Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 669-672 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 669-672 (2554)

ผลของความแปรปรวนของอุณหภูมิการเก็บและบรรจุภัณฑ์เชิงพาณิชย์ต่อสารระเหยของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค

Effect of temperature fluctuations and commercial package on volatile compounds of fresh-cut ripe 'Pluk Mai Lie' papaya

ภูวนาท ฟักเกตุ[1] เฉลิมชัย วงษ์อารี[2,3] สมโภชน์ น้อยจินดา[4] และ ศิริชัย กัลยาณรัตน์[2,3]

Puwanart Fuggate[1], Chalermchai Wongs-Aree[2,3], Sompoch Noichinda[4] and Sirichai Kanlayanarat[2,3]

Abstract

Fluctuation of storage temperature of fresh-cut produce during the distribution chain starting from transportation to supermarkets may affect the quality and the aroma volatile components. In the present study, volatile compounds of a fresh-cut ripe 'Pluk Mai Lie' papaya (*Carica papaya* L.) stored under simulated fluctuating temperature were monitored using headspace solid phase microextraction/gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME/GC-MS). Fresh-cut ripe papaya were laid on polyethylene terephthalate (PET) semi-rigid packages and sealed with 38 µm P-Plus films. The gas transmission rates of the film were; 1,270 cc/m^2/day for O_2 and 4,200 cc/m^2/day for CO_2, at 23ºC when it was 4.23 g/m^2/day at 38ºC with 90% relative humidity for the water vapor transmission rate. The fruit cubes were stored for 7 days at different conditions of 5ºC, 5-10ºC (5ºC for 2 days interval, then transferred to 10ºC for 5 days), 10ºC (shelf temperature) and 25ºC. Ethyl butanoate and benzyl isothiocyanate were the most abundant volatiles regardless of the packaging atmosphere and days of storage. Those of straight chain ester such as methyl butanoate and ethyl butanoate were the most prominent compounds when the fruit cubes were stored under high temperature. Among the esters, ethyl butanoate probably linked with the physiologically senescent processes of the fresh-cut ripe papaya. Furthermore, fresh-cut ripe papaya stored at 5ºC retained marketable quality for up to 7 days.

Keywords: storage temperature, aroma volatile, fresh-cut papaya, polyethylene terephthalate

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผลิตผลสดตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการกระจายสินค้าตั้งแต่การขนส่งไปจนถึงการวางขายในซุปเปอร์มาเก็ตอาจส่งผลต่อคุณภาพและสารหอมระเหยของผลิตผล งานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบสารระเหยของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายสุกตัดแต่งเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปรในระหว่างการจำลองการเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิที่แปรปรวน โดยใช้เทคนิคเฮดเสปซโซลิดเฟส ไมโครแอกเทคชัน/แก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปคโตรเมทรี โดยนำชิ้นมะละกอบรรจุลงในถาดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตรูปทรงกึ่งแข็งตัว และปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด P-Plus ความหนา 38 ไมโครเมตร ที่มีอัตราการซึมผ่านแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 1,270 และ 4,200 มล/ม^2/วัน ที่อุณหภูมิ 23ºซ และมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ เท่ากับ 4.23 กรัม/ม^2/วัน ที่อุณหภูมิ 38ºซ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 5-10 (เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5ºซ เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10ºซ อีก 5 วัน), 10 และ 25º ซ เป็นเวลา 7 วัน ผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมี ethyl butanoate และ isothiocyanate เป็นสารระเหยที่พบมากที่สุด โดยไม่ขึ้นกับปัจจัยสภาพบรรยากาศการบรรจุและจำนวนวันของการเก็บรักษา แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงพบว่ามีเอสเทอร์สายตรง คือ methyl butanoate และ ethyl butanoate เด่นชัดที่สุด โดย ethyl butanoate อาจมีความสัมพันธ์กันกับกระบวนการเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาของมะละกอสุกตัดแต่ง การเก็บมะละกอสุกตัดแต่งที่อุณหภูมิ 5ºซ สามารถรักษาคุณภาพการยอมรับของตลาดได้นานถึง 7 วัน

