

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 4, No. 1, April 2016



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Sehubungan dengan hal itu, naskah yang masuk ke redaksi mengalami peningkatan. Untuk itu mulai edisi ini redaksi memandang perlu untuk meningkatkan jumlah naskah dari 10 naskah menjadi 15 naskah, tentunya dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi *online*. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam *invited paper* yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, *review* perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, *technical paper* hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta *research methodology* berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang B. Seminar (Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Universitas Sriwijaya, Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)
Y. Aris Purwanto (Institut Pertanian Bogor)
M. Faiz Syuaib (Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Universitas Hasanuddin, Makasar)
Anom S. Wijaya (Universitas Udayana, Denpasar)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Lenny Saulia
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah
Anggota : Usman Ahmad
Dyah Wulandani
Satyanto K. Saptomo
Slamet Widodo
Liyantono
Sekretaris : Jokho Budhiyawan
Diana Nursolehat

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 4 No. 1 April 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Hasbi, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr.Ir. Hersyamsi, M.Agr (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Ir. Dody Tooy, PhD. (Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Lady Corrie Ch Emma Lengkey, M.Si (Universitas Sam Ratulangi), Prof.Dr.Ir. Ade M. Kramadibrata (Universitas Padjadjaran), Dr. Suhardi, STP.,MP (Universitas Hasanuddin), Ir. I Made Anom S. Wijaya, M.App.Sc.,Ph.D (Universitas Udayana), Dr.Ir. Sandra, MP (Universitas Brawijaya), Dr.Ir. Nursigit Bintoro, M.Sc (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta-IPB), Prof.Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta-IPB), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta IPB), Dr.Ir. I Wayan Budiastra (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta IPB), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta IPB), Dr.Ir. Emmy Darmawati, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta IPB), Dr.Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fateta-IPB), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fateta-IPB), Dr.Ir. Arief Sabdo Yuwono, M.Sc (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fateta-IPB). Dr. Rudiyanto, STP.,M.Si (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fateta-IPB), Dr.Ir. Akhiruddin Maddu, M.Si (Departemen Fisika, FMIPA-IPB).

Technical Paper

Perlakuan Air Panas diikuti Pencelupan dalam Larutan CaCl₂ untuk Mempertahankan Kualitas Buah Belimbing Manis (Averrhoa Carambola L.)

Hot Water Treatment (HWT) Followed by CaCl₂ Solution Immersion to Maintain the Quality of Star Fruit (Averrhoa carambola L.)

Khoirul Mukhtarom, Program Studi Teknologi Pascapanen, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Email: mukhtaromi2@gmail.com
Sutrisno, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung Fateta Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680
Rokhani Hasbullah, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Gedung Fateta Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Abstract

Hot water treatment (HWT) followed by CaCl₂ solution immersion was well performed to evaluate its effect on the quality of star fruit (Averrhoa carambola L.). The star fruit was dipped in hot water at the temperature 42±0.2°C for 5 and 10 minutes, then dipped in the 1 and 3% CaCl₂ solution and stored at 10°C for 27 days. The control was conducted by storing star fruits directly without HWT and CaCl₂ solution immersion at the same temperature. The parameter observed in this work were calcium content of the sample, which was measured at the beginning of storage after treatment, microbial total counted at 0, 12, and 24 days of storage, as well as weight loss and browning index were measured every three days during storage. The result evidenced that the HWT were able to suppress the growth of microbes and maintained fruit color during storage, whereas the application of CaCl₂ increased calcium content in star fruit, but it caused fruit damage which increased the number of microbial total and weight loss also decreased of firmness so that the shelf life of fruit shorter.

Keywords: HWT, CaCl₂, quality, star fruit

Abstrak

Perlakuan air panas (*hot water treatment* (HWT)) diikuti dengan pencelupan dalam larutan CaCl₂ telah dikaji untuk melihat pengaruhnya terhadap mutu buah belimbing manis. Buah belimbing dicelup dalam air panas pada suhu 42±0.2°C selama 5 menit dan 10 menit, kemudian dicelup dalam larutan CaCl₂ 1% dan 3%) dan disimpan pada suhu 10°C selama 27 hari. Sebagai control, buah belimbing tidak diberi perlakuan dan disimpan pada suhu yang sama. Parameter yang diamati meliputi kandungan kalsium diukur pada awal penyimpanan setelah perlakuan, total mikroba diukur pada hari penyimpanan ke-0, 12, dan 24, serta susut bobot dan *browning index* yang diukur setiap tiga hari selama penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa HWT mampu menekan pertumbuhan mikroba dan mempertahankan warna buah selama penyimpanan, sedangkan aplikasi CaCl₂ meningkatkan kandungan kalsium dalam buah belimbing, akan tetapi menyebabkan buah mengalami kerusakan yang berdampak pada meningkatnya total mikroba dan susut bobot serta menurunnya kekerasan sehingga memperpendek umur simpan buah.

