Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 42-45 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 42-45 (2549)

การพัฒนาสารเคลือบเชลแล็กเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด และมะนาวพันธุ์แป้น

Development of Shellac Coating for Extending Shelf-life of Mangosteen and Lime (CV. Pan)

ผ่องเพ็ญ อรรคสีวร[1], ธำรงค์ อัมพรรัตน์[1], อภิตา บุญศิริ[2], นภา ศิวรังสรรค์[3], สีรุ้ง ปรีชานนท์[1] และโศรดา กนกพานนท์[1]

Pongpen Accaseavorn[1], Thumrong Ampornratana[1], Apita Boonsiri[2], Napa Siwarungsun[3], Seeroong Prichanont[1] and Sorada Kanokpanont[1]

Abstract

A shellac-based fruit coating formula, “Lab-A” developed in the laboratory of Chulalongkorn University was tested on mangosteen and lime (CV. Pan) in comparison with a commercialized coating formula, Teva. After spray-coated solutions of each formula on mangosteens (20 ml./kg) and limes (30 ml./kg), the fruits were stored at either room (30 ± 5^0C and 28 ± 2^0C; 70±5%RH) or optimum storage temperatures (13 ± 1^0C and 10 ± 1^0C; 86±2%RH). Physical, chemical, and eating qualities of the coated fruits were evaluated comparing with those of the non-coated fruits (“control”). The fruits coated with Lab-A showed superior qualities to those coated with Teva and control respectively. Coating mangosteens and limes with Lab-A preserved qualities of the fruits for 28 and 56 days at optimum temperature which were 14 and 41 days longer than those at room temperature. Coating was not only improved gloss and appearance to mangosteens but also delayed calyx wrinkle and reduced weight loss, pericarp’s softening, respiration rate and ethylene production without off-flavour sensation. Coating limes with either Lab-A or Teva delayed browning symptom on the skin, improved gloss and total appearances, and reduced weight loss compared with the control. Limes stored at room temperature lost less weight than those stored at 10 ± 1^0C. In additions, coating film of Teva on limes was found to flaked off during storage while this was not observed in coating with Lab-A.

Keywords: Shellac Mangosteen Lime

บทคัดย่อ

การทดสอบสารเคลือบ (Lab A) ที่มีองค์ประกอบหลักคือเชลแล็ก พัฒนาขึ้นโดยห้องปฏิบัติการของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการพ่นเคลือบผิวเปลือกผลมังคุด 20 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม และมะนาวพันธุ์แป้น 30 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัม ก่อนเก็บรักษาผลมังคุดและมะนาวที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5^0C และ 28 ± 2^0C ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5%) และอุณหภูมิต่ำ (13 ± 1^0C และ 10 ± 1^0C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2%) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และประสาทสัมผัสกับกลุ่มที่ไม่ได้เคลือบ (control) และกลุ่มที่ใช้สารเคลือบทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ (Teva) พบว่า สารเคลือบ Lab-A มีประสิทธิภาพในการเคลือบผิวเปลือกมังคุดและมะนาวดีกว่า Teva และ control ตามลำดับ ทั้งผลมังคุดและมะนาวที่ผ่านการพ่นเคลือบเก็บรักษาด้วยสารละลาย Lab-A แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 28 และ 56 วัน ซึ่งนานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องประมาณ 14 และ 41 วันตามลำดับ การเคลือบสามารถเพิ่มความมันเงา น่ารับประทานให้กับผลมังคุด สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเหี่ยวของกลีบเลี้ยง ชะลอการนิ่มของเปลือกผลเนื่องจากการสุก ลดอัตราการหายใจ และการผลิตเอทิลีนในผลิตผล และไม่ทำให้เกิดอาการกลิ่นและรสชาติผิดปกติขึ้น สำหรับการเคลือบผลมะนาว สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลแดง (browning) บนผิวเปลือกได้ดีกว่า และผู้บริโภคให้คะแนนลักษณะความมันวาวสวยงามสูงกว่ากลุ่ม control ผลมะนาวที่เคลือบด้วยสูตร Lab-A และ Teva ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ไม่แตกต่างกัน ผลมะนาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่อวันมากกว่ากลุ่มที่เก็บรักษาไว้อุณหภูมิต่ำ ทั้งนี้การทดลองไม่พบการหลุดลอกของสารเคลือบสูตร Lab-A แต่กลับพบการหลุดลอกของสารเคลือบ Teva จากผิวผลมะนาวในระหว่างการเก็บรักษา

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[1] Department of Chemical Engineering , Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330

