[2] ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์[2] และ วรรณวิมล ปาสาณพันธ์[3]

Sukanya Aiamla-or[1], Apiradee Uthairatanakij[2], Pongphen Jitareerat[2] and Wanvimon Pasanphan[3]

Abstract

Gamma irradiation is allowed technology to control pest infestation for export Thai fruit including mango to the US market. Unfortunately, gamma irradiation caused black spot or black lenticel on peel of mango fruits. Therefore, the aim of this research was to study the effect of molecular weight of nano-chitosan coating on the quality and reduction of black spot on a mango peel during stored at 13ºC. Mangofruit were dipped into different molecular weights of nano-chitosan solution at 1% (w/v); 15, 50, 190 and 450 kDa compared to uncoated fruit served as the control, then irradiated with gamma irradiation at doses of 0.70-0.76 kGy and stored at 13 ºC. Changes in color of peel and pulp, firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and occurrence of black lenticel on peel were examined. Results revealed that the gamma irradiated mango fruits coated with nano-chitosan in three different molecular weights; 50, 190 or 450 kDa did not show any significant difference in changes of pulp and peel colors from control fruits. Moreover, all irradiated fruits appeared black spot on peel. However, the coating of nano-chitosan with molecular weight of 15 kDa significantly reduced black spot on peel, delayed the reduction of firmness and an increase of TSS/TA ratio when compared to other treatments with nano-chitosan coating of irradiated mango fruit.

Keywords: Mango fruits cv. Nam Dok Mai, nano-chitosan, coating

บทคัดย่อ

การควบคุมการปนเปื้อนของแมลงศัตรูพืชที่อาจติดมากับผลิตผลจากแปลงปลูก โดยการฉายรังสีแกมมาเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับและอนุญาตให้ใช้สำหรับการส่งออกผลไม้รวมถึงมะม่วงไปยังตลาดสหรัฐอเมริกา แต่การฉายรังสีแกมมาทำให้เกิดจุดสีดำหรือเลนติเซลล์สีดำกระจายทั่วเปลือกมะม่วง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดโมเลกุลสาร นาโนไคโตซานต่อคุณภาพและการลดจุดสีดำบนเปลือกมะม่วงฉายรังสีแกมมา โดยเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารนาโนไคโตซานความเข้มข้น 1% (w/v) ขนาดน้ำหนักโมเลกุล 15, 50, 190 และ 450 kDa เปรียบเทียบกับการไม่เคลือบผลก่อนการฉายรังสีแกมมา 0.70-0.76 kGy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมด (TA) และการเกิดจุดสีดำที่เปลือก ผลจากการศึกษาพบว่า มะม่วงเคลือบด้วยนาโนไคโตซานขนาดโมเลกุล 50, 190 หรือ 450 kDa และนำไปฉายรังสีแกมมา มีการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อและเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติจากมะม่วงชุดควบคุม นอกจากนี้มะม่วงฉายรังสีแกมมาทุกชุดทดลองมีจุดสีดำเกิดขึ้นที่ผิว แต่การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารนาโนไคโตซานขนาด 15 kDa ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมาสามารถลดการเกิดจุดสีดำที่เปลือก ชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อและการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน TSS/TA โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับมะม่วงเคลือบผิวและรับการฉายรังสีแกมมาชุดทดลองอื่นๆ

คำสำคัญ: มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้, นาโน-ไคโตซาน, การเคลือบผิว

---

[1]ศูนย์บริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ราชบุรี) 209 หมู่ 1 ตำบลรางบัว อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี 70150

[1]Learning park , King Mongkut's university of Technology Thonburi (Ratchaburi) 209 Moo1, Rang Bua, Chom Bueng, Ratchaburi, 70150

[2]คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) เขตทุ่งครุ บางขุนเทียน จังหวัด กทม

[2] School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien) 49 Tientalay 25, Thakam, Bangkuntien, Bangkok 10150

[3]ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)

[3]Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao Chatuchak Bangkok 10900

บทนำ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่สำคัญและมีศักยภาพในการส่งออกสูง เนื่องจากมีรสหวานและกลิ่นหอมเฉพาะตัวที่ผู้บริโภคให้ความนิยมในการบริโภคเป็นผลสด แต่การส่งออกมะม่วงไปยังตลาดในประเทศสหรัฐอเมริกาจะต้องทำการฉายรังสีก่อนเพื่อควบคุมการปนเปื้อนของแมลงศัตรูพืช (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2550) จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ฉายรังสีในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าเลนติเซลล์ (lenticel) ที่เปลือกมะม่วงเปลี่ยนเป็นจุดสีดำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้มะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีไม่เป็นที่ดึงดูดใจในการบริโภค (อภิรดี และ ผ่องเพ็ญ, 2554) แต่อย่างไรก็ตาม มะม่วงที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา 0.7 kGy มีปริมาณสารแอนติออกซิแดนซ์ (antioxidants) เพิ่มสูงขึ้น เช่น phenolic compounds และ ascorbic acid เป็นต้น นอกจากนี้การฉายรังสีแกมมาสามารถชะลอกระบวนการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้ได้ (จารุวัฒน์ และคณะ, 2555) ดังนั้น เพื่อเพิ่มศักยภาพการส่งออกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ฉายรังสีแกมมา การเคลือบผิวมะม่วงก่อนการฉายรังสีจึงน่าจะมีส่วนช่วยลดการเกิดเลนติเซลล์เป็นสีดำได้

