PENGARUH $CaCl_2$ DAN *EDIBLE FILM* TERHADAP PENGHAMBATAN *CHILLING INJURY* BUAH NANGKA KUPAS

[Effect of $CaCl_2$ and Edible Film on Chilling Injury Inhibition of fresh-cut Jackfruits]

Ida Bagus Banyuro Partha [1], Suparmo [2], Moh. Ali Joko Wasono [3], dan Maria Ulfah [1]

[1] Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta
[2] Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
[3] Staf Pengajar Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Diterima 29 Juni 2008 / Disetujui 26 Juni 2009

ABSTRACT

Effect of $CaCl_2$ soaking and edible film coating to delay or inhibit chilling injury of freshly-cut jackfruit has been studied. The onset of chilling injury was monitored based on sadden increase of ethylene emission as measured on-line using CO_2-laser driven photoacoustic spectrometer.

Freshly cut edible part of ripe jackfruit was used as the research material. The fruit was soaked in 0%, 1%, 1,5%, 2% of $CaCl_2$ for 15 minutes. After rinsing, sample were divided into two parts each for edible coating and control. The edible film was prepared by soaking of the samples for 30 seconds in solution of white bean (Phaseolus lunatus, L.) edible coating, which was derived from our previous research. The samples were devided into two parts for destructive and non destructive analysis. Both were then stored at 4°C for 3 days, at which time the normal fruit suffer from chilling injury. For the non-destructive analysis, the samples were individually put in special cuvet and a flow-trough air system was connected to each cuvet for on-line ethylene monitoring. Data of real-time ethylene emission were collected automatically every 120 minutes during the three day cold storage. The other set of samples were put in a plascic bag and stored at 4°C for 3 days period. At the end of cold stored, the samples were let to adjust to room temperature for 1 hr before subjected to respiration rate, reducing sugars, total acidity, and texture analysis.

Result indicated that soaking with $CaCl_2$ and edible film coating of freshly-cut jackfruit delayed the on-set of chilling injury as indicated by late increase of ethylene emission. Based on pattern of ethylene emission during the three day storage and their respiration rate, the best treatment to delay chilling injury of fresly-cut jackfruit was soaking in $CaCl_2$ 2% in combination with edible film coating.

***Key word**: Jackfruit, $CaCl_2$, ethylene, cold storage, chilling injury, photoacoustic spectrometer*

PENDAHULUAN

Buah nangka (*Artocarpus heterophyllus, Lamk*) merupakan salah satu jenis buah tropis Indonesia yang dikelompokkan ke dalam buah klimakterik mempunyai rasa manis, aroma harum dan khas atau dikenal "exotic fruits". Buah nangka memerlukan penanganan khusus untuk dapat disantap karena kulitnya tebal, banyak getah dan "dami" (ampas). Selain itu buah nangka bersifat musiman dan mudah rusak baik pada suhu kamar maupun suhu dingin, sehingga ketersediannya terbatas. Oleh sebab itu, konsumen akan merasa dimudahkan oleh keberadaan buah nangka dalam bentuk segar dan atau dalam bentuk buah kupas dengan pengolahan minimal (*minimally processed fruits*).

Produk buah kupas siap saji pada umumnya mudah rusak sehingga mempunyai umur simpan relatif pendek. Upaya memperpanjang umur simpan produk buah kupas siap saji dapat dilakukan dengan beberapa cara agar mempunyai nilai keunggulan dan manfaat. Perlakuan dimaksud pada prinsipnya ditujukan untuk mengendalikan proses fisiologi seperti laju respirasi, produksi etilen dan menghambat aktivitas mikroorganisme (King dan Bolin, 1989 *cit*. Daryanti, dkk., 2004). Permasalahan yang dihadapi buah kupas siap saji adalah cepat lunak, tekstur lembek dan penyimpanan dingin dapat menyebabkan cacat suhu dingin atau *chilling injury*.

Chilling injury adalah kerusakan membran sel atau kematian sel dalam jaringan tanaman yang peka terhadap suhu dingin sebagai akibat terakumulasinya metabolit toksis seperti asetaldehid, etanol, oksalasetat, dan lain-lain. Suhu pemicu *chilling injury* buah-buahan tropis antara 5 – 15°C (Kader, 1992). Berbagai gejala "chilling injury" adalah luka pada permukaan (bercak-bercak coklat dan berlubang), nekrosis, *water soaking, wilting*, perubahan warna pada permukaan dan bagian dalam, kehilangan air dan berkerut, kerusakan tekstur dan flavor, memperpendek umur simpan, peluruhan (*decay*) meningkat karena kebocoran metabolit dan mendorong pertumbuhan mikroorganisme khususnya jamur, mempercepat senesensi dan produksi etilen akibat peroksidasi lipida serta buah gagal matang setelah keluar dari pendingin (Lyons, 1973; Skog, 1988; Tranggono, 1989; Kuo and Parkin, 1989).