คำสำคัญ: อุณหภูมิการเก็บรักษา, สารระเหย, มะละกอตัดแต่ง, พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต

---

[1] ที่อยู่ปัจจุบัน: สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการผลิตผลเกษตรและการบรรจุ สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เชียงราย 57100

[1] Current address: Technology Management of Agricultural Produces and Packaging Program, School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University, Chiang Rai 57100

[2] หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10150

[2] Postharvest Technology Program, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

[3] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[3] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400

[4] ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

[4] Department of Agro-Industrial Technology Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok 10800

คำนำ

มะละกอเป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง นำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งในลักษณะบริโภคผลสดและการแปรรูป เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 มีการนำมะละกอสายพันธุ์ใหม่มาปลูกในประเทศไทย ซึ่งได้นำเมล็ดพันธุ์มาจากประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยใช้ชื่อว่าพันธุ์ปลักไม้ลาย มีลักษณะผลรูปทรงกระบอก น้ำหนักผลประมาณ 800-2,000 กรัม เนื้อสีส้มแดง เนื้อหนาและแน่น ไม่เละ มีรสหวาน (ชูชาติ, 2548) และมีกลิ่นของมะละกอน้อยกว่ามะละกอพันธุ์อื่นๆ (Fuggate et al., 2010) ปัจจุบันผลไม้หั่นชิ้นพร้อมบริโภค ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและมีปริมาณการบริโภคเพิ่มขึ้น (Rattanapanone et al., 2000) แต่ผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเซลล์ของผลิตผลได้รับความเสียหายจากกระบวนการแปรรูป อีกทั้งยังง่ายต่อการเข้าทำลายหรือปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการสูญเสียรสชาติ เกิดกลิ่นผิดปกติ และการเปลี่ยนแปลงของสี (Wiley, 1994) แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้หลายวิธี และวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมคือ การบรรจุในสภาพบรรยากาศดัดแปร (modified atmosphere packaging, MAP) ร่วมกับการใช้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งสามารถชะลอการเสื่อมเสียสภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผักผลไม้ตัดแต่งได้ (Agar et al.,1999) อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาผลไม้ตัดแต่งในสภาพบรรยากาศดัดแปรนั้น ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบคือ การเกิดกลิ่นรสผิดปกติ มักเกิดจากอุณหภูมิและสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษาไม่เหมาะสม (Toivonen, 1997) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและจำลองระดับอุณหภูมิต่างๆ ในระหว่างการขนส่งตลอดจนถึงการวางจำหน่าย ร่วมกับการใช้ภาชนะบรรจุที่ใช้ในทางการค้าต่อการเปลี่ยนแปลงสารระเหยของมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายจากแปลงปลูกของเกษตรกรในจังหวัดนครปฐม อายุประมาณ 95 วันหลังการผสมเกสร (ระยะสุกหนึ่งในสี่ผล) มาล้างในสารละลายคลอรีนเข้มข้น 200 ppm เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำมาปอกเปลือกและคว้านเมล็ดออก แล้วหั่นให้มีลักษณะเป็นลูกเต๋าขนาด 2-3×3×3 cm โดยปฏิบัติภายใต้อุณหภูมิ 10-13°C นำชิ้นมะละกอสุกน้ำหนักประมาณ 280 กรัม บรรจุในถาดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตรูปทรงกึ่งแข็งตัว ขนาด 12.5×17×3.5 cm ปิดผนึกด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด P-Plus ความหนา 38 µm ที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 1,270 และ 4,200 cc/m^2/day ที่อุณหภูมิ 23ºC และมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ เท่ากับ 4.23 g/m^2/day ที่อุณหภูมิ 38ºC ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 5-10 (เก็บที่อุณหภูมิ 5ºC เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10ºC อีก 5 วัน), 10 และ 25ºC เป็นเวลา 7 วัน วิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารระเหยในเนื้อมะละกอตัดแต่งโดยใช้เทคนิค headspace solid phase microextraction (HS-SPME) โดยนำเนื้อในส่วน mesocarp 5 กรัม บดเนื้อให้ละเอียดและเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป 1 กรัม แล้วใส่ขวด headspace vial ขนาด 20 ml ปิดฝาแล้วนำไปให้ความร้อน อุณหภูมิ 40ºC ในอ่างควบคุมอุณหภูมิร่วมกับการกวน เป็นระยะเวลา 30 นาที พร้อมทั้งดูดซับสารระเหยด้วยไฟเบอร์ชนิด 65 µm polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB) และวิเคราะห์สารระเหยภายในบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารระเหยง่ายโดยใช้เครื่อง GC (Model 6850, Agilent Technologies) ซึ่งต่อกับ mass selective detector (Agilent Technologies 5973 MSD) โดยใช้คอลัมน์แคปิลลารีชนิด HP-5MS, 5% phenylmethylsiloxane ขนาด 0.25 mm × 30 m × 0.25 µm โดยปรับสภาวะของเครื่อง GC ให้ injection port มีอุณหภูมิ 200ºC ในระบบ splitless mode อุณหภูมิ oven เริ่มต้น 50ºC คงที่นาน 1 นาที และเพิ่มขึ้นเป็น 120ºC ด้วยอัตรา 5ºC/min หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 250ºC ด้วยอัตรา 10ºC/min ใช้ก๊าซฮีเลียมความบริสุทธิ์ 99.99% เป็นตัวพา (carrier gas) โดยมีอัตราการไหล 2 mm/min ความดัน 15.9 psi สำหรับชนิดของสารระเหยเปรียบเทียบกับ mass spectrum กับฐานข้อมูล NIST98 Library และเปรียบเทียบค่า retention index (RI) ส่วนปริมาณสารระเหยคำนวณโดยใช้ ChemStation software version D.02.00 (Agilent Technologies) โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design แต่ละชุดการทดลองมี 4 ซ้ำ และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผล

เมื่อนำก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ในวันแรกของการเก็บรักษามาวิเคราะห์หาสารประกอบที่ระเหยง่ายและให้กลิ่นรสในเนื้อมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภค พบสารระเหยทั้งหมด 17 ชนิด (Table 1) โดยส่วนใหญ่เป็นสารประกอบในกลุ่มไฮโดรคาร์บอน เอสเทอร์ แอลกอฮอล์ และคีโทน สำหรับการพิจารณาสารระเหยให้กลิ่นสำคัญในมะละกอตัดแต่งพร้อมบริโภคนั้น พิจารณาจากคำบรรยายคุณลักษณะกลิ่นซึ่งได้จากงานวิจัยที่มีมาก่อน (Flath and Forrey, 1977; MacLeod and

Pieris, 1983; Idstein and Schreier, 1985; Morales and Duque, 1987; Flath et al., 1990; Almora et al., 2004) และฐานข้อมูลด้านกลิ่นรส (Leffingwell, 2004) ซึ่งเพื่อพิจารณาจากข้อมูลข้างต้น พบว่าสารระเหยให้กลิ่นสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ benzyl isothiocyanate, limonene, 2-ethyl-1-hexanol, 6-methyl-5-hepten-2-one, methyl butanoate และ ethyl butanoate สารระเหยให้กลิ่นสำคัญในมะละกอนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Fuggate et al. (2010) ซึ่งได้ศึกษาสารให้กลิ่นสำคัญในเนื้อมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายในระหว่างการสุก หลังจากนำเนื้อมะละกอตัดแต่งมาเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสารระเหยที่พบในมะละกอตัดแต่งมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมะละกอตัดแต่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 5-10ºC มีปริมาณสารระเหยลดลงมากกว่ามะละกอตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 25ºC ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) (Table 2) Bai et al. (20 02) รายงานการเก็บรักษาแตงพันธุ์ฮันนี่ดิวตัดแต่งโดยใช้สภาพบรรยากาศดัดแปร คือ 5 kPa O_2 + 5 kPa CO_2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5ºC เป็นเวลา 10 วัน ทำให้สารระเหยที่มีความสัมพันธ์กับกลิ่นของแตงพันธุ์ฮันนี่ดิวลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาพดังกล่าวที่มีปริมาณ CO_2 สูง จะเกิดการยับยั้งบางขั้นตอนของกระบวนการหายใจ ทำให้มีการผลิตเอสเทอร์ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าตั้งแต่วันที่ 4 ของการเก็บรักษา ไม่สามารถตรวจพบสารระเหย limonene ได้ด้วย gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษามะละกอตัดแต่งในสภาพบรรยากาศดัดแปรร่วมกับอุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการสูญเสียสารระเหยให้กลิ่นสำคัญ นอกจากนี้ในสภาวะดังกล่าวมีปริมาณ O_2 ต่ำ ทำให้เอนไซม์ที่ใช้ในการสร้างหรือสังเคราะห์มอโนเทอร์ปีนลดลง (Harb et al., 2008) สำหรับสารระเหย 6-methyl-5-hepten-2-one ซึ่งเป็นสารประกอบที่ได้จากการสลายตัวของไลโคปีน และ 2-ethyl-1-hexanol ไม่สามารถตรวจพบภายในบรรจุภัณฑ์ได้เลย แต่พบเฉพาะในเนื้อของมะละกอสุกเมื่อสกัดด้วยการให้ความร้อนเท่านั้น