Kata kunci: HWT, CaCl₂, kualitas, belimbing

Diterima: 22 September 2015; Disetujui: 29 Maret 2016

Pendahuluan

Belimbing merupakan salah satu dari ragam buah khas potensial Indonesia yang tersebar diberbagai daerah dan belum dikelola dengan baik menyangkut tata produksi, penanganan

pascapanen, pengolahan dan pemasarannya. Buah belimbing banyak mengandung vitamin C dan dapat digunakan untuk mengobati berbagai macam penyakit seperti menurunkan tekanan darah, menurunkan kadar kolesterol, mengobati diabetes mellitus, anti kanker dan memperlancar

pencernaan. Akan tetapi buah belimbing merupakan buah yang mudah rusak (*perishable*), memiliki umur simpan yang pendek, dan mudah terserang oleh mikroba yang menyebabkan munculnya penyakit pascapanen pada buah belimbing tersebut. Usaha-usaha untuk mempertahankan mutu pascapanen belimbing banyak dilakukan dengan beberapa cara diantaranya penyimpanan dingin, *edible coating*, pengemasan menggunakan kemasan plastik dan pengemasan MAP (*Modified Atmosphere Packaging*). Cara lain yang dapat digunakan untuk mempertahankan mutu pascapanen buah belimbing adalah dengan cara perendaman air panas (*hot water treatment*) dan pencelupan dalam larutan kapur (CaCl_2).

Luna-Guzman *et al.* (1999) menyatakan bahwa aplikasi teknologi penanganan buah pascapanen untuk mempertahankan mutu buah, dapat dilakukan dengan kombinasi perlakuan panas dan pencelupan/perendaman dengan larutan kapur. Kombinasi perlakuan panas diikuti dengan pencelupan ke dalam larutan kapur mampu mencegah investasi hama dan pertumbuhan penyakit pascapanen serta mampu menjaga dan meningkatkan tekstur buah. Metode perlakuan panas merupakan alternatif utama untuk proses disinfestasi hama dan penyakit pascapanen (Marsudi *et al.* 2007), karena lebih efektif dan efisien, aman bagi kesehatan dan lingkungan dibandingkan dengan metode iradiasi dan fumigasi. Perlakuan panas juga telah terbukti efektif sebagai metode non kimia yang dapat meningkatkan kualitas pascapanen berbagai produk hortikultura (Chávez-Sánchez *et al.* 2013).

Salah satu teknik perlakuan panas yang dapat digunakan adalah perlakuan air panas (*Hot Water Treatment* (HWT)/ *Hot Water Dipping* (HWD)). HWT sangat baik digunakan untuk disinfestasi hama dan mengontrol penyakit pascapanen (Couey 1989), mencegah pertumbuhan jamur (Lurie 1998), mencegah kebusukan serta mengurangi kerusakan kulit yang disebabkan karena penyimpanan dingin (Hofman *et al.* 2002). Menurut Lurie (1998), metode HWT sebagai wadah pemindah panas lebih efisien jika dibandingkan dengan udara panas atau semprotan air panas karena dapat menghantarkan air panas keseluruh bahan secara total bukan hanya permukaan saja. HWT sudah banyak diaplikasikan pada beberapa buah diantaranya pepaya, mangga, apel, tomat, melon, lemon, per, garbis dan plum.

Pencelupan dengan larutan kapur seperti CaCl_2 , digunakan sebagai bahan peningkat kekerasan untuk memperpanjang umur simpan pascapanen (Luna-Guzman *et al.* 1999). CaCl_2 juga menunda perkembangan warna kulit dan meningkatkan daya tahan buah terhadap kebusukan akibat jamur (Schirra *et al.* 1999; Yu *et al.* 2012). Larutan kapur sebagai bahan peningkat kekerasan telah digunakan pada beberapa buah, diantaranya apel, stroberi, irisan buah pir, timun jepang, tomat, alpukat, mangga, *fresh cut* melon, dan jambu.

Informasi terkait dengan efektifitas aplikasi HWT dan CaCl_2 pada buah belimbing masih sangat terbatas. Oleh karena itu, kombinasi HWT dan pencelupan menggunakan larutan CaCl_2 dalam penelitian ini diharapkan mampu mencegah/menghambat pertumbuhan penyakit pascapanen, serta mempertahankan kualitas belimbing manis. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh lama HWT dan pencelupan CaCl_2 terhadap kualitas belimbing manis.

Bahan dan Metode

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari buah belimbing manis varietas Dewi, indeks panen 6 (PKHT 2007) dengan berat rata-rata 200-250 gram, aquades dan larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 1 dan 3% serta bahan penunjang analisis lainnya.

Peralatan yang digunakan terdiri dari *water bath*, *refrigerator*, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), inkubator, *stomacher*, *oven*, *mettler scale* PM-4800, *rheometer* tipe CR-300DX, *chromameter* (Minolta CR200) serta peralatan penunjang analisis lainnya.

Prosedur penelitian

Persiapan Bahan

Buah belimbing dipanen dari petani Kecamatan Sawangan Kota Depok, disortasi keseragaman tingkat kematangannya berdasarkan warna dan ukuran buah. Buah yang sudah disortasi kemudian dibungkus menggunakan kertas koran, diletakkan dalam keranjang plastik dan dibawa ke laboratorium TPPHP Institut Pertanian Bogor menggunakan mobil. Setelah sampai di laboratorium TPPHP buah belimbing dibuka dari pembungkusnya dan disimpan dalam ruangan berukuran 10 x 4 m, dengan suhu 16°C untuk diberi perlakuan keesokan harinya.

