

PERUBAHAN KOMPOSISI KOMPONEN VOLATIL DAGING BUAH MANGGA "KENSINGTON PRIDE" SELAMA PEMASAKAN

[Changes in Volatile Compound Composition of "Kensington Pride"
Mango Pulp During Fruit Ripening]

Herianus J.D. Lalel ¹⁾

¹⁾ Staf Fakultas Pertanian, UNDANA, Penfui Kupang 85001

Diterima 28 Februari 2003/Disetujui 11 Agustus 2003

ABSTRACT

Volatile compounds of 'Kensington Pride' mango produced from the pulp during fruit ripening were studied using headspace solid-phase microextraction (SPME) as a sampling method and gas chromatography with a flame ionisation detector (GC-FID) and gas chromatography mass spectrophotometry (GC-MS) for analysis. Ethylene production and respiration reached a peak on the second and third day of ripening, respectively. Seventy-eight volatile compounds were identified from the pulp of 'Kensington Pride' mango; however, only 73 volatile compounds were present in notable amount. The most abundant group of volatile compounds was monoterpenes, accounting for about 44% of the total identified compounds, followed by sesquiterpenes (19%), aldehydes (11%), esters (10%), aromatics (8%), alcohol (2%), ketones (2%), alkanes (1%) and norisoprenoid (1%). α -Terpinolene was the major compound during ripening. Except for β -pinene, 3,7-dimethyl-1,3,7-octatriene, 4-methyl-1 (1-methylethylidene)-cyclohexene, p-mentha-1,5,8-triene, alocimene, the concentration of all other monoterpenes increased for the first six or eight days and decreased afterwards. All sesquiterpenes, p-cymene, p-cymen-9-ol, 2-ethyl-1,4-dimethyl benzene also increased during ripening and peaked on day four, six or eight of ripening. Ketones, aldehydes alkane and cis-3-hexenol, on the other hand, decreased during ripening. Ethanol, esters and norisoprenoid increased quite sharply at the end of ripening period.

Key words : Manggo, aromatic, ripening

PENDAHULUAN

Buah mangga (*Mangifera indica* L) merupakan salah satu buah tropis penting karena nilai gizi, rasa dan aroma yang khas yang dimilikinya. Pembentukan aroma khas pada buah mangga terjadi selama pemasakan buah yang juga disertai peningkatan produksi etilen, laju respirasi, pelembehan (*softening*), perubahan warna, karbohidrat, asam-asam organik dan lipida (Gomez-Lim, 1997; Lalel et al., 2003a).

Aroma buah mangga sangat bervariasi tergantung varietas (Bartley and Schwede, 1987; MacLeod et al., 1988; Shibamoto and Tang, 1990), tingkat penenuaan (Lalel et al., 2003b), penyimpanan (MacLeod and Synder, 1988; Bender et al., 2000) dan proses pengolahan (Hunter et al., 1974; Olle et al., 1997).

Lebih dari 270 senyawa volatil yang bertanggung jawab terhadap aroma buah mangga telah dilaporkan (Bartley and Schwede, 1987; MacLeod et al., 1988; Shibamoto and Tang, 1990; Lalel et al., 2003 a). Monoterpen dan sesquiterpen merupakan senyawa utama dari aroma mango yang meliputi 70-90% dari total senyawa volatile yang teridentifikasi pada setiap varietas (Winterhalter, 1991).

'Kensington Pride', merupakan varietas mangga utama di Australia yang telah memiliki pangsa pasar yang besar di Singapura, Jepang dan Eropa karena memiliki aroma yang khas. Varietas mangga ini telah diintroduksi ke Kupang, Nusa Tenggara Timur (NTT) semenjak tahun 1990-an dan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai komoditi ekspor.

Profil senyawa volatil dari buah mangga 'Kensington Pride' telah dilaporkan yang mana monoterpen meliputi hampir 49% dari total senyawa volatil dengan α -terpinolene sebagai senyawa utamanya (26%) (MacLeod et al., 1988). Walaupun demikian, belum ada laporan yang lengkap tentang perubahan komposisi senyawa volatil buah mangga 'Kensington Pride' selama pemasakan secara kuantitatif. Perubahan komposisi senyawa volatil dari buah utuh mangga 'Kensington Prode' selama pemasakannya memang telah dilaporkan sebelumnya (Lalel et al., 2003a), namun hanya secara semi kuantitatif dan kelompok senyawa yang ditelaah hanya meliputi terpen dan ester. Untuk memperoleh pengetahuan yang lengkap tentang pembentukan aroma buah mangga perlu ditelaah kelompok volatil yang lain secara kuantitatif dari daging buah. Dalam tulisan ini, disajikan perubahan komposisi dari senyawa volatil yang teridentifikasi dan yang

didapat dalam jumlah yang dapat dihitung dari daging buah mangga 'Kensington Pride' selama pemasakan buah.

METODOLOGI

Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan adalah buah mangga 'Kensington Pride' yang sudah tua, namun masih keras dan kulit masih berwarna hijau sesuai kriteria pemanenan komersial (O'Hare, 1995) yang dipanen dari perkebunan mangga yang berlokasi di Chittering (116°05'E, 31°25'S), Australia Barat pada minggu ketiga bulan Maret 2001. Pada saat panen, rata-rata produksi etilen adalah 1.11 ± 0.46 nmol.kg⁻¹.h⁻¹ dan tingkat kekerasan sebesar 115.12 ± 9.88 N. Sebelumnya buah mangga dicelupkan selama 2 menit dalam larutan fungisida (Sportak 0.55 mL/L), dibiarkan kering, kemudian dipak dan dibawa ke Perth dengan truk pendingin (13°C) untuk penelitian.

