Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 81-84 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 81-84 (2556)

การศึกษาเปรียบเทียบความแน่นเนื้อของเปลือกและเนื้อผลในมะละกอสายพันธุ์การค้าระหว่างการสุก

Comparison of Skin Strength and Flesh Firmness in Papaya Commercial Cultivars During Fruit Maturation

ศันสนีย์ นาเจริญ[1,2,3,4] ปาริชาติ เบิร์นส[1,2,3,4] อนุพันธุ์ เทิดวงศ์วรกุล [5] ธนพล ไชยแสน[6] สิริกุล วะสี[7] และ จริงแท้ ศิริพานิช[4,8]

Parichart Burns,[1,2,3,4]Sansanee Nacharen, [1,2,3,4] Anupun Terdwongworakul, [5] Thanapon Chaisan, [6] Sirikul Wasee [7] and Jingtair Siriphanich [4,8]

Abstract

Papaya (*Carica papaya* L.) is an important fruit crop in Thailand. Among horticultural characters, fruit firmness (peel and pulp) is an important quality for fruit handling and commercialization. In this study, peel and pulp firmness of five commercial papaya cultivars (Red Lady, Red Caribbean, Huongold, Khon Kaen-80 and Krung-red) and two cultivars of wild papaya (wild-green and wild purple) were measured at three fruit maturing stages including green, colour break, and ripen. All commercial papaya cultivars showed vast reduction in peel and pulp firmness duirng fruit maturation at 20.35-32.12% for peel and 15.73-21.69% for pulp in ripen stage while there were little changes in 2 wild papaya cultivars at 10.54-12.08% for peel and 6.66-13.50% for pulp at ripening stage. The results suggested that alteration of peel and pulp firmness during fruit maturation was different among papaya cultivars.

Keywords: Fruit Maturation, Fruit Firmness, Papaya

บทคัดย่อ

มะละกอจัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ลักษณะความแน่นเนื้อของผลเป็นลักษณะสำคัญที่มีผลกระทบต่อการจัดการและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะละกอ งานวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาความแข็งแรงของเปลือกความแน่นเนื้อของผลมะละกอสายพันธุ์ไทยและพันธุ์การค้าจำนวน 7 พันธุ์ (เรด เลดี้, เรด แคลิบเบี้ยน, เม็กซิโก, ฮวนโกล, ขอนแก่น 80, ครั่งแดง, ครั่งเหลือง, และปลักไม้ลาย) และพันธุ์ป่า 2 พันธุ์ (ป่าก้านเขียว และป่าก้านม่วง) ระหว่างช่วงการพัฒนาของผล 3 ระยะคือ ผลดิบ ผลแต้ม และผลสุก โดยแบ่งค่าความแน่นเนื้อของผลมะละกอที่วัดได้เป็น ค่าความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผล จากการศึกษาพบว่า พันธุ์ปลักไม้ลายมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลอย่างมากจากระยะผลแต้มสู่ระยะผลสุก โดยความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลคงเหลือ 71.04% และ 65.53% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์เม็กซิโกพบว่า มีการลดลงของความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลเล็กน้อย โดยความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลคงเหลือ 80.72% และ 93.60% ตามลำดับ ในขณะที่มะละกอพันธุ์ป่า 2 พันธุ์ มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลระหว่างการพัฒนาเพียงเล็กน้อย โดยความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลคงเหลือ 89.46% and 93.60% ตามลำดับ จากผลการศึกษา

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยด้านพืช ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย คลองหลวง ปทุมธานี 12120
[1] Plant Research Laboratory, National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Kasatsart University KamphangSaen Campus Nakon Pathom 73140
[2] ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2] Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University KamphangSaen Campus Nakon Pathom 73140 Thailand
[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัญชิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900
[3] Center of Excellence on Agricultural Biotechnology: (AG-BIO/PERDO-CHE), Bangkok 10900, Thailand
[4] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพ 10400
[4] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok, 10400, Thailand
[5] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[5] Department of Agriculture Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University KamphangSaen Campus Nakon Pathom 73140 Thailand
[6] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
[6] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao Chatuchak Bangkok 10900
[7] ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[7] Tropical vegetable research center, Research and Development Institute at KamphangSaen, Kasetsart University KamphangSaen Campus Nakon Pathom 73140 Thailand
[8] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[8] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University KamphangSaen Campus Nakon Pathom 73140 Thailand

แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลระหว่างการสุกแก่นั้นมีความแตกต่างกันระหว่างมะละกอแต่ละสายพันธุ์

คำสำคัญ: ระยะการสุกแก่ของผล, ความแน่นเนื้อของผล, มะละกอ

คำนำ

มะละกอเป็นพืชที่มีความสำคัญและนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เพื่อการบริโภคภายในประเทศ รวมถึงเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูป เช่น ผลไม้กระป๋อง และส่งออก ภายในประเทศไทยมีการปลูกมะละกอหลากหลายพันธุ์ การพัฒนาสายพันธุ์ โดยการนำเข้าสายพันธุ์มะละกอและการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อรับประทานสุก รับประทานดิบ และนำไปแปรรูป ซึ่งแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันในลักษณะทางพืชสวน โดยเฉพาะลักษณะความแน่นเนื้อของผล (ความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผล) ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่มีอิทธิพลกับการเก็บเกี่ยว การขนส่ง ผิวสัมผัสและความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อมะละกอ และนอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและอายุการเก็บรักษาอีกด้วย แต่เนื่องจากในปัจจุบันข้อมูลด้านคุณลักษณะของผลโดยเฉพาะความแน่นเนื้อผลมะละกอสายพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทยยังมีอยู่น้อย การศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาความแน่นเนื้อของผลมะละกอสายพันธุ์การค้าและพันธุ์ป่า(ยังไม่ได้ปลูกเป็นการค้าและยังไม่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง) ระหว่างการสุกแก่ของผล โดยนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์และจัดกลุ่มมะละกอตามการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลที่เกิดขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

มะละกอที่ใช้ในการศึกษาได้แก่มะละกอสายพันธุ์การค้าจำนวน 5 พันธุ์ (เร็ดเลดี้ เร็ดคาริเบี้ยน ฮวนโกล ขอนแก่น 80 และครั่งแดง) และพันธุ์ป่า 2 พันธุ์ (ป่าก้านเขียว และป่าก้านม่วง) ปลูกที่แปลงทดลองของสถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม เก็บมะละกอตามช่วงระยะการพัฒนาของผลโดยแบ่งเป็น 3 ระยะคือ ระยะผลดิบ ระยะผลแต้ม และระยะผลสุก โดยแบ่งระยะตามการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ นำมาวัดความแข็งแรงของเปลือก และความแน่นเนื้อ โดยใช้เครื่อง A universal testing machine (Model 5569 Single Column, Instron Corp. Canton, MA) หัวโพรบ (probe) 3.2 มม. โดยให้หัวโพรบวางอยู่ที่ Zero force contact กดหัวลงไปที่ความลึก 45 มม. และที่ความเร็ว 25 มม/นาที ค่าที่ได้รายงานเป็น The maximum force (Newtons, N) มะละกอ 1 ผลวัด 3 ตำแหน่งคือ หัว กลาง และ ท้ายผล โดยใช้มะละกอ 3 ผลต่อ 1 ระยะการพัฒนา นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ยและ ค่า standard deviation (SD) จากนั้นนำผลมะละกอที่ผ่านการวัดความแข็งแรงของเปลือก และความแน่นเนื้อของผลแล้วมาหั่นตามขวางเพื่อสังเกตลักษณะการพัฒนาภายในผลเช่น สีเนื้อ สีเมล็ด เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงของเปลือก และความแน่นเนื้อที่วัดได้ (Table 1) และนำค่าความแข็งแรงของเปลือก และความแน่นเนื้อที่วัดได้ในแต่ละระยะการพัฒนามาหาเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงโดยเปรียบเทียบจากระยะผลดิบมาหาเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของความแน่นเนื้อเมื่อเข้าสู่ผลแต้ม และหาเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของความแน่นเนื้อจากระยะผลแต้มเมื่อเข้าสู่ผลสุกโดยคิดเทียบกับ 100 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นเนื้อของผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว (One-Way ANOVA)โดยปัจจัยที่สนใจศึกษาคือ สายพันธุ์ของมะละกอ โดยใช้ค่าความแน่นเนื้อรวมทั้งเปลือกและผลในแต่ละระยะการพัฒนา (ผลดิบ ผลแต้ม และผลสุก) มาคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์มะละกอจำนวน 7 พันธุ์ได้แก่ เรดเลดี้, เรดแคลิบเบี้ยน, เม็กซิโก, ฮวนโกล, ขอนแก่น 80, ครั่งแดง, ครั่งเหลือง, และปลักไม้ลาย และพันธุ์ป่าก้านเขียว และป่าก้านม่วง กับความแน่นเนื้อของผล