Aplikasi Perlakuan

Buah belimbing dibagi dalam beberapa keranjang berdasarkan perlakuan lama HWT dan konsentrasi CaCl_2 yang akan diberikan. Buah belimbing yang sudah siap, diberi perlakuan HWT pada suhu $46 \pm 0.2^\circ\text{C}$ dalam *water bath* selama 5 menit, 10 menit, dan tanpa perlakuan HWT kemudian ditiriskan. Setelah kering buah belimbing dicelup ke dalam larutan CaCl_2 dengan konsentrasi 1%, 3%, dan tanpa pencelupan selama 5 menit kemudian ditiriskan. Buah yang sudah kering kemudian diletakkan dalam *styrofoam* dan dikemas menggunakan plastik *wrapping* dan disimpan pada suhu 10°C . Pengukuran parameter pengamatan dilakukan setiap tiga hari sekali selama 27 hari penyimpanan.

Parameter Pengamatan

Susut Bobot

Pengukuran susut bobot dilakukan menggunakan timbangan digital *Mettler scale* PM-4800. Pengukuran dilakukan sebelum buah belimbing disimpan (b_o) dan setiap kali akhir pengamatan (b_t). Nilai susut bobot diperoleh dari hasil pengurangan bobot awal (b_i) dengan bobot penyimpanan hari ke- t (b_t) yang dinyatakan dalam persen (%). Rumus yang digunakan untuk mengukur susut bobot adalah:

$$\text{Susut Bobot (\%)} = \frac{b_o - b_t}{b_o} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

b_o : berat bahan awal penyimpanan (g)

b_t : berat bahan pada hari ke- t penyimpanan (g)

Kekerasan

Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan *rheometer* tipe CR-300DX yang diset dengan mode 20, beban maksimum 2 kg, kedalaman penekanan 10 mm, kecepatan penurunan beban 60 mm/m dan diameter *pluger* jarum 5 mm. Nilai hasil pengukuran terbaca dalam satuan *kg-force* (kgf). Pengujian kekerasan dilakukan pada tiga titik yang berbeda, yaitu bagian ujung, bagian tengah dan bagian pangkal. Data yang diperoleh kemudian dirata-ratakan.

Browning Index (Indeks Kecoklatan)

Pengukuran warna dilakukan menggunakan alat *chromameter* (Minolta CR200). Data warna yang dihasilkan dinyatakan dengan nilai L^* untuk kecerahan (*lightness*) yang mempunyai nilai dari 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai a^* menyatakan cahaya pantul yang menghasilkan warna kromatik campuran merah-hijau dengan nilai $+a$ (positif) dari 0-100 untuk warna merah dan nilai $-a$ (negatif) dari warna 0-(-80) untuk warna hijau. Nilai b^* menyatakan warna kromatik campuran biru-kuning dengan $+b$ (positif) dari 0-70 untuk kuning dan nilai $-b$ (negatif) dari 0-(-70) untuk warna biru. Indeks *browning* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Li *et al.* 2011):

$$BI (\text{Browning index}) = 100 (x-0.3)/0.1752 \quad (2)$$

dimana :

$$x = (a^* + 1.75 L^*) / (5.645 L^* + a^* - 3.012 b^*) \quad (3)$$

Kandungan Kalsium

Uji kandungan kalsium dilakukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) metode *dry ashing* (AOAC 2005). Sampel yang sudah dikeringkan ditimbang pada cawan porselen ± 1 gram dan ditanur selama 4-6 jam dengan suhu 700°C. Kemudian ditambahkan HCl 25% sebanyak

$\frac{3}{4}$ isi cawan lalu dipanaskan di atas hotplate (di ruang asam) sampai volume HCl 25% tersebut berkurang sampai $\frac{1}{4}$ cawan. Setelah itu ditambahkan HCl 10% sebanyak $\frac{3}{4}$ isi cawan, kemudian dipanaskan kembali sampai volume HCl 10%-nya berkurang sampai $\frac{1}{4}$ isi cawan, lalu ditambahkan aquadest sampai 100 ml pada labu takar dan disaring.

Total Mikroba

Metode perhitungan jumlah mikroba dilakukan dengan hitungan cawan *Colony Count Methods* (CCM). Perhitungan jumlah mikroba dilakukan pada cawan yang berisi media PCA (*Plate Count Agar*) dan ditentukan dengan membagi jumlah koloni yang telah dihitung dengan faktor pengencer yang digunakan. Secara umum perhitungan dapat dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{\text{Jumlah koloni pada cawan}}{[(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2)] \times d} \quad (4)$$

dimana:

N : Jumlah koloni per gram (jumlah koloni yang dihitung 10-150 untuk kapang dan khamir dan 25-250 untuk bakteri)

n_1 : Jumlah cawan pada pengenceran pertama

n_2 : Jumlah cawan pada pengenceran kedua

d : faktor pengenceran pada pengenceran pertama

Analisa Statistik

Penelitian dilaksanakan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu lama perendaman HWT dan konsentrasi CaCl₂. Lama perendaman HWT terdiri dari tiga taraf yaitu tanpa perendaman, 5, dan 10 menit dengan suhu HWT 46 \pm 0.2°C. Konsentrasi CaCl₂ juga terdiri dari tiga taraf yaitu tanpa konsentrasi, 1 dan 3%. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak dua kali.

Data hasil pengukuran dianalisa menggunakan *Analysis of variance* (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila terdapat pengaruh perlakuan maka dilakukan pengujian lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Hasil dan Pembahasan

Parameter pengamatan yang diukur adalah kualitas buah yang terdiri dari susut bobot, kekerasan, *browning index* (indeks kecoklatan), dan kandungan kalsium, serta tingkat serangan penyakit yang diuji dengan nilai total mikroba selama penyimpanan.