Bahan-bahan kimia berupa standard senyawa aroma, termasuk α -pinene, β -pinene, myrcene, car-2-ene, α -phellandrene, car-3-ene, α -terpinene, p-cymene, limonene, γ -terpinene, α -terpinolene, L-linalool, α -terpineol, decanal, decanol, asam decanoat, α -copaene, tetradecanal, α -gurjunene, trans-caryophyllene, aromadendrene, α -humulene, alloaromadendrene, γ -gurjunene, β -ionene, ledene, ethyl laurate, methyl tetradecanoate, asam tetradecanoat, asam acetat isobutyl acetate, ethyl butyrate, ethyl hexanoate, ethyl n-heptanoate, methyl octanoate, ethyl-octanoate, ethyl caprylate serta seri normal alkana (C6-C22) dibeli dari Sigma-Aldrich (Castle Hill, NSW, Australia), sedangkan γ -dodecalactone dibeli dari Bronsin and Jacobs (Homebush Bay, NSW, Australia).

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *infrared gas analyser* (Servomex Series 1400, Sussex, England), GC (Varian Series Star 3400 CX, Walnut Creek, CA, USA dan Hewlett Packard 5890 Series, USA), Alat SPME (Supelco Co., Bellefonte, PA, USA), GC-MS (GC, Hewlett Packard 5890 series II dan MS detector, Hewlett Packard 5971 series, USA).

Metode penelitian

Pemasakan buah

Enam puluh buah mangga yang baru dipetik dari perkebunan (2 jam perjalanan) langsung dibiarkan masak pada kondisi ruang (suhu $21 \pm 1^\circ\text{C}$) selama 10 hari (hingga masak optimum) yang berarti waktu dari buah dipanen hingga masak adalah 10 hari. Laju respirasi dan produksi etilen dari buah diukur setiap hari selama pemasakan buah,

sedangkan analisis senyawa volatil beraroma dianalisis setiap 2 hari. Setiap pengamatan diambil dari enam buah mangga (3 ulangan dan 2 buah per ulangan).

Pengukuran laju respirasi dan produksi etilen

Dari buah mangga dari setiap ulangan secara acak diambil untuk diukur laju respirasi dan produksi etilen (Lalel et al., 2003a). Pengukuran CO₂ dilakukan dengan menggunakan *infrared gas analyser* (Servomex Series 1400, Sussex, England) dan laju respirasi dinyatakan dalam mmol.kg⁻¹.h⁻¹. Pengukuran etilen dilakukan dengan menggunakan gas chromatography (Varian series Star 3400 CX, Walnut Creek, CA, USA) yang dilengkapi dengan flame ionisation detector (FID) sedangkan kolom yang digunakan adalah Porapak-Q dengan panjang 2 m (0.618 inch, 80/10 mesh). *Carrier gas* yang digunakan adalah nitrogen dengan *head pressure* sebesar 30 psi. Suhu kolom dipertahankan pada 100°C (isothermal) dan suhu detektor sebesar 150°C. Produksi etilen dihitung dari setiap sampel dan dinyatakan dalam nmol.kg⁻¹.h⁻¹.

Analisis senyawa volatil

Analisis senyawa volatil dilakukan berdasarkan metode Lalel et al., (2003b). Sampel berupa 20 g daging buah mangga (dua buah per ulangan) dihomogenasi dengan 50 mL NaCl jenuh. Tujuh mL sampel yang terhomogenasi dimasukkan ke dalam 25 mL vial yang dilengkapi dengan tutup teflon untuk selanjutnya *headspace* yang mengandung senyawa volatil diabsorpsi dengan menggunakan peralatan SPME. Sebelumnya, kedalam vial dimasukkan satu microliter internal standard mixture (0.1 ppm methyl hecanoate, 0.1 ppm tridecane dan 0.1 ppm hexadecane). Alat SPME (Supelco Co., Bellefonte, PA, USA) yang digunakan dilengkapi dengan fused-silica fibre yang dilapisi dengan 100 μm polydimethyl siloxane. Fiber dimasukkan ke dalam vial melalui septum, dan dibiarkan dalam *headspace* vial selama 30 minute. Suhu homogenat dipertahankan 60°C dan distirer secara kontinyu dengan kecepatan tetap.

Senyawa-senyawa volatil yang diabsorpsi melalui partisi pada fiber SPME selanjutnya dilepaskan dengan memanaskan fiber ke dalam *injector* dari GC (Hewlett Packard 5890 series atau Hewlett Packard 5890 series II, USA) bersuhu 240°C selama 10 menit, pada posisi splitless. Kolom yang digunakan untuk pemisahan adalah kolom kapiler DB5MS (50 m x 0.2 mm id., 0.33 μm film thickness; J & W Scientific, Folsom, CA, USA). Temperature kolom diatur mulai 50°C selama 3 menit, meningkat ke 190°C dengan kecepatan 3°C/min kemudian meningkat ke 250°C dengan kecepatan 5°C/min yang kemudian dipertahankan selama 6 menit.

Identifikasi senyawa volatil dilakukan dengan menggunakan GC-MS (MS, Hewlett Packard 5971 series, USA) dengan *matching* spectrum masa senyawa dengan WILE275.L library dan standard yang tersedia serta membandingkan *linear retention index* senyawa dan pustaka (Adams, 1995). Kuantitas dilakukan dengan menggunakan GC-FID (temperature FID diatur pada 290°C) dan perhitungan didasarkan atas kurva standard (standard eksternal dan standard internal) (secara terperinci dijelaskan dalam Lalel et al., 2003b).