Berbeda dengan buah segar (utuh dan berkulit), buah kupas dan potong umumnya disiapkan dari buah masak. Buah kupas dan potong dapat disimpan dalam pendingin dan siap saji. Buah masak melepas etilen paling

tinggi dan ditambah lagi pelukaan akibat pengupasan dan pemotongan menyebabkan pelepasan etilen makin besar dan berlanjut. Kerusakan akibat penyimpanan dingin juga memicu pelepasan etilen. Oleh sebab itu penghambatan dengan perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film*.

Penggunaan *edible film dan pelapisan (coating)* terbukti umur simpan produk buah kupas dan potong lebih lama akibat penghambatan semipermiabel terhadap gas, uap air, dan bahkan respirasi, reaksi pencoklatan enzimatik dan kehilangan air dapat terhambat (Baldwin and ohers, 1995b *cit*. Perez-Gago, *et al*., 2003). Banyak hasil penelitian menunjukkan bahwa *edible coating* sangat potensial untuk memperpanjang umur simpan "fresh cut" buah dan sayuran (Perez-Gago, *et al*., 2003).

Penggunaan garam kalsium seperti $CaCl_2$ dan pemanasan ringan dapat menghambat pelunakan tekstur serta mempertahankan kualitas baik pada buah dan sayuran utuh maupun terolah minimal seperti pada buah apel, apel iris, strawberry utuh dan iris, wortel iris, melon iris, *green bean* kaleng, wortel kaleng (Perez-Gago *et al.,* 2003; Barrry-Ryan and O'Bernie,1998). Ion Ca dapat berikatan dengan pektin membentuk kalsium pektat pada dinding sel dan lamela tengah, sehingga membran sel menjadi stabil (Guzman *et al*., 2000), sedangkan pemanasan ringan pada suhu 50° - 70°C dapat mengaktifkan enzim pektin metil esterase (PME) yang kemudian melakukan "demetilasi" senyawa pektin sehingga lebih banyak gugus karboksil yang dapat berikatan baik dengan ion Ca endogen maupun eksogen (Daryanti, et al., 2004). Garam kalsium khususnya $CaCl_2$ sering digunakan untuk memperbaiki tekstur buah.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* terhadap *chilling injury* buah nangka kupas berdasarkan perubahan pola pelepasan etilen yang diukur dengan spektrometer fotoakustik (SFA).

METODOLOGI

Bahan dan alat

Bahan penelitian adalah buah nangka matang segar varietas kunir yang diperoleh dari Pedagang nangka, Kota Baru, Yogyakarta. Kriteria buah nangka adalah ukuran besar, daging buah tebal, biji kecil, aroma harum, rasa manis dan kondisi segar. Bahan lain terdiri atas $CaCl_2$ (PA, Merck), *edible film* dibuat dari koro putih, dan bahan kimia untuk analisis etilen dan respirasi meliputii gas helium (He), CO_2, N_2, KOH, Bromothymol Blue (BTB), semua diperoleh di Laboratorium Fisika FMIPA UGM dan Laboratorium Kimia dan Biokimia INSTIPER Yogyakarta

Peralatan utama penelitian terdiri atas Spektrometer Foto Akustik (SFA) "intra cavity" dirakit di Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dan sebagai sumber cahaya digunakan *tuneable laser* CO_2 dengan kekuatan 5 watt; almari pendingin, dan kuvet khusus. Peralatan lain meliputi spektrofometer, unit respirator, unit "Universal Testing Machine Instrument Type 1000 S merk (Lloyd)" untuk mengukur kekerasan buah (tekstur) dan peralatan analisis kimia.

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor perlakuan dengan dua kali ulangan percobaan dan 3 kali ulangan analisis (Gomez and Gomez, 1995). Faktor perlakuan pertama adalah variasi konsentrasi larutan $CaCl_2$ (P) sebagai yang terdiri atas 4 taraf, yaitu : P_0 = perendaman tanpa CaCl2 (0 %), P_1 = $CaCl_2$ 1 %, P_2 = $CaCl_2$ 1,5 %, P_3 = $CaCl_2$ 2 %. Faktor kedua adalah pelapisan *edible film* (E) yang terdiri atas 2 taraf yaitu E_0 = tanpa pelapisan *edible film*, E_1 = pelapisan dengan *edible film*. Data pengamatan dianalisis keragaman (ANAKA) pada jenjang nyata 5 % ($p \leq 0,05$). Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan selanjutnya dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) pada jenjang nyata 5 % ($p \leq 0,05$).