ไคโตซานเป็นโพลีแซคคาไลด์ (polysaccharide, poly(β-(1,4)-linked 2-amino-2deoxy-d-glucose) มีประจุบวกและมีมวลโมเลกุลสูง (Aider, 2010) เป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากเปลือกปูหรือกุ้ง ไม่มีพิษและรับประทานได้จากคุณสมบัติเบื้องต้นจึงมีการศึกษาวิจัยนำไคโตซานมาเป็นสารเคลือบผิวในผลไม้หลายๆ ชนิดและพบว่าการเคลือบผิวผลิตผลสดก่อนการเก็บรักษา สามารถลดอัตราการหายใจ และชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตผลสดได้ในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Eshghi *et al*., 2014; Sánchez-González *et al*., 2011) จากการศึกษาของ Badawy and Rabea (2009) พบว่าการเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยไคโตซานมวลโมเลกุลต่ำ (57 kDa) สามารถควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อโรค (*Botrytis cinerea*) หลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศได้ดีกว่าไคโตซานมวลโมเลกุลสูง (290 kDa)นอกจากนี้ผลส้มที่เคลือบด้วยไคโตซานมวลโมเลกุล 15 kDa มีคุณภาพของผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษาดีกว่าผลิตผลที่เคลือบด้วยไคโตซานมวลโมเลกุล 357 kDa (Chien *et al*., 2007) ดังนั้นการนำนาโนไคโตซานมาใช้เป็นสารเคลือบผิวกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมาจึงน่าจะเป็นวิธีการที่สามารถเพิ่มคุณภาพของมะม่วงฉายรังสีเพื่อการส่งออกได้ และน่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลสูง

วิธีการทดลอง

เก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 ที่มีความสุกแก่ทางการค้า 80% และคัดเลือกผลที่ปราศจากตำหนิหรือการเข้าทำลายของโรคและแมลง เพื่อใช้สำหรับการทดลอง นำมาล้างทำความสะอาดด้วย sodium hypochlorite ความเข้มข้น 80-150 ppm และจุ่มสารละลายนาโนไคโตซานที่มีน้ำหนักมวลโมเลกุลต่างๆ กัน คือ 0 (น้ำกลั่น), 15, 50, 190 และ 490 kDa เตรียมตามวิธีการของ Wanvimol *et al.* (2010) ความเข้มข้น 1% (w/v) หลังจากจุ่มสารละลายนาโนไคโตซานแล้วนำไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบรรจุลงกล่องลูกฟูกขนาด 30×60×40 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) เพื่อนำไปฉายรังสีแกมมาที่ 0.70-0.76 kGy จากนั้นขนย้ายมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีแกมมามายังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ (color meter) การเกิดจุดดำที่เปลือก ความแน่นเนื้อ (texture analyzer) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids; TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมด (total titratable acidity; TA) และอัตราส่วนระหว่าง TSS และ TA ของเนื้อมะม่วงทุกๆ 4 วัน โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD)

ผลการทดลองและวิจารณ์

พบว่ามะม่วงทุกชุดทดลองเกิดจุดสีดำบนเปลือกทั้งผลมะม่วงที่ได้รับการเคลือบ หรือผลที่ไม่เคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานภายหลังรับการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.7 kGy แต่มะม่วงที่เคลือบด้วยสารนาโนไคโตซานขนาดโมเลกุล 15 kDa และรับการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.7 kGy มีจุดสีดำบนเปลือกน้อยกว่ามะม่วงในชุดทดลองอื่นๆ (Table 1) อาจเนื่องจากการเคลือบผิวช่วยลดการสูญเสียน้ำออกจากช่องเปิดธรรมชาติที่เกิดระหว่างการฉายรังสีแกมมา นอกจากนี้ มะม่วงที่เคลือบด้วยนาโนไคโตซานขนาดโมเลกุล 15 kDa มีประสิทธิภาพลดการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดควบคุมและมะม่วงในชุดทดลองอื่นๆ (ไม่ได้แสดงผล) อาจเนื่องมาจากการเคลือบผิวมีผลลดอัตราการคายน้ำและอัตราการหายใจของผลผลิตในระหว่างการเก็บรักษา (Eshghi *et al*., 2014; Sánchez-González *et al*., 2011)

Table 1. Appearance of black spot on peel of mango cv. Nam Dok Mai No.4 with or without nano-chitosan coating and plus with gamma irradiation with dose of 0.7 kDa during stored at 13°C.