Analisis statistik

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dengan menggunakan Genstat 5 release 4.1 (Lawes Agricultural trust, Rothamsted Experimental Station, U.K) untuk melihat pengaruh perbedaan waktu pemasakan buah terhadap konsentrasi senyawa volatil. Uji lanjut yang digunakan adalah *Least Significant differences* (Fisher's protected LSD) yang dihitung pada tingkat $P=0.05$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi etilen dan laju respirasi buah

Produksi etilen dan laju respirasi selama pemasakan buah menunjukkan pola umum dari buah-buah klimakterik (Gambar 1). Produksi etilen meningkat dan mencapai puncaknya ($18.92 \text{ nmol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) pada hari kedua setelah itu menurun. Sama halnya dengan etilen, laju respirasi meningkat dan nilai tertinggi ($4.38 \text{ mol.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) tercapai pada hari ketiga yang selanjutnya mengalami penurunan. Pada hari ketiga buah belum masak dan proses pemasakan buah masih terus berlangsung. Matang optimum dari buah mangga baru dicapai pada hari ke 10. Hal ini sama seperti yang dilaporkan sebelumnya bahwa mangga 'Kensington Pride' yang dipanen pada tingkat tua namun masih keras dan hijau mengalami matang optimum pada hari ke-8 hingga 10 (O'Hare, 1995).

Peningkatan produksi etilen pada tahap awal pemasakan buah seperti terlihat pada Gambar 1 merupakan ciri khas buah klimakterik yang sangat dibutuhkan untuk menginduksi berbagai proses metabolisme pemasakan buah (McMurchie et al., 1972) di antaranya meningkatkan respirasi dalam rangka penyediaan energi dan rangka karbon bagi berbagai proses anabolisme (Tucker, 1993). Biosintesis senyawa-senyawa volatil utama dari buah mangga bahkan secara nyata diinduksi oleh etilen (Lalel et al., 2003c).

Senyawa volatil

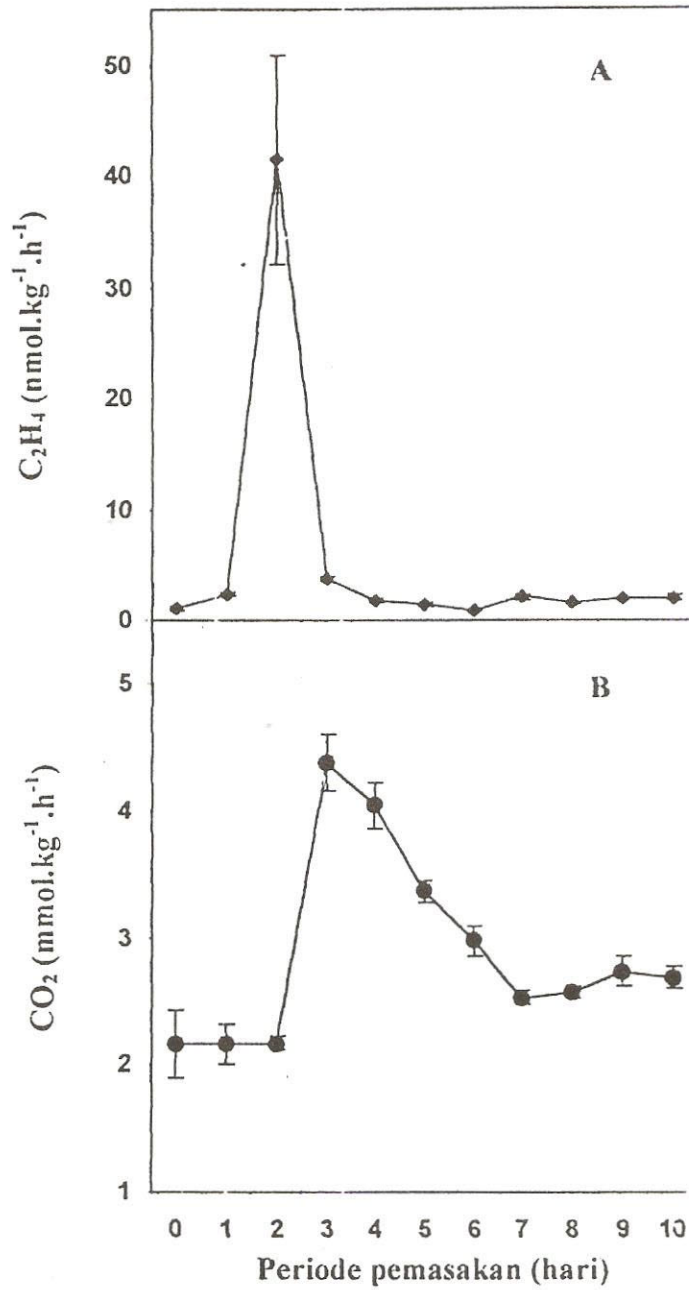
Senyawa-senyawa volatil yang diekstrak dari daging buah mangga 'Kensington Pride' yang berhasil

diidentifikasi berjumlah 78 namun hanya 73 senyawa yang dijumpai dalam jumlah yang dapat dikuantifikasi (Tabel 1-5). Monoterpen merupakan kelompok senyawa yang paling banyak ditemukan meliputi 44% dari total senyawa yang teridentifikasi diikuti oleh sesquiterpen (19%), aldehid (11%), ester (10%), aromatik (8%), alkohol (2%), keton (2%), alkana (1%) dan norisoprenoid (1%). Dalam hal konsentrasi, didapati monoterpen juga yang merupakan kelompok senyawa terbanyak selama masa pemasakan buah (Gambar 2). Hal ini pula yang menyebabkan pola produksi total volatil mengikuti pola monoterpen (Gambar 2). Telah dilaporkan sebelum bahwa monoterpen merupakan kelompok senyawa yang mendominasi senyawa volatil yang bertanggung jawab terhadap aroma dari kebanyakan varietas mangga (Winterhalter, 1991) termasuk 'Kensington Pride' (Bartley dan Schwede, 1987; MacLeod et al., 1988; Lalel et al., 2003 a,b,c,d).