Prosedur percobaan

Buah nangka dibelah dan dikupas, daging buah dipisahkan dari dami (ampas)nya, dibersihkan dari kotoran, kemudian daging buah nangka dipisahkan dulu bijinya lalu ditimbang. Daging buah nangka kupas lalu direndam dalam larutan $CaCl_2$ pada konsentrasi berturut-turut 1%, 1,5 %, 2% selama 15 menit pada suhu 50°C dan dibuat kontrol, kemudian ditiriskan dan dilapisi *edible film* dengan cara pencelupan selama 30 detik, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40° – 50°C selama 4 - 5 jam. *Edible film* yang dipakai berasal dari koro putih (*Phaseolus lunatus,* L.) hasil penelitian Tim INSTIPER dan UGM melalui Hibah Pekerti tahun 2005. Kemudian buah hasil perlakuan disimpan pada suhu 4°C dan selama 3 hari penyimpanan, pelepasan etilen diukur secara *on-line* dengan spektrometer foto akustik (SFA). Setelah penyimpanan dingin selama 3 hari, buah nangka kupas dikeluarkan dan dibiarkan pada suhu kamar selama 1 jam, selanjutnya diamati pelepasan etilen dengan metode Spektrometer Foto Akustik (SFA) (Harren and Reuss, 1977); laju respirasi metode Spektrofotometer (Umar-Santoso dan Murdijati-Gardjito, 1991); kadar gula reduksi metode Spekrofotometer – Nelson Samogyi (Sudarmadji, *et al*., 1984); total asam (Ranganna, 1979) dan uji tekstur (kekerasan buah) dengan "Instrument Lloyd Universal Testing Machine" (Suhardi, *et al*., 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelepasan etilen, laju respirasi, kadar gula reduksi, total asam dan tekstur buah nangka kupas. Semua analisisbuah nangka kupas setelah penyimpanan dingin dianalisis. Semua analisis tersebut dilakukan pada suhu kamar (±27°C) *kecuali* pengukuran pelepasan etilen

dilakukan secara *on-line* menggunakan spektrometer foto akustik (SFA) di ruang dingin pada suhu 4°C

Pelepasan etilen

Pelepasan etilen buah nangka kupas segar dan diukur pada suhu kamar dan suhu 4°C secara *real time* menggunakan Spektrometer Fotoakustik disajikan pada Gambar 1.

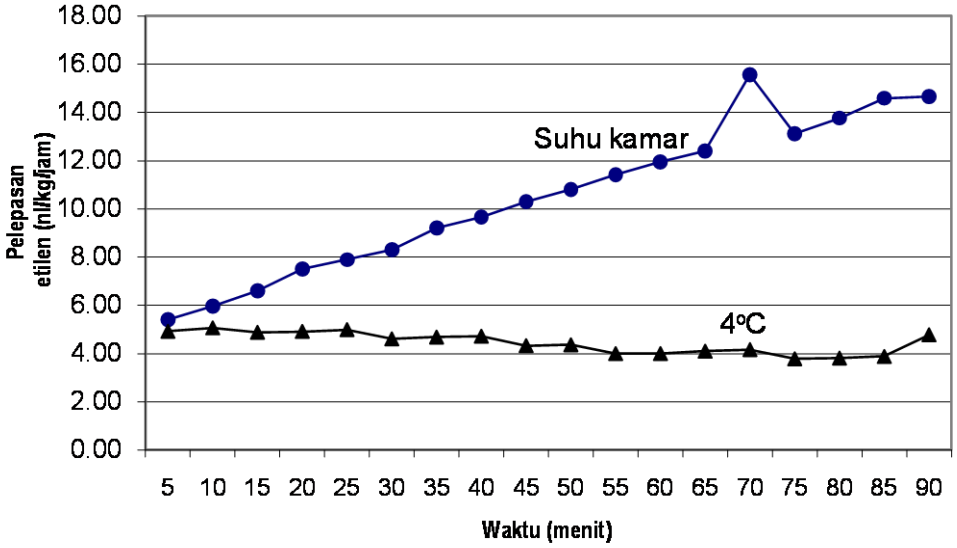
Gambar 1 menunjukkan bahwa pelepasan etilen buah nangka kupas yang diukur pada suhu kamar menunjukkan pola yang berbeda dengan pelepasan etilen pada suhu 4°C. Pelepasan etilen pada suhu kamar mengalami peningkatan selama penyimpanan karena sintesis etilen berlangsung normal tanpa hambatan oleh suhu rendah. Peningkatan pelepasan etilen dapat memperpendek umur simpan buah (Wills *et al*., 1981). Berbeda dengan pelepasan etilen pada nangka kupas yang disimpan pada suhu 4°C menghasilkan etilen yang rendah dan relatif stabil. Hal ini karena sintesis etilen dalam jaringan menjadi lambat pada suhu rendah. Enzim *ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) sintase* yang berperan dalam sintesis etilen menjadi tidak aktif akibat tekanan / stress pada suhu rendah (4°C), sehingga enzim tersebut tidak mampu mensintesis etilen secara normal (Yang dan Pratt, 1978).