Treatments	BF[2]	Days after irradiation							
	0	1	4	8	12	16	20	24	28
Control[1]	-	+++	+++	+++	++++	++++	++++	++++	++++
15 kDa CHI	-	+	+	+	+	+++	+++	+++	+++
50 kDa CHI	-	++	++	++	++	+++	+++	+++	++++
190 kDa CHI	-	++	++	++	+++	+++	+++	+++	++++
490 kDa CHI	-	++	++	++	++	+++	+++	+++	++++

Remark (–): Do not appear the black spot on peel of mango fruit, (+):The black spot symptom on peel of mango fruit appeared less than 5% of fruit peel, (++):The black spot symptom on peel of mango fruit appeared 6-20% of fruit peel, (+++):The black spot symptom on peel of mango fruit appeared 21-35% of fruit peel, (+++):The black spot symptom on peel of mango fruit appeared 21-35% of fruit peel, (++++):The black spot symptom on peel of mango fruit appeared 36-50% of fruit peel, (+++++):The black spot symptom on peel of mango fruit appeared more than 51% of fruit peel

[1]/control: Mango fruits without nano-chitosan coating were irradiated with gamma ray dose of 0.7 kGy. [2]/ BF: day before gamma irradiation

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก (hue angle) ของมะม่วงที่ได้รับการฉายรังสีแกมมา พบว่าค่า hue angle ของเปลือกมะม่วงมีค่าลดลงในทุกชุดทดลองและไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การเคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานขนาด 15 kDa และนำไปฉายรังสีแกมมามีการเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ลดลงช้า ช่วง 12 สัปดาห์แรก (Figure 1A) ในขณะที่มะม่วงเคลือบด้วยนาโนไคโตซานโมเลกุลขนาด 190 kDa มีค่า hue angle ลดลงมากกว่ามะม่วงในชุดทดลองอื่นหลังจากสัปดาห์ที่ 16 ของการเก็บรักษา นอกจากนี้ มะม่วงทุกๆ ชุดทดลองมีค่า b* ของเนื้อผลไม่แตกต่างกัน แต่มะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานขนาด 15 kDa มีค่า b* เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นช้ากว่ามะม่วงชุดทดลองอื่นๆ (Figure 1B)

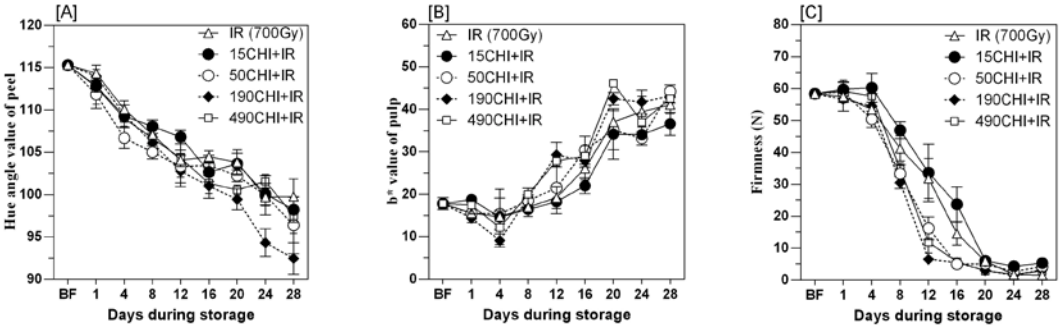

Figure 1. Changes in hue angle value of peel (A), b* value of flesh (B) and firmness of flesh (C) mango fruit cv. Nam Dok Mai No.4 with or without nano-chitosan coating and plus with gamma irradiation with dose of 0.7 kDa during stored at 13°C.

ในระหว่างการเก็บรักษาผลผลิตสดทางการเกษตร ความแน่นเนื้อมักมีการเปลี่ยนแปลงลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น การลดลงของความแน่นเนื้อเกิดจากการสูญเสียน้ำออกจากผลผลิตเอง และการสลายตัวของเพคติน (pectin) ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ (Qi et al., 2011) ผลจากการศึกษา พบว่ามะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานโมเลกุลขนาด 15 kDa และรับการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.7 kGy มีความแน่นเนื้อลดลงช้ากว่ามะม่วงชุดทดลองอื่นๆ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะม่วงเคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานโมเลกุลขนาด 50, 190 และ 490 kDa และรับการฉายรังสีแกมมาในระหว่างการเก็บรักษาที่ 8-16 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม มะม่วงที่ไม่ได้รับการเคลือบผิวและรับการฉายรังสีแกมมามีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติกับมะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวนาโนไคโตซานโมเลกุลขนาด 15 kDa และรับการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 0.7 kGy (Figure 1C)