ผลการทดลอง

การศึกษาความแน่นเนื้อของผลมะละกอ จากมะละกอ 7 สายพันธุ์ ที่ระยะผลเขียว พบว่า พันธุ์ฮวนโกล มีค่าความแข็งแรงของเปลือกสูงสุด และพันธุ์เรดเลดี้ มีค่าความแน่นเนื้อสูงที่สุด ในขณะที่พันธุ์ครั่งแดงมีความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อต่ำที่สุด ซึ่งหากแบ่งมะละกอตามความแข็งแรงของเปลือกและเนื้อที่ระละผลดิบสามารถจัดได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มกลุ่มที่มีเปลือกแข็ง และเนื้อแข็ง (เรดเลดี้ และขอนแก่น 80) 2) กลุ่มที่มีเปลือกแข็ง และเนื้อแข็งปานกลาง (เรดคาริเบียน และ ฮวนโกล) 3) กลุ่มที่เปลือกแข็งปานกลางและเนื้อแข็ง (ป่าก้านม่วง และป่าก้านเขียว) และ 4) กลุ่มที่เปลือกอ่อนและเนื้ออ่อน (ครั่งแดง) ในระยะผลแต้มความแข็งของเปลือกในมะละกอทุกสายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์ขอนแก่น 80 ยังคงมีความแข็งมากที่สุด (40.21 N) อย่างไรก็ดีเมื่อถึงระยะสุกพบว่ามะละกอกลุ่มที่ 1 และ 3 ค่าความแข็งแรงของเปลือก (31.10-

32.26 N) และเนื้อผล (17.99-19.60 N) ใกล้เคียงกัน โดยกลุ่มที่ 2 จะมีค่าความแข็งของเนื้อผลน้อยกว่าเล็กน้อย (12.10-15.76 N) มะละกอพันธุ์ครั่งแดงในกลุ่มที่ 4 พบว่ามีค่าความแข็งแรงของเปลือกและเนื้อผลน้อยที่สุดในทุกระยะการพัฒนาของผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดัง Table 1 โดยค่าที่แสดงคือค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบปัจจัยเดียว (One-Way ANOVA)โดยวิธี Duncan พบว่าสายพันธุ์ของมะละกอมีผลต่อความแน่นเนื้อในแต่ละระยะการพัฒนาของผลมะละกอ (ผลดิบ ผลแต้ม และผลสุก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพบว่าระยะผลแต้มมะละกอพันธุ์ขอนแก่น 80 มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดและอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับพันธุ์เรดเลดี้ และเมื่อเข้าสู่ระยะผลสุกมีการลดลงของความแน่นเนื้ออย่างมาก

หากพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการสุกที่ระยะผลแต้ม มะละกอทุกสายพันธุ์อ่อนตัวลงด้วยสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ยกเว้นในพันธุ์ขอนแก่น 80 ที่เปลือกอ่อนตัวลงเพียงเล็กน้อย (0.64%) และ พันธุ์ฮวนโกลที่เนื้อผลอ่อนตัวลงเพียงเล็กน้อย (0.72%) อย่างไรก็ดีเมื่อมะละกอพัฒนาจนถึงระยะผลสุกพบว่ามะละกอสายพันธุ์การค้าทั้ง 5 พันธุ์มีอัตราการอ่อนตัวลงที่ใกล้เคียงกัน และมะละกอพันธุ์ป่าทั้งสองพันธุ์ยังคงความแข็งแรงของเปลือก และเนื้อผล (Table 2)

Table 1 Peel and pulp firmness during papaya fruit maturation

	Peel firmness (N)			Pulp firmness (N)		
Cultivar	Mature	Colour break	ripen	Mature	Colour break	ripen
Red Lady	39.93±1.56	34.74±2.90	31.45±1.89	23.59±2.12	22.49±2.17	18.48±1.65
Konkhen 80	40.47±4.26	40.21±2.53	32.23±2.33	22.57±2.44	20.64±1.63	17.99±1.58
Red Caribbean	40.08±2.29	35.15±2.42	30.81±2.49	18.47±1.84	17.56±1.57	15.56±1.33
Huangold	41.51±3.77	35.78±2.21	31.55±1.65	18.92±2.73	18.79±2.31	15.76±2.24
Wild papaya-green	36.06±3.07	33.52±3.95	32.26±2.92	21.00±2.62	20.05±2.17	19.60±2.55
Wild papaya-purple	34.24±3.04	33.81±3.04	31.10±3.71	21.52±2.68	21.07±2.75	18.61±3.56
Krung-red	31.07±2.19	27.32±3.60	24.16±3.20	15.17±1.84	13.98±1.29	12.10±1.09