[2] งานวิจัยพืชผลหลังเก็บเกี่ยว ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] Postharvest Research Unit, Central Laboratory and Greenhouse Complexes, Kasetsart University, Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom 73140

[3] ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[3] Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok 10330

คำสำคัญ: เชลแล็ก มังคุด มะนาว

คำนำ

การเคลือบผิวผลไม้เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวจะถูกนำมาใช้ทดแทนชั้นของไขตามธรรมชาติที่อาจหลุดหายไปในขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวหรือล้างทำความสะอาด ที่จะทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำ และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆเร็วขึ้น นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังมีผลต่ออัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดการสูญเสียจากการเน่าเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ การแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลลดน้อยลง และยังทำให้ผลิตผลมีลักษณะดึงดูดใจผู้บริโภค การใช้สารเคลือบผิวผลไม้ต้องคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อสารเคลือบผิวชนิดนั้นด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) เชลแล็ก (shellac) เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ปลอดภัยไม่เป็นพิษ ผลิตโดยแมลงครั่งที่มีการเลี้ยงมากทางภาคเหนือตอนบน เชลแล้กเป็นพอลิเอสเทอร์ซึ่งเมื่อนำมาทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดไขมันหลายชนิด ได้แก่ aleuritic acid terpenic acid และ laccijalaric acid (มานี และ ธนะเศรษฐ์, 2546) ผงเชลแล็กละลายได้ในตัวทำละลายอัลคาไลน์ เมื่อนำมาผลิตเป็นฟิล์มจะมีความวาว ทนทานแข็งแรงยึดติดที่ดีกับพื้นผิวต่างๆ จึงมีการนำเชลแล็กมาใช้ในการเคลือบผิว สำหรับผลไม้ที่มีการเคลือบผลด้วยเชลแล็กในทางการค้าได้แก่ ผลไม้ประเภทส้ม (Hagenmaier, 2002) โรงงานผลิตครั่งในประเทศไทยส่วนใหญ่ผลิตครั่งเม็ด เพื่อส่งออกตลาดต่างประเทศแล้วถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆกลับเข้ามาขายในประเทศไทย จึงทำให้เกิดความสนใจในงานพัฒนาวัตถุดิบที่มีในประเทศไทยให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้นด้วยการพัฒนาสารเคลือบเชลแล็ก และทดสอบการเคลือบมังคุดและมะนาวพันธุ์แป้น โดยทำการเปรียบเทียบคุณภาพในการยืดอายุการเก็บรักษากับสารเคลือบทางการค้า

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคลือบ: สารเคลือบที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย เชลแล็กขาวเกรดอาหาร (บ.เอกเชลแล็ก จำกัด) แอมโมเนีย น้ำ และสารตัวเติม

การประเมินประสิทธิภาพของสารเคลือบ: มังคุดระยะที่ 3 จากสวนจังหวัดระยอง และมะนาวพันธุ์แป้นจากสวนใน อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร ถูกนำมาทำความสะอาดผิวก่อนการเคลือบด้วยสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 และ200 ppm ตามลำดับ เพื่อฆ่าเชื้อ จากนั้นวางผึ่งให้แห้ง แล้วเคลือบพ่นด้วยสารเคลือบให้ทั่วทั้งผล ในอัตราสารเคลือบ 20 และ 30 มิลลิลิตรต่อหนึ่งกิโลกรัมตามลำดับ เป่าด้วยพัดลมจนสารเคลือบแห้งสนิท แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 2 สภาวะคือที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 5^0C, 70% RH) หรือที่อุณหภูมิต่ำ มีเปรียบเทียบคุณภาพของผลไม้กลุ่มที่ไม่ได้เคลือบ (control) กับกลุ่มที่เคลือบด้วยสารเคลือบที่พัฒนาขึ้น (Lab A) และกลุ่มที่เคลือบด้วยสารเคลือบทางการค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ (Teva) โดยการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ แบบวัตถุพิสัย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีผลหรือสีกลีบเลี้ยง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ความแข็งเปลือก (firmness, มังคุด) ความทนแรงกด (deformation, มะนาว) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid content, TSS) เปอร์เซ็นต์กรดที่ไทเทรตได้ (% titratable acidity) อัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และแบบจิตพิสัยโดยวัดจากคะแนนความพอใจในลักษณะด้านต่างๆของผู้บริโภคจำนวน 10 คน ที่มีต่อผลผลิตที่ใช้ในการทดลอง โดยมีการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 4 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan' s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. มังคุด

เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30ºC, 75±10 % RH) เป็นเวลา 15 วัน มังคุดที่ถูกเคลือบผิวด้วย Teva และสูตร Lab A มีความมันเงา มีสีผิวผลและสีกลีบเลี้ยงที่ดี และการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยลักษณะทางคุณภาพของมังคุดที่เคลือบด้วยสารเคลือบทั้งสองสูตรนี้ไม่แตกต่างกัน แต่ที่อุณหภูมิ 13 °C , 95±5 RH มังคุดที่ถูกเคลือบด้วยสูตร Lab A มีการสูญเสียน้ำหนัก และการผลิตเอทิลีนต่ำกว่ากลุ่มที่เคลือบด้วย Teva ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วันดังแสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบคะแนนวัตถุพิสัยและจิตพิสัยในตารางที่ 1 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลส่วนใหญ่เกิดจากน้ำในผลิตผลที่มีความดันไอสูงกว่าเคลื่อนตัวออกสู่สภาวะแวดล้อมที่มีความดันไอต่ำกว่า ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก การเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้สูงกว่าที่อุณหภูมิห้อง น้ำจึงเคลื่อนย้ายออกจากผลิตผลได้น้อยกว่า อัตราการหายใจของมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่าอยู่ในช่วง 25-35 $mgCO_2$/kg-hr สูงกว่ากลุ่มที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C ซึ่งอยู่ในช่วง 20-30 $mgCO_2$/kg-hr มังคุดที่ถูกเคลือบมีอัตราการหายใจต่ำกว่ากลุ่ม control

อย่างชัดเจนตลอดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวจะไปปกคลุม ทับ หรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่และปิดช่องเปิดต่างๆ ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง มังคุดที่ไม่ได้เคลือบมีการผลิตเอทิลีนสูงกว่ามังคุดที่เคลือบทุกกลุ่ม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการหายใจและมีผลให้การผลิตเอทิลีนลดต่ำลงด้วย เนื่องจากในการผลิตเอทิลีนต้องใช้ออกซิเจน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

ตารางที่ 1 ผลเปรียบเทียบคะแนนวัตถุพิสัยและจิตพิสัยของมังคุดกลุ่มที่ไม่ได้เคลือบ และกลุ่มที่เคลือบด้วยสูตร Lab-A และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิ13 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 86±2 % เป็นระยะเวลา 28 วัน

วัตถุพิสัย	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	**จิตพิสัย**	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3
ความสว่าง	Lab-a และ Teva		Control	ความมันเงา	Lab-a และ Teva		Control
สีกลีบเลี้ยง	*			สีกลีบเลี้ยง	Lab-a และ Teva		Control
สีผิวผล	*			สีผิวผล	Lab-a และ Teva		Control
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	*			ความหวาน	*		
เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด	*			ความเปรี้ยว	*		

การสูญเสียน้ำหนัก	Lab-a	Teva	Control	กลิ่น	*
ความแข็งเปลือก	*			กลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ	*
อัตราการหายใจ	Lab-a และ Teva		Control	ความชอบ	*
การผลิตเอทิลีน	Lab-a	Teva	Control		

หมายเหตุ ลำดับที่ 1 แสดงคุณภาพที่ดีที่สุด ลำดับที่ 3 แสดงคุณภาพที่ด้อยที่สุด
*แสดงคุณภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่ม ($P \leq 0.05$)

2. มะนาวพันธุ์แป้น

มะนาวที่ถูกเคลือบและมีความมันเงา และการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ไม่ถูกเคลือบมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 23% ในขณะที่กลุ่มที่เคลือบมีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 15% หลังจาก 15 วันของการเก็บรักษาผลมะนาวประมาณ 70% ที่ไม่มีการเคลือบผิว เกิดอาการสีน้ำตาลบนผิวผล (รูปที่ 1 ก) แต่ลักษณะนี้ยังไม่พบในกลุ่มที่มีการเคลือบผิว เนื่องจากมีการควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจน อีกทั้งถูกใช้ไปในการหายใจทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ไม่สามารถเปลี่ยนสารประกอบฟีนอล กลายเป็นรงควัตถุสีน้ำตาล (brown pigment) (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) การเคลือบผิวมะนาวด้วยสารเคลือบ Lab A และ Teva สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลแดงบนผิวมะนาว แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวผล deformation และลักษณะอื่นๆ ดังตารางที่ 2

ก)

ข)