Pelepasan etilen buah nangka kupas pada berbagai perlakuan yang diukur secara *on-line* pada suhu 4°C menggunakan Spekrometer Fotoakustik, disajikan pada Gambar 2.

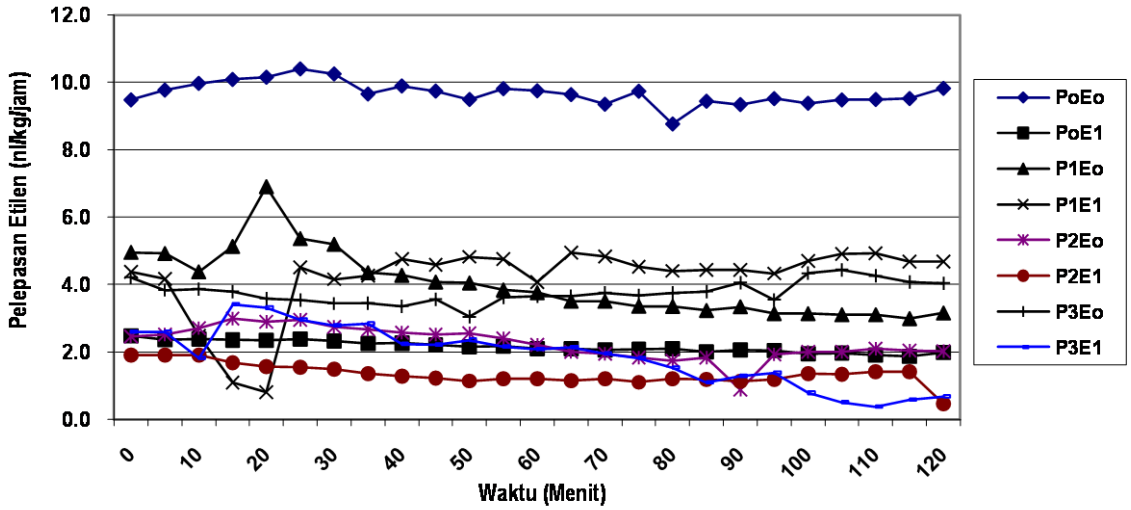
Gambar 2 menunjukkan bahwa pelepasan etilen buah nangka kupas pada kontrol (perendaman tanpa $CaCl_2$) menghasilkan pelepasan etilen paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* lainnya. Hal ini membuktikan, bahwa perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* dapat menghambat pelepasan etilen buah nangka kupas. Pelepasan etilen paling rendah ditunjukkan oleh buah nangka kupas yang direndam dalam $CaCl_2$ 1,5% dan dilapisi *edible film*, yang diikuti oleh direndam dalam $CaCl_2$ 2% dan dilapisi *edible film*, direndam dalam $CaCl_2$ 1% dan dilapisi *edible film.* Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ion Ca berikatan dengan pektin membentuk kalsium pektat pada dinding sel dan lamela tengah, sehingga dinding sel menjadi lebih kokoh dan stabil (Guzman *et al*., 2000; Valero, 1998; Shen, *et al*., 2000), sedangkan pelapisan *edible film* menghambat transfer oksigen ke jaringan buah (Perez-Gago, *et al*., 2003), sehingga kedua perlakuan tersebut terbukti dapat menghambat kerusakan buah karena suhu rendah (4°C) atau *chilling injury*.

Laju respirasi

Laju respirasi buah nangka kupas pada berbagai perlakuan variasi konsentrasi $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* dan diukur pada suhu kamar setelah buah mengalami pendinginan pada suhu 4°C, disajikan pada Gambar 3.



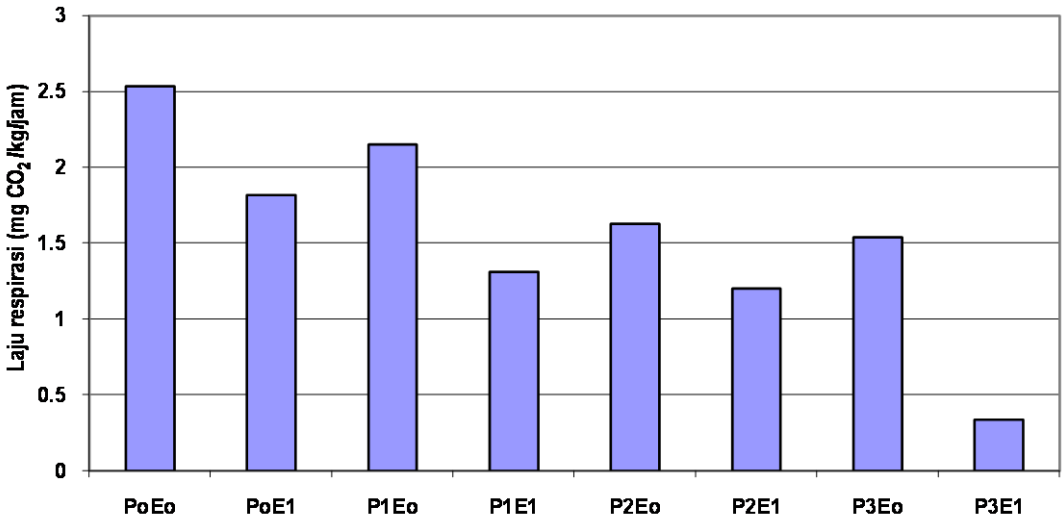
Gambar 1 Pelepasan etilen (nl/kg/jam) buah nangka kupas diukur pada suhu kamar dan suhu 4°C secara *real time* menggunakan Spektrometer Fotoakustik