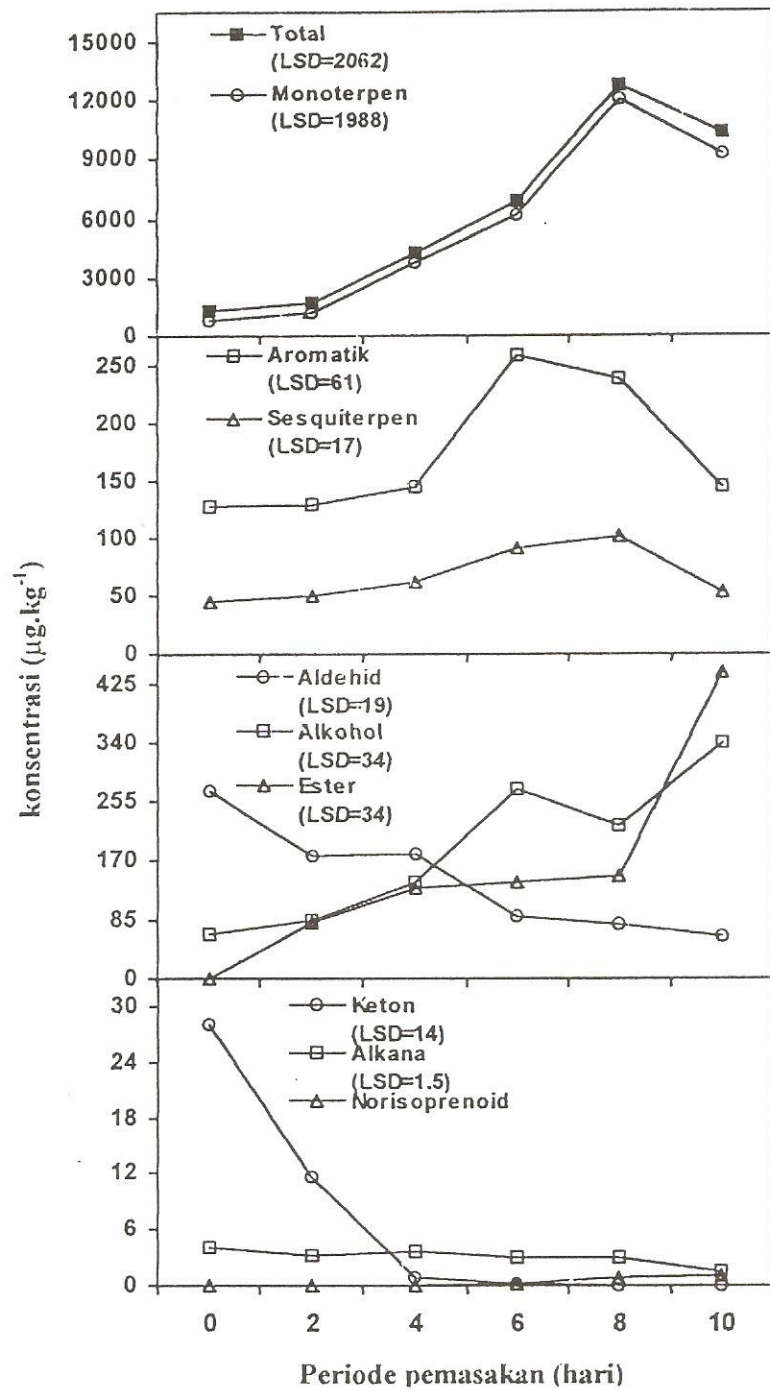
Monoterpen dan sesquiterpen

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, monoterpen sebagai kelompok senyawa yang paling banyak dalam jumlah dan konsentrasi jelas terlihat perubahan produksinya selama periode pemasakan buah sama dengan total volatil (Gambar 2). α -Pinene, myrcene, α -2-ene, α -phellandrene, α -3-3n3, α -terpinene, limonene, β -phellandrene, *cis*-ocimene, *trans*-ocimene, γ -terpinene, dihydromyrcenol, α -terpinolene, linalool dan terpine-4-ol yang meningkat selama pemasakan buah dan signifikan ($P \leq 0.05$) lebih tinggi pada hari ke 8 dibandingkan dengan hari lainnya (Tabel 1) merupakan senyawa-senyawa yang berkontribusi terhadap pola produksi monoterpen. Pada saat matang optimal (hari ke 10) produksi senyawa-senyawa ini mengalami penurunan. Pola produksi *p*-mentha-1,5,8-triene agak berbeda yang mana konsentrasi tertinggi signifikan ($P \leq 0.05$) dicapai pada hari ke-10 (matang optimal), sedangkan produksi (2-methylprop-1-enyl)-cyclohexa-1,5-dien, α -terpineol, β -cyclocytral, geranyl format dan α -terpenyl asetat mencapai puncak [signifikan ($P \leq 0.05$) tertinggi] pada hari ke-6. Hal ini berarti bahwa pada saat buah mangga mengalami matang optimal hanya sebagian kecil senyawa monoterpen yang produksinya mencapai optimum (tertinggi).