Table 1 Volatile compounds recovered in fresh-cut ripe 'Pluk Mai Lie' papaya samples via solid phase microextraction / gas chromatography-mass spectrometry (SPME/GC-MS).

Peak no.	Compound[a]	RT (min)	OTV (ppb)[b]	Peak area (%)	Odor description[c]
1	1,3,5-cycloheptatriene	2.65		0.64	
2	methyl butanoate	3.33	60-76	0.97	Sweet, ethereal fruity odor; apple-like taste
3	ethyl butanoate	4.19	1	0.60	Ethereal, fruity odor; buttery, ripe fruit note
4	6-methyl-5-hepten-2-one	7.25	50	4.20	Sweet, floral, tomato-like
5	limonene	8.21	10	6.20	Fresh, sweet, hydrocarbon and orange citrus odor
6	2-ethyl-1-hexanol	8.46	270,000	5.29	Sweet, oily, weak rose odor: fatty floral taste
7	3-methyl-1,2-cyclopentanediol	10.05		0.96	
8	4-methyl-3-pentenal	10.96		0.87	
9	2,3-dihydrofuran	12.63		0.93	
10	3,5-dimethyl-1-hexylpyrazole	12.79		6.63	
11	2,5-dimethylpyrroline	16.62		2.67	
12	N-methylallylamine	18.05		0.40	
13	benzyl isothiocyanate	19.24	35	50.03	Pungent, hot vegetative, radish heradish-cress like
14	2-(aminooxy)acetic acid	19.41		0.39	
15	4-methyloctane	19.46		0.63	
16	cyclohexanemethylamine	23.14		0.85	
17	butylated hydroxytoluene	23.81		17.75	

[a]Volatile compounds identified. No standard available but the MS is consistent with published data in the MS database (NIST, 1998).

[b]Odor threshold values (OTV; in water) reported by Leffingwell (2004).

[c]Odor descriptions obtained from Leffingwell (2004).

Table 2 Relative concentrations (ppb) selected volatile compounds of fresh-cut ripe papaya during storage at 5, 5-10, 10 and 25ºC for 7 days.

Compounds	Fresh	Concentration (ppb)[a]							
		Day 3 (P-Plus film)				Day 7 (P-Plus film)			
		5	5-10	10	25	5	5-10	10	25
methyl butanoate	231.42a	32.02f	58.65de	63.78d	92.16b	45.27e	76.35cd	82.74c	-[b]
ethyl butanoate	85.16a	21.58e	29.65de	35.28cd	67.03b	25.68de	42.85d	51.35c	-
6-methyl-5-hepten-2-one	12.58	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
limonene	36.25a	3.27d	12.56bc	9.83c	15.47b	nd	nd	nd	-
2-ethyl-1-hexanol	18.63	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-
benzyl isothiocyanate	24.07a	5.53cd	3.62d	7.38c	18.73b	2.85d	5.21cd	4.68cd	-

[a] Sampling from the packages was done, so was from the standard to estimate the actual production of the targeted compounds regardless of the sensitivity of the detection system.