Table 2 Percent reduction of the peel and pulp firmness of papaya fruits during maturation stage. The peel and pulp firmness at mature stage is considered as 100%

Group	Cultivar	Peel firmness		Pulp firmness	
		Colour break (%)	Ripening (%)	Colour break (%)	Ripening (%)
1	Red Caribbean	12.31	23.12	4.89	15.73
	Huangold	13.80	24.00	0.72	16.72
	Krung-red	12.07	22.26	7.84	20.25
	Konkhen 80	0.64	20.35	8.58	20.28
	Red Lady	13.00	21.25	4.68	21.69
2	Wild papaya-green	7.03	10.54	4.52	6.66
	Wild papaya-purple	1.27	12.08	2.05	13.50

วิจารณ์ผล

มะละกอที่นำมาศึกษามีค่าความแข็งแรงของเปลือก และความแน่นเนื้อของเนื้อผลที่แตกต่างกัน น่าจะเป็นผลจากองค์ประกอบของเปลือกและเนื้อผลที่แตกต่างกัน ร่วมถึงอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำ และการสร้างเอทธิลีน Paull *et al.* (1997) ในระยะผลดิบและผลแต้มพบว่ามะละกอพันธุ์ขอนแก่น 80 และพันธุ์เรดเลดี้ มีความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลสูงที่สุด และในระยะผลสุกมะละกอพันธุ์ป่าก้านม่วง และพันธุ์ป่าก้านเขียว มีความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลสูงที่สุด (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียวโดยวิธี Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อคิดจากค่าความแน่นเนื้อรวมของทั้งเปลือกและผล

ความเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของเปลือกมีเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลในมะละกอทุกสายพันธุ์ โดยมะละกอพันธุ์ป่าก้านม่วงและก้านเขียวเป็นพันธุ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลน้อยที่สุด ในขณะที่สายพันธุ์ฮวนโกลมีความเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลมากที่สุด และพันธุ์ขอนแก่น 80 มีความเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงของเปลือกมากที่สุด (Table 2) การอ่อนนุ่มของผลมะละกอแต่ละสายพันธุ์อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบของผนังเซลล์ที่มีอยู่แตกต่างกันตั้งแต่ต้น หรือชนิดและปริมาณเอนไซม์ที่มาย่อยสลายก็แตกต่างกัน (จริงแท้, 2550) แม้ว่าทั้ง Paull *et al.* (1999) และ Sanudo-Barajas *et al.* (2009) พบว่าการลดลงของเพคตินในผลมะละกอพันธุ์ซันเซทโซโล และมาราดอล ทำให้เกิดการลดลงของความแน่นเนื้อ แต่องค์ประกอบอื่นๆ เช่น ชนิดของน้ำตาล ที่พบในผนังเซลล์มีความแตกต่างกัน ซึ่งน่าจะส่งผลต่อโครงสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ และความแน่นเนื้อของผลมะละกอให้มีความแตกต่างกัน และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การสุก แตกต่างกัน

สรุป

ความแน่นเนื้อของผลเป็นคุณลักษณะสำคัญของมะละกอที่มีผลต่อการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างการสุกแก่ของผลชี้ให้เห็นว่าความแข็งแรงของเปลือกและความแน่นเนื้อของผลมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างพันธุ์มะละกอ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นประโยชน์ต่อการขนส่งและการเก็บรักษา ตลอดจนถึงเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์มะละกอได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษากระทรวงศึกษาธิการ และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่สนับสนุน สถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม. 453 หน้า.

Paull, R.E., W. Nishijima, M. Reyes and C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). Postharvest Biology and Technology 11: 165-179.

Paull, R.E., K. Gross and Y. Qui. 1999. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. Postharvest Biology and Technology 16: 79-89.

Sanudo-Barajas, J.A., J. Labavitch, C. Greve, T. Osuna-Enciso, D. Muy-Rangel and J. Siller-Cepeda. 2009. Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. Postharvest Biology and Technology 52: 158-167.