Sama halnya dengan monoterpen, total sesquiterpen meningkat selama pemasakan buah dan signifikan ($P \leq 0.05$) mencapai produksi tertinggi pada hari ke-8 yang kemudian menurun kembali (Gambar 2). Kecuali dehydroaromadendrene dan α -copaene, senyawa-senyawa sesquiterpen termasuk α -gurjunene, *trans*-caryophyllene, aromadendrene, α -humulene, alloaromadendrene, γ -gurjunene, ledene dan δ -cadinene mencapai puncak produksi pada hari ke-8 dari periode pemasakan buah (Tabel 2).



Gambar 1. Produksi ethylene (A) dan laju respirasi (B) buah mangga selama pemasakan pada suhu $21 \pm 1^\circ C$, garis vertikal pada setiap titik pengamatan adalah SD, n = 6



Gambar 2. Perubahan produksi total senyawa volatil, monoterpen, aromatic, sesquiterpen, aldehid, alcohol, ester, keton, alkana dan norisoprenoid dari daging buah selama pemasakan buah. LSD Pada $P = 0.05$, $n=3$ (ulangan)

Tabel 1. Produksi monoterpen dari daging buah selama pemasakan buah

Senyawa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Periode pemasakan (hari)						LSD ($P=0.05$)
	0	2	4	6	8	10	
α -Pinene	16.0ab	13.5a	27.8b	42.7c	80.4d	54.1c	11.9
α -Fenchene	kelumit	kelumit	Kelumit	1.0	1.9	1.5	
Champhene	kelumit	kelumit	Kelumit	0.6	1.4	1.8	
Sabiene	kelumit	kelumit	kelumit	0.9	kelumit	kelumit	
β -Pinene	6.8d	4.8c	2.0a	3.8bc	3.7bc	2.7ab	1.6
1-Methyl-4-(-1methylethylidene) cyclohexene	kelumit	kelumit	kelumit	1.6	1.8	1.1	
Myrcene	54.7a	53.8a	91.2a	177.1b	264.7c	181.9b	53.9
Car-2-ene	0.1a	3.4b	6.4b	10.7c	18.2d	3.8b	3.1
α -Phellandrene	0.7a	3.6a	11.3b	14.4c	32.9d	25.1c	4.9
Car-3-ene	175.0ab	171.0a	309.0b	553.0c	902.0d	666.0c	134.4
α -Terpinene	0.6a	2.5a	25.1b	29.3b	103.2c	83.1c	15.6
Limonene	24.8a	24.5a	43.8a	180.1b	129.1c	95.1b	23.0
β -Phellandrene	23.4a	22.1a	43.8a	80.3b	128.1c	94.6c	22.3
<i>cis</i> -Ocimene	2.2a	3.9a	10.8b	15.1b	25.9c	15.6b	6.5
<i>trans</i> -Ocimene	1.9a	1.6a	2.9a	5.6b	9.4	6.6b	2.2
3,7-Dimethyl-1,3,7,-octatriene	4.7	22.2	2.1	2.2	kelumit	kelumit	
γ -Terpinene	8.7a	90.a	13.1ab	21.4c	27.8d	17.0bc	6.2
4-Methyl-1-(-1methylethylidene)-cyclohexene	3.0	2.3	kelumit	kelumit	kelumit	kelumit	
Dihydromyrcenol	0.1a	1.2a	2.7b	4.4c	8.2e	6.7d	1.3
α -Terpinolene	217.0a	644.0a	2852.0b	4503.0c	9712.0e	7646.0d	1601.7
Linalool	17.6a	11.9a	10.9a	20.4a	73.4b	54.1b	20.8
<i>p</i> -Mentha-1,4(8)-diene	10.7	5.0	3.9	2.2	kelumit	kelumit	
<i>p</i> -Mentha-1,5,8-triene	7.0a	6.8a	9.2a	15.1b	20.4c	22.4c	4.8
Isoterpinolene	kelumit	kelumit	kelumit	5.7	kelumit	kelumit	
(2-Methylprop-1-enyl)-cyclohexa-1,5-dien	12.3a	11.1a	7.8a	25.2c	18.7b	19.6bc	6.3
Alloocimene	35.6c	26.0b	5.0a	37.1c	9.5a	0.5a	9.4
Terpine-4-ol	141.0a	156.0ab	251.0bc	344.0cd	404.0d	255.0bc	100.9
α -Terpineol	4.0c	3.8bc	2.7bc	6.0d	2.2b	0.3a	1.8
β -Cyclocitral	34.6c	32.0c	14.7ab	71.5d	26.6bc	1.6a	13.2
Geranyl format	26.8b	31.7b	29.8b	115.2c	34.0b	0.7a	18.4
α -Terpenyl acetat	13.8b	16.1b	19.6b	71.4c	22.8b	0.4a	11.6
Geranylacetone	0.9ab	0.8ab	1.2b	1.0ab	2.0d	1.7c	0.4

Rerata konsentrasi dari setiap senyawa yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P \leq 0.05$); kelumit = konsentrasi $< 0.1 \mu\text{g.kg}^{-1}$

Produksi dehydroaromadendrene dan α -selinene mencapai puncak pada hari ke-6 sedangkan α -copaene dan 3,7-guadiene mencapai puncak pada hari ke-4 periode pemasakan buah. Hal ini berarti bahwa hampir semua sesquiterpen disintesis dalam jumlah yang banyak sebelum buah mangga mengalami matang optimal.