เนื้อมะม่วงมีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น (Figure 2A) และปริมาณ TA ลดลง (Figure 2B) ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าในสัปดาห์ที่ 12-16 มะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานขนาด 15 kDa มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นช้าและมีปริมาณ TA ได้ทั้งหมดลดลงช้าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับมะม่วงในชุดทดลองอื่นๆ ในขณะที่อัตราส่วน TSS/TA ของมะม่วงที่ได้รับการเคลือบผิวด้วยนาโนไคโตซานขนาด 15 kDa เพิ่มขึ้นช้าสอดคล้องกับปริมาณ TSS และปริมาณ TA

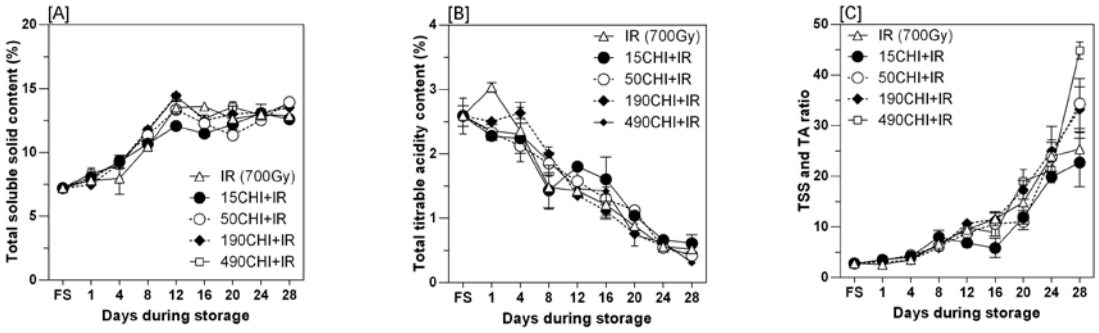

Figure 2. Changes in total soluble solids (TSS) (A) total titratable acidity (TA) (B) and TSS and TA ratio (C) of flesh mango cv. Nam Dok Mai No.4 with or without nano-chitosan coating and plus with gamma irradiation with dose of 0.7 kDa during stored at 13°C.

สรุปผล

การเคลือบผิวมะม่วงด้วยสารนาโนไคโตซานโมเลกุลขนาด 15 kDa ส่งผลต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ฉายรังสี คือ ลดการเกิดจุดสีดำบนเปลือกของมะม่วง แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและกรดที่ไทเทรตได้ทั้งหมด นอกจากนี้มะม่วงที่เคลือบด้วยไคโตซานโมเลกุลขนาด 15 kDa มีคุณภาพของผลดีกว่าการใช้สารเคลือบนาโนไคโตซานโมเลกุลขนาด 50, 190 และ 490 kDa

เอกสารอ้างอิง

จารุวัฒน์ บุญรอด, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ, ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ วาริช ศรีละออง. 2555. การฉายรังสีแกมมาต่อการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4. *ใน*: การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 6. วันที่ 26-27กรกฎาคม 2555. ณ หอประชุมเบญจรัตน์, อาคารนวมินทรราชินี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กทมฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2550. คู่มือแนวทางปฏิบัติเพื่อส่งออกผลไม้ไปสหรัฐอเมริกา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กทม.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์. 2554. ผลของการจุ่มน้ำร้อนและการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4. ว. วิทย. กษ. 42 (1 พิเศษ): 197-200.

Aider, M. 2010. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry; review. *LWT-Food Science and Technology* 43: 837-842.

Badawy, M.E.I. and E.I. Rabea. 2009. Poteintial of biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 51: 110-117.

Chien, P., F. Sheu and H. Lin. 2007. Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitisan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry* 100: 1160-1164.

Eshghi, S., M. Hashemi, A. Mohammadi, F. Badii, Z. Mohammadhoseini and K. Ahmadi. 2014. Effect of nano-chitosan coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duchesne) during storage. *Food Bioprocess Technology* 7: 2397-2407.

Qi, H.P., W. Hu, A. Jiang, M. Tian and Y. Li. 2011. Extending shelf life of fresh cut Fuji apple with chitosan coating on the quality of fresh cut d'Aujou pear. *Postharvest Biology and Technology* 62: 319-326.

Sánchez-González, L., C. Pastor, M. Vargas, A. Chiralt, C. González-Martínez and M. Cháfer. 2011.Effect of hydroxypropylmethyl-cellulose and chitosan coating with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology* 60: 57-63.

Wanvimol, P., P. Rimdusit, S. Choofong, T. Piroonpan and S. Nilsuwankosit. 2010. Systematic fabrication of chitosan nanoparticle by gamma irradiation. Radiation Physics and Chemistry 79: 1095-1102.