Keterangan :

P_0E_0 = perendaman tanpa $CaCl_2$ (kontrol) ; P_1E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1 % tanpa *edible film* ; P_2E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % tanpa *edible film*; P_3E_0 = perendaman $CaCl_2$ 2 % tanpa *edible film* ; P_0E_1 = tanpa perendaman $CaCl_2$ 1 % dengan pelapisan *edible film* ; P_1E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1 % dan pelapisan edible film ; P_2E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % dan pelapisan edible film ; P_3E_1 = perendaman $CaCl_2$ 2 % dan pelapisan edible film.

Gambar 2 Pelepasan etilen (nl/kg/jam) buah nangka kupas pada berbagai perlakuan yang diukur secara *real time* pada suhu 4°C menggunakan Spektrometer Fotoakustik.



Keterangan :

P_0E_0 = perendaman tanpa $CaCl_2$ (kontrol) ; P_1E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1 % tanpa edible film ; P_2E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % tanpa edible film; P_3E_0 = perendaman $CaCl_2$ 2 % tanpa edible film ;P_0E_1 = tanpa perendaman $CaCl_2$ 1 % dgn pelapisanedible film ; P_1E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1 % dan pelapisan edible film ; P_2E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % dan pelapisan edible film ; P_3E_1 = perendaman $CaCl_2$ 2 % dan pelapisan edible film.

Gambar 3 Laju respirasi (mg CO_2/kg/jam) buah nangka kupas dengan berbagai perlakuan perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film*.

Gambar 3 menunjukkan bahwa laju respirasi nangka kupas pada berbagai perlakuan konsentrasi larutan $CaCl_2$ dan *edible film* menghasilkan laju respirasi yang lebih lambat dibandingkan dengan tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini disebabkan karena perlakuan pelapisan *edible film* menghambat transfer oksigen ke dalam buah sehingga respirasi aerobik terhambat. Laju respirasi terendah pada perlakuan perendaman dalam $CaCl_2$ 2 % dan pelapisan *edible film*, kemudian diikuti oleh perlakuan perendaman $CaCl_2$ 1,5% dan pelapisan *edible film)* dan perlakuann perendaman $CaCl_2$ 1% dan pelapisan *edible film*. Hal ini dimungkinkan karena ion Ca dari garam $CaCl_2$ dapat berikatan dengan pektin membentuk Ca-pektat pada dinding sel dan lamela tengah, sehingga dinding sel menjadi stabil (Guzman *et al*., 2000), sedangkan pelapisan *edible film* menghambat transfer oksigen ke dalam buah (Perez-Gago, *et al.*, 2003) sehingga respirasi aerobik dapat dicegah. Kedua kedua perlakuan tersebut terbukti dapat menghambat kerusakan/cacat suhu dingin (*chilling injury)* nangka kupas.