Kualitas Buah

Susut Bobot

Susut bobot menjadi basis pengukuran kuantitas produk hortikultura selama penyimpanan. Gambar 1 menunjukkan bahwa susut bobot pada semua

perlakuan mengalami peningkatan seiring dengan lama penyimpanan. Pada awal penyimpanan susut bobot berkisar antara 0.5-0.94%, mengalami peningkatan pada hari penyimpanan ke-21 berkisar antara 3.99-5.41%.

Susut bobot terjadi disebabkan adanya proses respirasi dan transpirasi yang mengakibatkan komoditas hortikultura berkurang cadangan makanannya dan kehilangan air melalui penguapan. Selama respirasi, karbohidrat, protein, lemak, dan zat gizi lainnya pada produk dirombak menjadi zat-zat yang lebih sederhana melalui pelepasan energi panas, dimana energi yang dihasilkan tidak sepenuhnya dimanfaatkan oleh produk, akan tetapi sebagian besar hilang dalam bentuk panas yang menyebar ke lingkungan (Ahmad 2013), sehingga seiring dengan lama penyimpanan, cadangan makanan yang terkandung dalam buah akan semakin menipis yang mengakibatkan susut bobot semakin meningkat. Pantastico (1986) menjelaskan bahwa penurunan bobot juga dapat disebabkan oleh terurainya glukosa menjadi CO_2 dan air selama proses respirasi walaupun jumlahnya kecil.

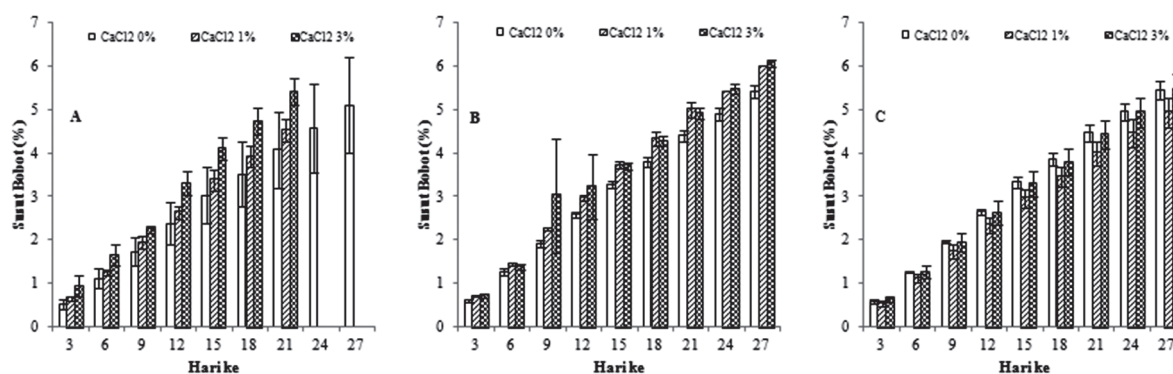
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, HWT tidak berpengaruh terhadap susut bobot selama penyimpanan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Chávez-Sánchez *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa perlakuan AHWT (*antifungal hot water treatment*) pada suhu 55°C selama 0, 3, 6, dan 9 menit pada suhu penyimpanan 25°C tidak berpengaruh terhadap susut bobot pada

buah pepaya. Bassal dan El-Hamahmy (2011) juga menyatakan bahwa perlakuan pencelupan air panas (*hot water dipping*) pada suhu $41\pm 1^\circ\text{C}$ selama 20 menit atau $50\pm 1^\circ\text{C}$ selama 5 menit dengan kondisi penyimpanan awal 6 hari pada suhu $16-18^\circ\text{C}$ dan RH 45-65% tidak berpengaruh terhadap susut bobot buah jeruk w. navel dan jeruk valencia.

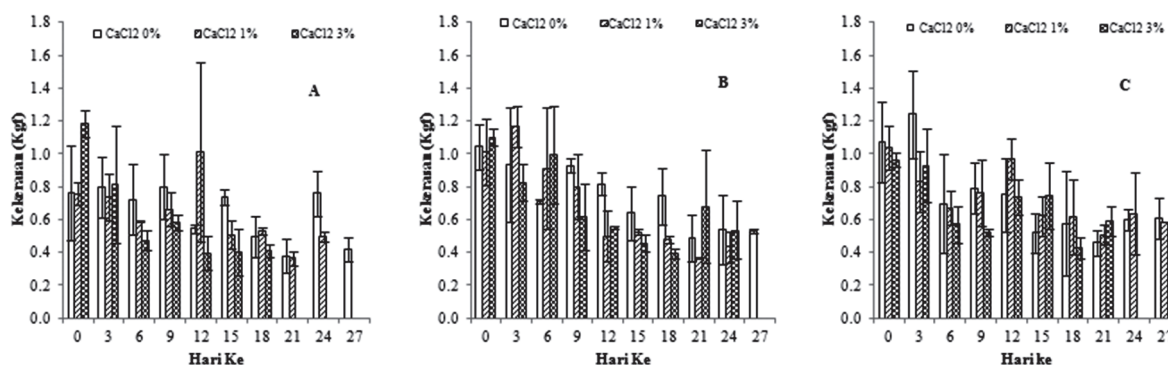
Berbeda dengan perlakuan HWT, hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan pencelupan CaCl_2 berpengaruh signifikan pada hari penyimpanan ke-3, 6, 15, dan 18. Hasil uji DMRT pada taraf ($\alpha < 0.05$) memperlihatkan bahwa, pencelupan buah dalam larutan CaCl_2 meningkatkan susut bobot selama penyimpanan. Aplikasi CaCl_2 menyebabkan permukaan buah belimbing mengalami kerusakan berupa bintik-bintik hitam dan akhirnya ditumbuhi jamur. Kerusakan tersebut menyebabkan laju respirasi buah belimbing manis meningkat sehingga berdampak pada kehilangan susut bobot yang semakin besar. Semakin tinggi konsentrasi CaCl_2 yang digunakan, kehilangan bobot pada buah akan semakin besar.

Kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu atribut kualitas yang dapat diukur secara kualitatif oleh indra perasa (dirasakan oleh jari tangan ketika disentuh, atau oleh mulut ketika dikunyah) dan secara kuantitatif salah satunya menggunakan *rheometer*. Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 2) menunjukkan bahwa tingkat kekerasan buah belimbing cenderung



Gambar 1. Pengaruh perlakuan HWT dan CaCl_2 terhadap susut bobot. A) Tanpa HWT; B) HWT 5 menit; C) HWT 10 menit.



Gambar 2. Pengaruh perlakuan HWT dan CaCl_2 terhadap kekerasan. A) Tanpa HWT; B) HWT 5 menit; C) HWT 10 menit.

menurun seiring lama penyimpanan. Penurunan kekerasan selama penyimpanan disebabkan karena perombakan komponen penyusun dinding sel yaitu pektin yang tidak larut air (protopektin) menjadi pektin yang larut air. Selama perkembangan dan pematangan buah, jumlah protopektin akan semakin menurun, sedangkan jumlah pektin yang larut air akan semakin meningkat sehingga buah semakin lunak (Winarno 2002; Fajriyati 2010).

Penurunan kekerasan pada buah juga dapat disebabkan oleh adanya proses respirasi dan transpirasi. Proses respirasi akan menyebabkan pecahnya karbohidrat menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana, dengan adanya pemecahan karbohidrat tersebut, maka akan menyebabkan pecahnya jaringan pada buah-buahan sehingga menjadi lunak. Proses respirasi menyebabkan kelanjutan pematangan pada komoditas. Pada saat itu terjadi degradasi hemiselulosa dan pektin dari dinding sel yang mengakibatkan perubahan kekerasan buah. Sedangkan pada proses transpirasi akan terjadi penguapan air yang menyebabkan buah-buahan menjadi layu dan mengkerut sehingga buah menjadi lunak (Syahfitri 2006).

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, perlakuan HWT tidak berpengaruh terhadap kekerasan selama penyimpanan, sedangkan perlakuan CaCl₂ memberikan pengaruh nyata pada hari penyimpanan ke-9. Chávez-Sánchez *et al.* (2013) menyatakan bahwa perlakuan AHWT pada suhu 55°C selama 0, 3, 6, dan 9 menit pada suhu penyimpanan 25°C tidak berpengaruh nyata terhadap kekerasan buah pepaya selama penyimpanan.

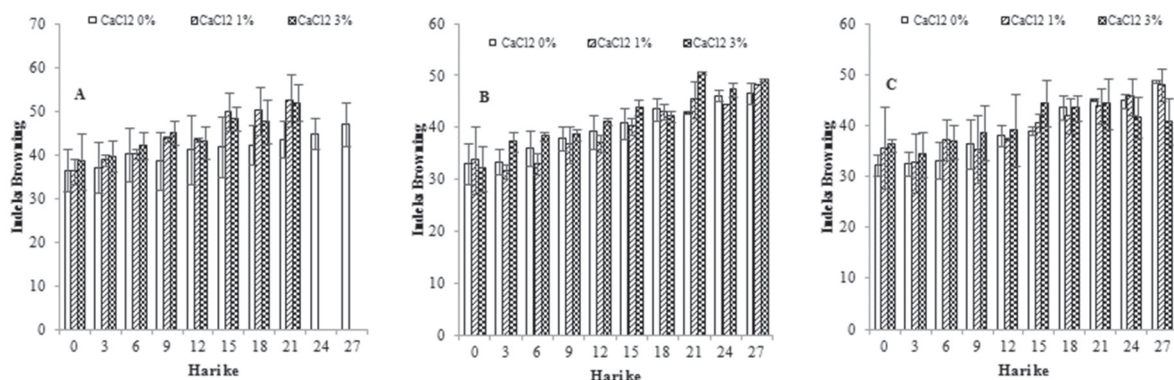
Hasil uji DMRT pada taraf $\alpha < 0.05$ memperlihatkan bahwa, pencelupan buah dalam CaCl₂ tidak mampu mempertahankan kekerasan buah, sebaliknya justru menurunkan kekerasan buah. Buah yang tanpa diberi perlakuan CaCl₂ memiliki nilai kekerasan paling tinggi disusul perlakuan CaCl₂ 1% dan perlakuan CaCl₂ 3%. Hasil yang sama disampaikan oleh Lamikanra dan Watson (2007) yang menyimpulkan bahwa pencelupan buah melon terolah minimal kedalam larutan kalsium tidak berpengaruh terhadap kekerasan,

hal tersebut dikarenakan, buah belimbing yang diberi perlakuan CaCl₂ lebih mudah rusak (busuk) dan memiliki umur simpan yang lebih pendek. Manganaris *et al.* (2007) menyatakan bahwa aplikasi kalsium dengan konsentrasi (187.5 mM atau 2.81% Ca) tidak menunjukkan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kualitas buah. Kalsium laktat dan kalsium propionat meningkatkan kandungan kalsium yang terkandung dalam buah, tetapi pada saat yang sama juga mempercepat pelunakan daging buah sebagai akibat dari gejala kerusakan permukaan buah karena kelebihan konsentrasi kapur. Bramlage *et al.* (1983) dan Sharples (1984) dalam Samson (1992) menyatakan bahwa kandungan kalsium yang berlebihan telah dilaporkan meningkatkan terjadinya kerusakan buah berupa tekstur yang tidak diinginkan.