Aromatik

Produksi senyawa aromatik terdiri dari *p*-cymen-8-ol juga meningkat selama pemasakan buah dan mencapai produksi tertinggi pada hari ke-8 masa pemasakan buah dan kemudian (Tabel 3). Produksi 2-ethyl-1,4-dimethyl

benzene mengalami penurunan pada awal periode pemasakan kemudian meningkat tajam dan memuncak pada hari ke-6 setelah itu menurun kembali. Pada saat buah matang optimum (10 hari) produksi aromatik lebih rendah dibandingkan dengan produksi pada hari ke-8. Pola seperti ini mirip dengan terpen (Gambar 2, Tabel 3). Hal ini diakibatkan karena senyawa-senyawa aromatik yang dilaporkan di sini secara biogenetis terkait satu dengan yang lain dan γ -terpinene diasumsikan sebagai pemeran kunci dari proses aromatisasi pembentukan *p*-cymen dan turunannya (Schrier, 1984).

Tabel 2. Produksi sesquiterpen dari daging buah selama pemasakan buah

Senyawa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Periode pemasakan (hari)						LSD ($P=0.05$)
	0	2	4	6	8	10	
Dehydroaromadendrene	0.9ab	1.0abc	1.1bc	1.6c	0.4a	0.4a	0.7
Isoledene	2.6	2.0	3.9	0.4	0.2	kelumit	
α -Copaene	2.4bc	2.1b	2.8c	2.5bc	1.1a	0.8a	0.5
β -Elemene	kelumit	0.2	0.2	0.3	0.3	kelumit	
α -Gurjunene	7.3a	8.7ab	13.6b	18.7c	21.7c	10.3ab	5.1
3,7-Guaidiene	2.6b	2.8b	4.1c	0.9a	0.8a	0.5a	0.5
trans-Caryophyllene	14.4a	17.0ab	20.3ab	36.3c	0.4b	0.7c	0.1a
Aromadendrene	0.8c	0.3ab	0.3ab	0.4b	0.7c	0.1a	0.3
α -Humulene	0.8a	9.8ab	10.7ab	20.9c	22.7c	12.9b	3.8
Alloaromadendrene	0.5a	0.5a	0.7b	0.7b	0.bc	0.5a	0.5
γ -Gurjunene	0.8ab	0.8ab	1.1bc	1.1bc	1.4c	0.5a	0.5
(+)-Ledene	2.5a	2.5a	2.9ab	3.7bc	4.1c	2.3a	0.9
α -Selinene	1.7ab	1.5a	1.6ab	2.1c	1.9bc	1.6ab	0.4
δ -Cadinene	kelumit	kelumit	0.9	1.0	1.1	0.9	

Rerata konsentrasi dari setiap senyawa yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($p \leq 0.05$); kelumit = konsentrasi $< 0.1 \mu\text{g.kg}^{-1}$

Aldehid dan keton

Produksi keton yang terdiri dari 1-octen-3-one dan 6-methyl-5-hepten-2-one menurun selama pemasakan buah (Gambar 2, Tabel 3). Setelah hari ke-6 1-octen-3-one tidak lagi terdeteksi, sedangkan 6-methyl-5hepten-2-one bahkan tidak terdeteksi setelah hari ke-4 (Tabel 3).

Tingginya konsentrasi keton dan aldehid pada tahap awal pemasakan buah (Gambar2) kemungkinan dikarenakan tingginya aktivitas berbagai enzim yang mengkonversi asam lemak menjadi keton dan aldehid pada fase ini. Schreier (1984) melaporkan bahwa keton adan aldehid termasuk dalam kelompok senyawa yang

Tabel 3. Produksi aromatik dan keton dari daging buah selama pemasakan buah

Senyawa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Periode pemasakan (hari)						LSD ($P=0.05$)
	0	2	4	6	8	10	
<i>Aromatik</i>							
p-Cymene	18.9a	16.6a	18.6a	36.7bc	40.0c	28.6b	9.9
p-Cymenyl	2.2	5.4	3.0	kelumit	kelumit	kelumit	
Carvacrol	1.4	1.1	0.6	0.5	kelumit	kelumit	
p-Cymen-8-ol	47.7a	50.5ab	86.1bc	107.6c	148.9d	101.7c	32.4
2-Ethyl-4-dimethyl-benzen	57.5c	54.0c	28.9ab	113.3d	48.7bc	14.4a	22.5
Ascaridole	kelumit	1.9	8.3	kelumit	kelumit	kelumit	
<i>Ketone</i>							
1-Octen-3-one	2.5	9.6	0.9	0.3	tt	tt	
6-Methyl-5-hepten-2-one	2.6	2.1	kelumit	tt	tt	tt	

Rerata konsentrasi dari setiap senyawa yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P \leq 0.05$); kelumit = konsentrasi $< 0.1 \mu\text{g.kg}^{-1}$, tt = tidak terdeteksi

Perubahan produksi aldehid dari daging buah mangga mirip dengan keton yaitu menurun selama pemasakan (Gambar 2). Dari Tabel 3 terlihat bahwa acetaldehid, E-2-heptenal, E-2 octenol and Z-2-decenal ditemukan dalam jumlah yang cukup tinggi pada saat panen (hari ke-0). Pola produksi oktanal berbeda dengan aldehid lainnya yang mana meningkat pada awal pemasakan buah dan mencapai puncak produksi secara signifikan ($P \leq 0.05$) pada hari ke-4.

terbentuk dari metabolisme asam lemak. Keton merupakan senyawa antara dari β -oksidasi asam lemak, sedangkan aldehid merupakan senyawa yang terbentuk dari jalur lipoxigenase (LOX) umumnya pada saat penghancuran jaringan tanaman (Tressl dan Albrecht, 1986).