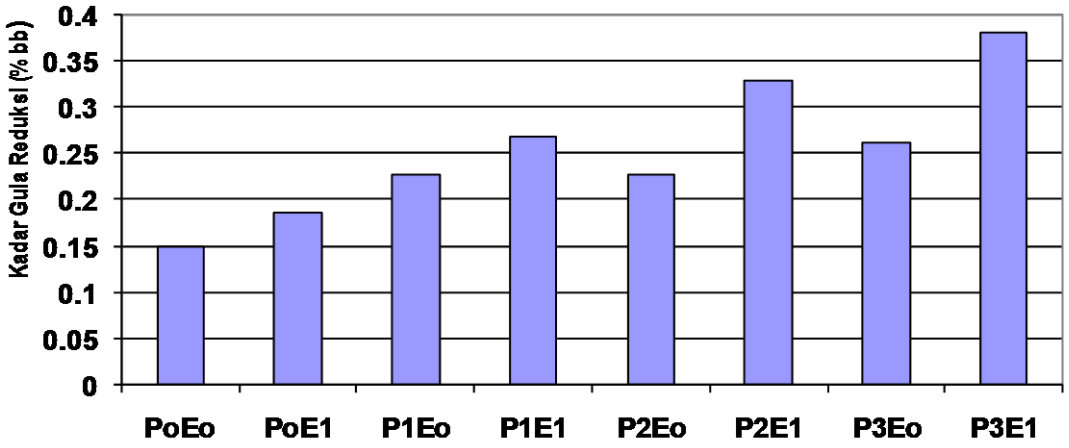
Gula reduksi

Gula reduksi buah nangka kupas pada berbagai perlakuan perendaman dalam $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* dianalisis pada suhu kamar dan setelah pendinginan pada suhu 4°C, disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa buah nangka kupas hasil perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dengan berbagai konsentrasi dan pelapisan *edible film* menghasilkan kadar gula reduksi lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa perlakuan (kontrol). Hal ini kemungkinan pemakaian gula reduksi rendah selama menurunnya respirasi (Wills *et al*., 1981). Kadar gula reduksi tertinggi pada perlakuan perendaman $CaCl_2$ 2% dan pelapisan *edible film*, kemudian diikuti perlakuan perendaman $CaCl_2$ 1,5% dan pelapisan *edible film* dan perlakuan perendaman $CaCl_2$ 1% dan pelapisan *edible film*. Hal ini sejalan dengan data laju respirasi nangka kupas (Gambar 3) yang menunjukkan nilai terendah pada perlakuan yang sama.

Total asam

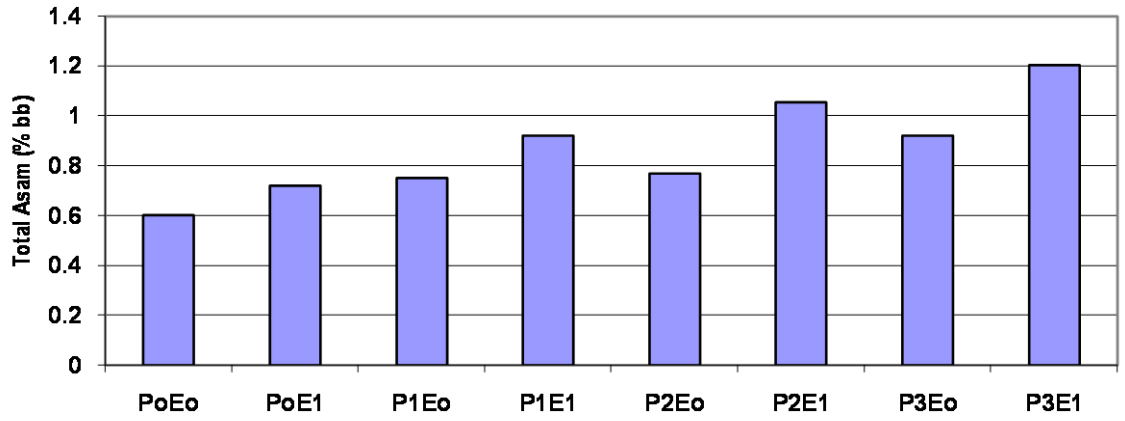
Total asam nangka kupas pada berbagai perlakuan perendaman dalam $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* dianalisis pada suhu kamar setelah buah mengalami pendinginan pada suhu 4°C, disajikan pada Gambar 5.



Keterangan :

P_0E_0 = perendaman tanpa $CaCl_2$ (kontrol) ; P_1E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1 % tanpa edible film ; P_2E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % tanpa edible film; P_3E_0 = perendaman $CaCl_2$ 2 % tanpa edible film ;P_0E_1 = tanpa perendaman $CaCl_2$ 1 % dgn pelapisan edible film ; P_1E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1 % dan pelapisan edible film ; P_2E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % dan pelapisan edible film ; P_3E_1 = perendaman $CaCl_2$ 2 % dan pelapisan edible film.

Gambar 4 Gula reduksi buah nangka kupas dengan berbagai perlakuan perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film*.



Keterangan :