รูปที่ 1 ก) ลักษณะภายนอกของมะนาวที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน กลุ่มที่ไม่เคลือบผิวเกิดลักษณะสีน้ำตาลที่ผิวผลเป็นส่วนใหญ่
ข) ผลมะนาวที่เคลือบด้วย Teva เมื่อแห้งแล้วมีการหลุดล่วงของฟิล์มเคลือบเป็นเกล็ด ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พบในกลุ่มที่เคลือบด้วยสูตร Lab A

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบคะแนนวัตถุพิสัยและจิตพิสัยของมะนาวกลุ่มที่ไม่ได้เคลือบ และกลุ่มที่เคลือบด้วยสูตร Lab-A และ Teva เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5 % เป็นระยะเวลา 15 วัน

วัตถุพิสัย	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3	จิตพิสัย	ลำดับที่ 1	ลำดับที่ 2	ลำดับที่ 3
ความสว่าง	Lab-a และ Teva		Control	ความมันเงา	Lab-a และ Teva		Control
สีผิวผล	*			สีผิวผล	*		
เปอร์เซ็นต์ความเป็นกรด	*			ความเปรี้ยว	*		
การสูญเสียน้ำหนัก	Lab-a และ Teva		Control	ความขม	*		
Deformation	*			กลิ่นหอม	*		
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	*			กลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ	*		
อัตราการหายใจ	*			ความชอบโดยรวม	*		
อัตราการผลิตเอทิลีน	*						

หมายเหตุ ลำดับที่ 1 แสดงคุณภาพที่ดีที่สุด ลำดับที่ 3 แสดงคุณภาพที่ด้อยที่สุด
*แสดงคุณภาพที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างกลุ่ม ($P \leq 0.05$)

ที่อุณหภูมิ 10˚C, 86±2 % RH สามารถเก็บรักษามะนาวทุกกลุ่มได้อย่างน้อย 56 วัน มะนาวกลุ่มที่ถูกเคลือบด้วย Lab A หรือ Teva มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 7% ซึ่งต่ำกว่ากลุ่ม control (ประมาณ 13%) อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการเกิดอาการผิวสีน้ำตาลประมาณ 10% การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถยืดการเกิดลักษณะสีน้ำตาลแดงที่ผิวผลได้ เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และลดกิจกรรมของเอนไซม์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิห้อง กลุ่มที่ถูกเคลือบผลให้ผลคะแนนทั้งด้านจิตพิสัยและวัตถุพิสัยไม่แตกต่างกัน แต่มะนาวที่เคลือบด้วย Teva มีการหลุดลอกของสารเคลือบเป็นเกร็ดสีน้ำตาล (รูปที่ 1 ข) ซึ่งไม่พบในมะนาวที่เคลือบด้วยสูตร Lab A

สรุป

สูตรสารเคลือบ Lab A จากเชลแล็กที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ มีประสิทธิภาพในการรักษาลักษณะทางคุณภาพของมังคุด และมะนาวพันธุ์แป้น ได้อย่างน้อยเทียบเท่าหรือดีกว่าสารเคลือบเชลแล็กสูตรที่นำเข้าจากต่างประเทศ โดยมีผลต่อลักษณะภายนอก และการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ไม่มีผลกระทบความพอใจของผู้บริโภคในต่อรสและกลิ่นของผลิตผล อย่างไรก็ตามผลการทดลองชี้ว่าควรจะมีการใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ควรจะมีการศึกษาใช้สารเคลือบเชลแล็กในผลไม้เขตร้อนชนิดอื่นๆ เพื่อให้ต้นทุนการผลิตสารเคลือบลดลงและลดการนำเข้าสารเคลือบเชลแล็กจากต่างประเทศ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก กองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม บริษัทเอ็คเซลแลคส์ จำกัด และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

กวิศร์ วานิชกุล. การเจริญเติบโตของผลมังคุด ดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.

จริงแท้ ศิริพานิช. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลักการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. 700 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

เจริญ ขุนพรม และคณะ. 2545. ผลของ KMnO4 สารเคมี และปริมาณเชื้อราบนผลมะนาวต่อการเปลี่ยนแปลงสีของมะนาวพันธุ์แป้นระหว่างการเก็บรักษา. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร 33(6): 54-59.

ฐิติยา รัตนไตรภพ. การพัฒนาสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุด. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.

สมโภชน์ น้อยจินดา. ผลของสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษามังคุด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535.

Hagenmaier R.D. The flavor of mandarin hybrids with different coatings. Postharvest Biology and Technology. 24 (2002): 79-87

Shimokawa, K. Shimada, S. and Yaeo, K. Ethylene-enhanced chloroghyllase activity during degreening of critus. Scientia Hortic. 8(1978) : 129-135.