Alkohol dan ester

Selama pemasakan buha, total alkohol cenderung meningkat (Gambar 2). Etanol baru muncul dalam jumlah yang nyata pada hari ke-6 yang seterusnya meningkat hingga akhir pengamatan pada hari ke-10 (masak optimal), sedangkan produksi cis-hexenol signifikan ($P \leq 0.05$) tertinggi pada hari ke-6 (Tabel 4).

dengan semakin masaknya buah mangga 'Kesington Pride' telah pula dilaporkan (Lalel et al., 2003 a). Pada mangga 'Alphonso' (Engle dan Tressl, 1983) dan 'Keitt' (MacLeod dan Snyder, 1985) cis-3-hexenol memberikan aroma green dan grassy dengan ambang batas odor (dalam air) $70 \mu\text{g.L}^{-1}$ (Ieffingwell dan Associates, 1999).

Tabel 4. Produksi aldehid dan alkohol dari daging buah selama pemasakan buah

Senyawa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Periode pemasakan (hari)						LSD ($P=0.05$)
	0	2	4	6	8	10	
<i>Aldehid</i>							
Acetaldehyde	78.0	70.6	69.9	kelumit	kelumit	kelumit	
Hexanal	78.8	68.5	68.1	68.2	64.9	60.0	ns
<i>trans-trans</i> -2,4-Hexadienal	12.9	9.8	6.1	4.6	2.6	tt	
E-2-Heptenal	19.4	kelumit	kelumit	tt	tt	tt	
Octanal	9.8ab	7.8ab	28.7c	12.7b	9.9ab	1.5a	10.5
E-2-Octenal	37.3	8.1	kelumit	kelumit	kelumit	kelumit	
Decanal	2.6	2.8	3.5	1.2	kelumit	kelumit	
Z-2-Decenal	29.9	10.9	4.0	kelumit	kelumit	kelumit	
<i>Alkohol</i>							
Etanol	kelumit	kelumit	kelumit	70.0	97.2	334.1	
Cis-3-Hexenol	63.0b	85.0b	140.0c	202.0d	124.0c	4.4a	33.3

Rerata konsentrasi dari setiap senyawa yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P \leq 0.05$); kelumit = konsentrasi $< 0.1 \mu\text{g.kg}^{-1}$; tt = tidak terdeteksi; ns = tidak berbeda nyata ($P > 0.05$).

Etanol terlihat semakin tinggi dengan semakin masaknya buah (Tabel 4) menunjukkan adanya proses fermentasi (respirasi anaerob) dalam buah yang semakin aktif dengan semakin masaknya buah. Dilain pihak cis-3-hexenol yang meningkat hingga hari ke-6, merupakan produk dari metabolisme asam lemak. cis-3-Hexenol dilaporkan terbentuk dari asam linolenat melalui jalur LOX (Schreier, 1984). Peningkatan konsentrasi asam linolenat

Produksi ester pada daging buah meningkat selama pemasakan (Gambar 2). Pada hari ke-0 produksi ester sangat kecil dan tidak terukur (Tabel 5). Pada hari ke-2 hingga hari ke-8 walaupun terjadi peningkatan produksi ester, namun peningkatan tersebut tidak banyak. Peningkatan produksi ester menjadi sangat nyata pada hari ke-10. Kecuali ethyl acetat, ethyl-2-butenat, 2-methylpropyl octanoat, senyawa ester lainnya mulai dihasilkan pada hari ke-4 saat pemasakan buah.

Tabel 5. Produksi ester alkana dan norisoprenoid dari daging buah selama pemasakan buah

Senyawa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Periode pemasakan (hari)						LSD ($P=0.05$)
	0	2	4	6	8	10	
<i>Ester</i>							
Ethyl acetat	kelumit	70.6	81.7	81.7	81.7	318.5	
Ethyl butanoat	tt	kelumit	46.1	60.5	63.0	97.9	
Ethyl-2-Butenoat	tt	tt	tt	kelumit	kelumit	2.5	
Ethyl hexanoat	tt	kelumit	2.1	3.0	3.4	4.0	
Ethyl octanoat	tt	kelumit	0.7	1.95	2.1	2.9	
Ethyl E-2-octenoate	tt	tt	tt	kelumit	kelumit	15.4	
2-Methylpropyl octanoate	tt	kelumit	2.0	2.3	5.6	10.4	
<i>Alkana</i>							
n-Tetradekana	4.2b	3.3b	3.8b	2.9ab	3.0ab	1.6a	1.5
<i>Norisoprenoid</i>							
β -Ionene	tt	kelumit	0.1	0.2	0.9	1.0	

Rerata konsentrasi dari setiap senyawa yang diikuti oleh huruf kecil yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata ($P \leq 0.05$); kelumit = konsentrasi $< 0.1 \mu\text{g.kg}^{-1}$; tt = tidak terdeteksi.