Browning Index (Indeks Kecoklatan)

Browning index merupakan ukuran warna coklat pada buah yang disebabkan karena reaksi enzimatik atau nonenzimatik (Zambrano-Zaragoza *et al.* 2014). *Browning* (pencoklatan) banyak disebabkan karena reaksi enzim. Reaksi tersebut terjadi karena oksidasi senyawa fenol yang berhubungan dengan aktivitas polifenol oksidase (PPO), jumlah senyawa fenol, dan keberadaan oksigen (Koukounaras *et al.* 2008). PPO merupakan salah satu enzim utama yang bertanggung jawab terhadap reaksi *browning*, karena dapat mengkatalisis hidroksilasi monofenol menjadi o-difenol dan oksidasi o-difenol (Li *et al.* 2011).

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai *browning index* semua perlakuan mengalami peningkatan seiring dengan lama penyimpanan, dimana buah tanpa perlakuan HWT memiliki nilai *browning index* lebih tinggi dibandingkan dengan buah yang diberi perlakuan HWT. Hasil yang sama disampaikan oleh Javdani *et al.* (2013) bahwa irisan buah apel yang tidak diberi perlakuan HWT pada suhu 50°C selama dua menit memiliki *browning index* lebih tinggi dibandingkan dengan buah yang diberi perlakuan HWT. Hal tersebut dikarenakan perlakuan panas (*heat treatment*) secara efektif mampu menonaktifkan enzim, menjaga warna, dan



Gambar 3. Pengaruh perlakuan HWT dan CaCl₂ terhadap indeks *browning*.
A) Tanpa HWT; B) HWT 5 menit; C) HWT 10 menit.

Tabel 1. Pengaruh HWT dan CaCl₂ terhadap total mikroba selama penyimpanan.

Perlakuan		TPC (Hari ke-)		
		0	12	24
HWT	CaCl ₂ (%)	CFU g ⁻¹		
Tanpa HWT	0	3.18±0.33	4.48±0.40 ^a	4.51±0.47 ^{ab}
	1	3.23±0.52	3.61±0.40 ^{ab}	4.76±0.71 ^{ab}
	3	2.67±0.79	2.70±0.23 ^{bc}	4.38±0.64 ^{abc}
HWT 5 menit	0	2.91±0.45	2.61±0.08 ^c	2.96±0.41 ^c
	1	3.42±0.54	3.03±0.35 ^{bc}	4.98±0.39 ^{ab}
	3	3.53±0.32	4.11±0.43 ^a	5.32±0.29 ^a
HWT 10 menit	0	3.82±0.62	2.51±0.47 ^c	3.73±0.67 ^{bc}
	1	2.62±0.20	2.72±0.11 ^{bc}	5.33±0.17 ^a
	3	2.63±0.22	2.71±0.57 ^{bc}	3.63±0.98 ^{bc}

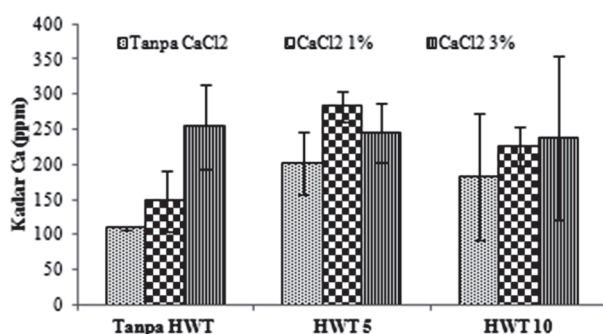
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf P<0.05.

kekerasan sayuran dan buah terolah minimal (Rico *et al.* 2007).

Perlakuan HWT memberikan pengaruh signifikan pada hari penyimpanan ke-6 dan 9, sedangkan perlakuan CaCl₂ tidak berpengaruh terhadap *browning index* selama penyimpanan. HWT selama 10 menit mampu mengendalikan terjadinya *browning* lebih baik dibandingkan dengan HWT selama 5 menit dan perlakuan tanpa HWT. Koukounaras *et al.* (2008) menyatakan bahwa perlakuan panas (HWT) pada buah persik pada suhu 50°C selama 10 menit, empat jam sebelum pemotongan secara efektif mampu mengendalikan terjadinya *browning*, mempertahankan kekerasan, dan mempertahankan umur simpan buah persik terolah minimal.