[b] Not data (unacceptable or/and off-odors).

nd = not detected

Values within the same row followed by the same superscript letter indicate that mean values are not significantly different by Duncan's multiple-range test ($p < 0.05$).

สรุปผลการทดลอง

สารระเหย benzyl isothiocyanate เป็นสารระเหยที่พบมากที่สุด โดยไม่ขึ้นกับปัจจัยสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์และจำนวนวันของการเก็บรักษา และพบเอสเทอร์สายตรง methyl butanoate และ ethyl butanoate เด่นชัดที่สุด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง มะละกอสุกตัดแต่งสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5ºC โดยมีคุณภาพการยอมรับของตลาดได้นานถึง 7 วัน

เอกสารอ้างอิง

ชูชาติ แก้วเก่า. 2548. มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย อนาคตสดใส ผู้ปลูกสบายใจ รายได้ตลอดปี. เทคโนโลยีชาวบ้าน 17(361): 45-46.

Agar, I. T., R. Massantini, B. H. Pierce and A. A. Kader. 1999. Postharvest CO_2 and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. J. Food Sci. 64: 433-440.

Almora, K., J. A. Pino, M. Hernandez, C. Duarte, J. Gonzalez and E. Roncal. 2004. Evaluation of volatiles from ripening papaya (*Carica papaya* L., Maradol Roja). Food Chem. 86: 127-130.

Bai, J., R. A. Saftner and A. E. Watada. 2003. Characteristics of fresh-cut honeydew (*Cucumis melo* L.) available to processors in winter and summer and its quality maintenance by modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Technol. 28: 349-359.

Flath, R. A. and R. R. Forrey. 1977. Volatile components of papaya (*Carica papaya* L., Solo variety). J. Agric. Food Chem. 25: 103-109.

Flath, R. A., D. M. Light, E. B. Jang, T. R. Mon and J. O. John. 1990. Headspace examination of volatile emissions form ripening papaya (*Carica papaya* L., Solo variety). J. Agric. Food Chem. 38: 1060-1063.

Fuggate, P., C. Wongs-Aree, S. Noichinda and S. Kanlayanarat. 2010. Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk Mai Lie' papaya during fruit ripening. Sci Hortic. 126: 120-129.

Harb, J., R. Bisharat and J. Streif. 2008. Changes in volatile constituents of blackcurrants (*Ribes nigrum* L. cv.'Titania') following controlled atmosphere storage. Postharvest Biol. Technol. 47: 271-279.

Idstein, H., T. Keller, P. Schreier. 1985. Volatile constituents of mountain papaya (*Carica candamarcensis*, syn. C. pubescens Lenne et Koch) fruit. J. Agric. Food Chem. 33: 666-672.

Leffingwell, J. C. 2004. Flavor-Base Database, Version Date July 1, 2004.

MacLeod, A. J. and N. M. Pieris, 1983. Volatile components of papaya (*Carica papaya* L.) with particular reference to glucosinolate products. J. Agric. Food Chem. 31: 1005-1008.

Morales, A. and C. Duque. 1987. Aroma constituents of the fruit of the mountain papaya (*Carica pubescens*) from Colombia. J. Agric. Food Chem. 35: 538-540.

Rattanapanone, N., C. Chongsawat and S. Chaiteep. 2000. Fresh-cut Fruits in Thailand. HortSci. 35: 1-4.

Toivonen, P. M. A. 1997. Non-ethylene, non-respiratory volatiles in harvested fruits and vegetables: their occurrence, biological activity and control. Postharvest Biol. Technol. 12: 109-125.

Wiley, R. C. 1994. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables In: Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. R.C. Weley (Ed.) Chapman & Hall Inc. USA. pp. 1-14.