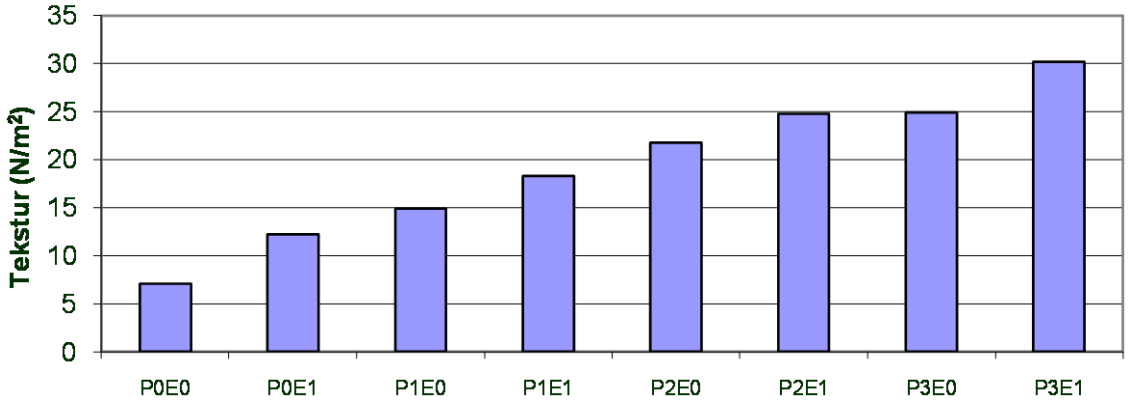
P_0E_0 = perendaman tanpa$CaCl_2$ (kontrol) ; P_1E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1 % tanpa edible film ; P_2E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % tanpa edible film; P_3E_0 = perendaman $CaCl_2$ 2 % tanpa edible film ;P_0E_1 = tanpa perendaman $CaCl_2$ 1 % dgn pelapisan edible film ; P_1E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1 % dan pelapisan edible film ; P_2E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % dan pelapisan edible film ; P_3E_1 = perendaman $CaCl_2$ 2 % dan pelapisan edible film

Gambar 5 Kadar total asam buah nangka kupas pada berbagai perlakuan perendaman dalam $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film*.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kadar total asam buah nangka kupas pada berbagai perlakuan perendaman dalam larutan $CaCl_2$ dan *edible film* lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan perlakuan pelapisan *edible film* menghambat transfer oksigen ke dalam daging buah sehingga laju respirasi menurun akibatnya pemecahan asam juga dihambat. Asam-asam organik seperti halnya karbohidrat, merupakan substrat untuk respirasi (Wills *et al*., 1981). Total asam tertinggi pada perlakuan perendaman $CaCl_2$ 2% dan pelapisan *edible film*, diikuti perendaman $CaCl_2$ 1,5% dan pelapisan *edible film* dan perendaman $CaCl_2$ 1% dan pelapisan *edible film*.

Tekstur

Tekstur buah nangka kupas pada berbagai perlakuan perendaman dalam $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* yang diukur pada suhu kamar setelah buah mengalami pendinginan pada suhu 4°C, disajikan pada Gambar 6.



Keterangan :

P_0E_0 = perendaman tanpa $CaCl_2$ (kontrol) ; P_1E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1 % tanpa edible film ; P_2E_0 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % tanpa edible film; P_3E_0 = perendaman $CaCl_2$ 2 % tanpa edible film ;P_0E_1 = tanpa perendaman $CaCl_2$ 1 % dgn pelapisan edible film ; P_1E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1 % dan pelapisan edible film ; P_2E_1 = perendaman $CaCl_2$ 1,5 % dan pelapisan edible film ; P_3E_1 = perendaman $CaCl_2$ 2 % dan pelapisan edible film.

Gambar 6 Tekstur (N/m^2) buah nangka kupas pada berbagai perlakuan perendaman dalam.

Diketahui bahwa tekstur buah nangka kupas hasil perlakuan perendaman dalam berbagai konsentrasi larutan $CaCl_2$ dan pelapisan *edible film* menunjukkan nilai F_{max} lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Gambar 6). Ini berarti perlakuan tersebut dapat mempertahankan tekstur buah yang lebih bagus. Makin tinggi konsentrasi $CaCl_2$ dan dilapisi dengan *edible film* dapat mempertahankan tekstur buah nangka kupas yang tinggi (30 N/m^2). Hal ini dapat disebabkan buah nangka kupas mempunyai respons positif terhadap perlakuan $CaCl_2$. Tidak semua jenis buah mempunyai respons positif terhadap perlakuan $CaCl_2$ karena bagi buah yang tidak tahan suhu rendah akan mengalami *Ca-injury* akibatnya warna kulit menjadi coklat kehitaman dan proses pematangan menjadi tidak sempurna (Daryanti, *et al* .,2004).

Nilai F_{max} tertinggi pada perlakuan perendaman $CaCl_2$ 2% dan pelapisan *edible film*, kemudian diikuti perlakuan perendaman $CaCl_2$ 1,5% dan pelapisan *edible film* dan perlauan perendaman $CaCl_2$ 1% dan pelapisan *edible film*. Respons positif terhadap $CaCl_2$ ini disebabkan karena ikatan silang antara ion Ca dengan senyawa pektin yang lebih banyak pada nangka kupas yang diberi perlakuan sehingga lebih tahan terhadap proses degradasi atau hidrolisis yang mengakibatkan pelunakan daging buah. Ion Ca dapat berikatan dengan pektin membentuk kalsium pektat pada dinding sel dan lamela tengah, sehingga tekstur buah menjadi lebih kokoh (Guzman *et al*., 2000). Sedangkan pemanasan ringan pada suhu sekitar 50° -70°C dapat memicu aktivitas enzim pektin metil esterase (PME) yang kemudian melakukan "demetilasi" pada senyawa pektin sehingga tersedia lebih banyak gugus karboksil yang dapat berikatan dengan ion kalsium (Daryanti, *et al.,* 2004).