Kandungan Kalsium

Pengukuran kandungan kalsium buah dilakukan untuk mengetahui penyerapan CaCl₂ dalam buah selama perlakuan. Gambar 4 menunjukkan bahwa buah belimbing yang direndam dalam CaCl₂ 3% memiliki kandungan kalsium paling tinggi pada perlakuan tanpa HWT dan perlakuan HWT 10



Gambar 4. Kandungan kalsium belimbing manis pada berbagai perlakuan HWT dan konsentrasi CaCl₂.

menit, akan tetapi tidak pada perlakuan HWT 5 menit. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrasi CaCl₂ yang digunakan dalam proses pencelupan, maka akan semakin tinggi pula CaCl₂ yang terserap dalam buah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sari *et al.* (2004) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi CaCl₂ dan semakin lama waktu perendaman yang digunakan maka akan semakin tinggi pula kandungan kalsium dalam daging buah. Sari *et al.* (2004) juga menyatakan bahwa untuk keberhasilan perlakuan perendaman buah pascapanen dalam larutan kalsium, faktor-faktor seperti pengaturan suhu larutan atau lamanya waktu perendaman perlu diperhatikan. Hal tersebut berbeda dengan hasil penelitian Luna-Guzman *et al.* (1999) yang menyatakan bahwa kekerasan atau kandungan kalsium dalam buah *fresh cut* melon *Cantaloupe* semakin besar dengan semakin tinggi konsentrasi CaCl₂ yang digunakan, akan tetapi tidak dengan semakin lama pencelupan.

Hasil yang berbeda ditunjukkan pada buah yang diberi perlakuan HWT 5 menit, buah yang direndam dengan CaCl₂ 1% memiliki kandungan kalsium lebih besar dibandingkan dengan buah yang direndam dengan CaCl₂ 3%. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh beberapa aspek kualitas buah seperti tingkat kematangan serta kerusakan mesocarp pada buah (Witney *et al.* 1990).

Total Mikroba

Pengukuran total mikroba dilakukan pada hari penyimpanan ke-0 (setelah perlakuan), 12, dan 24. Pada awal penyimpanan (hari ke-0) nilai total mikroba berkisar antara 2.62-3.81 log CFUg⁻¹ mengalami peningkatan pada hari penyimpanan ke-24 berkisar antara 2.96-5.32 log CFUg⁻¹, dengan nilai total mikroba tertinggi terdapat pada buah yang diberi perlakuan HWT 10 menit dan CaCl₂

Tabel 2. Pengaruh HWT dan CaCl₂ terhadap total kapang khamir hari ke-24.

Perlakuan	Tanpa CaCl ₂	CaCl ₂ 1%	CaCl ₂ 3%
	Total Kapang Khamir (log CFUg ⁻¹)		
Tanpa HWT	0	4.80	3.41
HWT 5 menit	0	4.91	5.32
HWT 10 menit	0	5.24	4.44

1% sebesar 5.33 log CFUg⁻¹ dan terendah terdapat pada buah yang diberi perlakuan HWT 5 menit dan tanpa diberi perlakuan CaCl₂ sebesar 2.96 log CFUg⁻¹ (Tabel 1). Peningkatan jumlah mikroba selama penyimpanan dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan faktor ekstrinsik, dimana faktor intrinsik terdiri dari kandungan nutrisi, pH, potensi redoks, aktivitas air, komponen anti mikroba dan struktur pangan dalam buah, sedangkan faktor ekstrinsik terdiri dari suhu, kelembaban udara, dan kandungan udara di sekitar buah (Rahayu dan Nurwitri 2012).

HWT dan pencelupan dalam CaCl₂ berpengaruh terhadap total mikroba dalam buah selama penyimpanan. HWT selama 10 menit mampu menekan pertumbuhan total mikroba lebih besar dibandingkan dengan HWT selama 5 menit dan perlakuan tanpa HWT. Cantwell *et al.* (2001) menyatakan bahwa proses pencelupan daun bawang terolah minimal dalam HWT pada suhu 55°C selama 2 menit atau 52.5°C selama 4 menit merupakan cara paling efektif untuk mengontrol perluasan pertumbuhan dan peningkatan mikroba serta mampu menjaga warna daun selama penyimpanan.

Total mikroba pada buah terdiri dari bakteri, kapang dan khamir. Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa pada hari penyimpanan ke-24, pemberian CaCl₂ berpengaruh terhadap jumlah kapang dan khamir dalam buah. Buah yang tanpa diberi perlakuan CaCl₂ tidak ditumbuhi kapang dan khamir sama sekali, sedangkan buah yang diberi perlakuan CaCl₂ baik 1% ataupun 3% ditumbuhi kapang dan khamir dengan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan HWT 5 menit dan CaCl₂ 3% dengan nilai sebesar 5.32 log CFU g⁻¹. Pencelupan buah belimbing dalam larutan CaCl₂ mampu meningkatkan daya tahan buah terhadap kebusukan akibat jamur (Schirra *et al.* 1999; Yu *et al.* 2012), akan tetapi pada saat yang sama juga menyebabkan buah menjadi rentan terhadap pertumbuhan total mikroba sebagai akibat dari gejala kerusakan permukaan buah yang kemungkinan disebabkan karena konsentrasi CaCl₂ yang terlalu tinggi. Saftner *et al.* (1998) menyatakan bahwa pencelupan buah apel dalam larutan garam kalsium berkonsentrasi tinggi meningkatkan resiko kerusakan buah (luka) yang muncul karena pengaruh proses osmotik.

Simpulan

HWT selama 5 dan 10 menit pada suhu 46±0.2°C mampu menekan pertumbuhan total mikroba dan mempertahankan warna buah selama penyimpanan. Pencelupan buah belimbing dalam larutan CaCl₂ 1 dan 3% mampu meningkatkan kandungan kalsium dalam buah sampai 282.785 ppm, akan tetapi tidak direkomendasikan karena meningkatkan susut bobot dan menurunkan kekerasan buah selama penyimpanan. Buah yang tidak diberi perlakuan CaCl₂ memberikan respon yang lebih baik dibandingkan dengan buah yang diberi perlakuan CaCl₂. Buah yang diberi perlakuan CaCl₂ lebih mudah mengalami kerusakan serta memiliki umur simpan yang lebih pendek dibandingkan buah yang tidak diberi perlakuan CaCl₂.