KESIMPULAN

Buah mangga 'Kensington Pride' didominasi oleh monoterpen (44%) diikuti oleh sesquiterpen (19%), aldehid (11%), ester (10%), aromatik (8%), alkohol (2%), keton (2%), alkana (1%) dan norisoprenoid (1%). Selama periode pemasakan buah kandungan monoterpen, sesquiterpen dan aromatik, meningkat untuk beberapa hari dan kemudian menurun kembali sedangkan kandungan alkohol dan ester terus mengalami peningkatan. Berbeda dengan kelompok senyawa lainnya, aldehid, keton dan alkana mengalami penurunan selama periode pemasakan buah. Pada saat buah mangga matang optimum umumnya senyawa-senyawa ester yang mengalami puncak produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Mr. Sandro Bombardieri dan Dr. Peter Sheppard dari School of Applied Chemistry, Curtin University of Technology Western Australia untuk izin penggunaan fasilitas GC-FID dan GC-MS. Terima kasih pula kepada LPIU DUE-project UNDANA Kupang, Indonesia atas dukungan dana yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bartley, J.P. dan Schwede, A., 1987.** Volatile flavor components in the headspace of Australian or - Bowen' mango. *J. Food Sci.* 52:353-355,360.
- Bender, R.J., Brecht, J.K. Baldwin, E.A. dan Malundo, T.M.M., 2000.** Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *HortScience* 35:684-6
- Engel, K.H. dan Tressl, R., 1983.** Studies on the volatile components of two mango varieties. *J. Agric. Food Chem.* 31:796-801.
- Fisher, C. dan Scott, T.R., 1997.** Food flavours: biology and chemistry. The Royal Society of Chemistry, Hunt Valley, MD, USA.
- Gomez-Lim, M.A. 1997.** Postharvest Physiology. *Dalam* : The Mango: Botany Production and Uses (Litz, R.E., ed). CAB International, Wallingford, UK, pp. 425-445.
- Hunter, G.L.K., Bucek, W.A. dan Radford, T., 1974.** Volatile components of canned Alphonso mango. *J. Food Sci.* 39:900-903.
- Kanasawud, P. dan Crouzet, J.C., 1990.** Mechanism of formation of volatile compounds by thermal degradation of carotenoids in aqueous medium 1. Beta carotene degradation. *J. Agric. Food Chem* 38:237-243.
- Lalel, H.J.H., Singh, Z. dan Tan, S.C., 2003 a.** Aroma volatiles production during fruit ripening of Kensington Pride' mango. *Postharvest Biol. Technol.* 27:323-336.
- Lalel, H.J.D., Singh, Z. dan Tan, S.C., 2003b.** Effects of maturity stage at harvest on fruit ripening, quality and biosynthesis of aroma volatile compounds in 'Kensington Pride' mango. *J. Hort. Sci. Biotech.* 78:225-233.
- Lalel, H.J.D., Singh, Z. dan Tan, S.C. 2003c.** The role of ethylene in mango fruit aroma volatiles biosynthesis. *J. Hort. Sci. Biotech.* (in press).
- Lalel, H.J.D., Singh, Z. dan Tan, S.C., 2003d.** Distribution of aroma volatile compounds in different parts of mango fruit. *J. Hort. Sci. Biotech.* 78: 131-138.
- Leffingwell dan Associates, 1999.** <http://www.lwffingwell.com/esters.htm> (tanggal akses: 20 Agustus 2002).
- MacLeod, A.J. dan Synder, C.H., 1985.** Volatile Componets of two cultivars of mango from Florida. *J. Agric. Food Chem.* 33: 380-384.
- MacLeod, A.J. dan Snyder, CH., 1988.** Volatile components of mango preserved by deep freezing. *J. Agric. Food Chem* 36 : 137-139
- MacLeod, A.J., MacLeod, G., Snyder, C.H., 1988.** Volatile aroma constituents of mango (cv Kensington). *Phytochemistry* 27:2189-2193.
- Marais, J. 1992.** 1,1,6-Trimethy;-1,2-dihydronaphthalene (TDN), a possible degradation products of lutein and beta-carotene. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 13:52-55
- McMurchie, E.J., McGlasson, W.B. dan Eaks, I.L., 1972.** Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. *Nature* 237:235-236.
- O'Hare, T.J. (1995).** Effect of ripening temperature on quality and compositional changes of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington. *Aust. J. Exp. Agric.*, 35: 259-263.
- Olle, D., A. Baron, Y.F. Lozano, C. Sznaper, R. Baumes, C. Bayonove dan J.M. Brillouet, 1997.**

Microfiltration and reverse osmosis affect recovery of mango puree flavor compounds. *J. Food Sci.* 62: 116-119.

Schreier, P., 1984. Chromatographic studies of biogenesis of plant volatiles. Dr. Alfred Hurhig Verlag, Heidelberg.

Shibamoto, T. dan Tang, C.S., 1990. 'Minor' tropical fruit-mango, papaya, passion fruit, and quuava. *Dalam: Food flavours: Part C. The flavour of fruit* (Morton, I.D. and MacLeod, A.J., Eds.). Elsevier, Amsterdam, pp. 221-234.

Tressl, R. dan Albrecht, W., 1986. Biogenesis of aroma compounds through acyl pathway. *Dalam: Biogeneration of aromas* (Parliament, T.H. dan Croteau, R., Eds.). American Chemical Society, Washington, DC. Pp 114-133.

Tucker G.A., 1993. Introduction. *Dalam: Biochemistry of Fruit Ripening* (Seymour G.B., Taylor J.E., Tucker G.A., eds). Chapman and Hall, London, pp. 1-51.

Wiinterhalter, P., 1991. Fruit IV. *Dalam: Volatile compounds in Fods and Beverages* (Maarse, H., ed). Marcel Dekker. New York, USA pp389-409.