KESIMPULAN

Perendaman buah nangka kupas dalam larutan $CaCl_2$ dengan berbagai variasi konsentrasi dan pelapisan *edible film* dapat menghambat pelepasan etilen, laju respirasi, penurunan kadar gula reduksi, total asam dan pelunakan tekstur buah nangka kupas. Perlakuan terbaik adalah perendaman dalam $CaCl_2$ 2% dan dilapisi *edible film* dengan ditandai dengan terbebasnya buah nangka kupas dari *chilling injury* dan rendahnya laju respirasi (0,379 mg CO_2/kg/jam), pelepasan etilen (1,347 nl/kg/jam).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Penelitian Hibah Bersaing XII, Nomor : 134/SPPP/PP/DP3M/IV/2005, tanggal 11 April 2005

DAFTAR PUSTAKA

Anonim.2001.http://vric.ucdavis.edu/selectnewtopic.minproc.htm. *Postharvest Handling Systems : Minimally Processed Fruits and Vegetables*.

Barry-Ryan C and O'Beirne D.1998. Quality and Shelf-life of Fresh Cut Carrot Slices as Affected by Slicing Method. *J Food Science* Vol. 63 :851-856.

Daryanti S Raharjo dan Suparmo. 2004. Upaya Menghambat Pelunakan Tekstur Buah Nangka Siap-Santap Dengan Perlakuan Pemanasan Ringan Dan $CaCl_2$. *Agrosains*, vol. 17 (3). p. 369-377.

Gomez KA and Gomez AA. 1984. *Statiscal Procedures for Agricultural Research*. John Wiley and Sons, New York.

Guzman IL, Cantwell M, and Barrett MD. 1999. Fresh-cut cantaloupes : effect of $CaCl_2$ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Posstharvest Biology and Technology*. Vol. 17. 1999. p. : 201-213.

Harren FJM and Reuss J.1997. Photoacoustic Spectroscopy. In: *Encyclopedia of Applied Physics*, Trigg GL (ed.), VCH Wennheim, Vol. 19, p. 413-435

Kader AA.1992. *Modified Atmosphere and Low-pressure Symtems during Transport and Storage*. University of California, USA.

Kuo S. and KL. Parkin, 1989. *Chilling injury in cucumbers (Cucumis sativa L.) associated with Lipid Peroxidation as measured by ethane evolution*, Journal of Food Science, 54 (6): p.: 1488-1499.

Lyons JM. 1973. Chilling Injury in Plants. *Ann Rev Plant Physiol* Vol. 24, p: 445-466.

McHugh TH, Huxsoll CC, and Krochta JM.1996. *Permeability* Properties of Fruit Puree Edible Films. *Journal of food science,* vol. 61 (1), p: 88-91.

Martinez-Romero D, Dupille E, Guillen F, Valverde JM, Serrano M and Valero S. 2003. 1-Methylcyclopropane Increases Storability and shelf life in Climacteric and Nonclimacteric Plums. *J Agric Food Chem* 51 : p 4680-4686.

Perez-Gago MB, Serra M, Alonso M, Mateos M, and Del Rio MA.2003. Effect of Solid Content and Lipid Content of Whey Protein Isolate-Beeswax Edible Coatings on Color Change of Fresh-cut Apples. *J Food Sci* Vol. 69 (7), p: 2186-2191.

Shen W, Nada K, and Tachibana S. 2000. Involvement of Polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars. *Plant Physiology* 124: 431-440.

Skog LJ. 1998. *Chilling Injury of Horticultural Crops*. Horticultural Research Institute of Ontario/University of Guelph.

Suparmo.1998. *Laju Emisi Etilen Buah-buahan Tropis yang Diukur Menggunakan Spektrometer – FA*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Gizi-Yogyakarta, hal : 398-404.

Valero D. 1998. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and absicic acid in lemon *(Citrus lemon, L Burm cv. Verna), Journal of Agricultue and Food Chemistry* 46: 2102-2109.

Wasono MAJ, Muslim, Tranggono dan Suparmo. *A CO_2 Laser Photoacoustic Spectroscopy in Trace Gas Monitoring of Tropical Fruits*. Proc. Of the International Conf. on Opto-electronics and Laser Applications. ICOLA'02 , 2002, Jakarta.

Wills RBH, Lee TH, Graham D, McGlasson WB and Hall EG. 1981. *Postharvest an Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables*. The AVI Publishing Company Inc. Westport, Connecticut.

Yang SF, and HK Pratt. 1978. *The Physiology of Ethylene in Woundes Plant Tissue*. Walter de Gruyten and CO., Berlin.