Daftar Pustaka

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis, 16th Edition.
- Ahmad, U. 2013. Teknologi penanganan pascapanen buahan dan sayuran. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.
- Bassal, M., M. El-Hamahmy. 2011. Hot water dip and preconditioning treatments to reduce chilling injury and maintain postharvest quality of Navel and Valencia oranges during cold quarantine. *Postharvest Biol and Technol.* 60: 186-191.
- Cantwell, M.I., G. Hong, T.V. Suslow. 2001. Heat treatments control extension growth and enhance microbial disinfection of minimally processed green onions. *Hort Sci.* 36: 732-737.
- Chávez-Sánchez, I., A. Carillo-Lopez, M. Vega-Garcia, E.M. Yahia. 2013. The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. *Food Sci Technol.* 50(1):101-107.
- Couey, H.M. 1989. Heat Treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. *Hort Sci.* 24: 198-202.
- Fajriyati. 2010. Sayuran dan buah-buahan. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Hofman, P.J., B.A. Stubbings, M.F. Adkins, G.F. Meiburg, A.B. Woolf. 2002. Hot water treatment improve 'Hass' avocado fruit quality after cold

- disinfestation. *Postharvest Biol and Technol.* 24:183-192.
- Javdani, Z., M. Ghasemnezhad, S. Zare. 2013. A comparison of heat treatment and ascorbic acid on controlling enzymatic browning of fresh-cut apple fruit. *Agric and Crop Sci.* 3:186-193.
- Koukounaras, A., G. Diamantidis, E. Sfakiotakis. 2008. The effect of heat treatment on quality retention of fresh-cut peach. *Postharvest Biol and Technol.* 48: 30-36.
- Lamikanra, O. and M.A. Watson. 2007 Mild heat and calcium treatment effects on fresh-cut cantaloupe melon during storage. *Food Chem*, 102(4): 1383–1388.
- Li, X., W. Li, Y. Jiang, Y. Ding, J. Yun, Y. Tang, P. Zhang. 2011. Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut 'Fuji' apple. *Food Sci and Tech.* 46: 1947-1955.
- Luna-Guzman, I., M. Cantwell, D.M. Bagrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biol Technol.* 17:201-213.
- Lurie, S. 1998. Review: Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol Technol.* 14: 257-269.
- Manganaris, G.A., M. Vasilakakis, G. Diamanditis, I. Mignani. 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh *browning* and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chem.* 100: 1385-1392.
- Marsudi, H. Suroso, R. Hasbullah. 2007. Kajian teknis unit perlakuan panas metode uap (VHT) untuk pengendalian larva lalat buah pada apel. *Engineering Pertanian.* 5 No. 1.
- Pantastico, E.B. 1986. Fisiologi pasca panen, penanganan dan pemanfaatan buah-bauhan dan sayur-sayuran tropika dan sub tropika. Yogyakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- [PKHT] Pusat Kajian Hortikultura Tropika. 2007. Acuan standart operasional prosedur (SOP). LPPM IPB.
- Rahayu, W.P., C.C. Nurwitri. 2012. Mikrobiologi pangan. Bogor (ID): IPB Press.
- Rico, D., A.B. Martin-Diana, J.M. Barat, C. Barry-Ryan. 2007. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trend in Food Sci and Tech.* 18: 373-386.
- Saftner, R.A., W.S. Conway, C.E. Sams. 1998. Effects of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury in Golden Delicious apples. *American Society for Hort Sci.* 123: 294–298.
- Samson, J.A. 1992. Averrhoa L. Dalam: Verhej EWM, coronel RG, Editor. Plant Resources of South East Asia II: Edible fruit and Nuts. Bogor: Prosea Foundation. Hlm 96-98.
- Sari, F.E., S. Trisnowati, S. Mitrowihardjo. 2004. Pengaruh kadar CaCl₂ dan lama perendaman terhadap umur simpan dan pematangan buah mangga arumanis. *Ilmu Pertanian.* 11: 42-50.
- Schirra, M., P. Inglese, T. La Mantia. 1999. Quality of cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruit in relation to ripening time, CaCl₂ pre-harvest sprays and storage conditions. *Scientia Horti.* 81: 425-436.
- Syahfitri, M. 2006. Sifat fisik dan kimia buah mangga (*Mangifera indica*) Selama Penyimpanan dengan Berbagai Metode Pengemasan. *Jurnal teknologi dan Industri Pangan*, Vol.XVII no.1.
- Winarno, F.G. 2002. Kimia pangan dan gizi. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.
- Witney, G.W., P.J. Hofman and B.N. Wolstenholme. 1990. Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruits. *Scientia Hort.* 44: 269-278.
- Yu, T., C. Yu, C. Hu, H. Lu, M. Zunun, F. Chen, T. Zhou, K. Sheng, X. Zheng. 2012. Effect of *Cryptococcus laurentii* and calcium chloride on control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* infections in pear fruit. *Biological Control.* 61:169-175.
- Zambrano-Zaragoza, M.L., E. Mercado-Silva, L.A. Del Real, E. Gutiérrez-Cortez, M.A. Cornejo-Villegas, D. Quintanar-Guerrero. 2014. The effect of nano-coatings with α -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut "Red Delicious" apples. *Innovative Food Sci and Emerging Tech.* 22: 188-196.