

PERBAIKAN MUTU PENGOLAHAN NENAS DENGAN TEKNOLOGI OLAH MINIMAL DAN PELUANG APLIKASINYA DI INDONESIA

Quality Improvement of Pineapple Processing Using Minimal Technology and Its Opportunities to be Applied in Indonesia

Sri Harnanik

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan
Jalan Kol. H. Barlian km 6 No. 83, Kotak Pos 1265 Palembang 30153
Telp. (0711) 410155, Faks. (0711) 411845
E-mail: btp-sumsel@litbang.deptan.go.id, sriharnanik@gmail.com

Diajukan: 19 Januari 2011; Disetujui: 20 Desember 2012

ABSTRAK

Konsumen saat ini cenderung menghendaki buah olahan dengan sensori seperti buah segar, mudah penyajiannya, dan menyehatkan. Para peneliti telah mengembangkan teknologi alternatif dari pengolahan nenas secara termal konvensional dengan teknologi olah minimal. Tulisan ini mengulas kandungan dan nutrisi buah nenas, faktor-faktor penyebab kerusakan nenas, dan teknologi olah minimal yang telah diuji coba untuk pengolahan dan pengawetan buah nenas serta peluang pengembangannya di Indonesia. Pengawetan nenas dapat dilakukan dengan teknologi olah minimal. Teknologi olah minimal seperti refrigerasi dan MAP tidak menurunkan mutu sensori dan nutrisi pada produk olahan, namun umur simpan produk lebih singkat dibanding metode termal serta lebih rumit penerapan maupun pengontrolannya. Teknologi olah minimal buah nenas dengan membran dan UV berpotensi menjadi alternatif teknologi pasteurisasi dan sterilisasi jus nenas yang selama ini dilakukan dengan teknologi panas tinggi. Aplikasi teknologi olah minimal dapat dilakukan oleh industri skala kecil-menengah maupun industri besar, dengan didukung pengetahuan teknis yang memadai serta ketersediaan peralatan yang mudah diterapkan dan harga yang terjangkau untuk memenuhi kebutuhan konsumen dalam negeri maupun manca negara.

Kata kunci: Nenas, teknologi olah minimal, pengolahan, nutrisi, kerusakan

ABSTRACT

Recent consumers desire processed fruits with sensory like as fresh fruits, easy to serve and having healthy effect. The researchers have developed alternative technology for pineapple processing, namely minimally processing technology to replace the conventional thermal processing. This article discussed about nutrition, factors causing perishability, minimally process technology on pineapple and their possibility application in Indonesia. Pineapple can be preserved using a minimally processing technology. Application of the technology such as refrigeration and MAP did not lower the sensory and nutritional quality of processed products, but the product shelf life was shorter than that obtained using thermal technology and it is more complex in applying and controlling the process. Minimally processing technology on pineapple using membrane and UV is likely to be an alternative

methods for pineapple juice pasteurization and sterilization that commonly done with high heat technology. Minimally processing technology can be applied by small-medium and large industries, and supported by adequate technical knowledge and equipment that is easy to use and at affordable price to meet the needs of domestic and foreign consumers.

Keywords: Pineapple, processing, minimal technologies, preservation

PENDAHULUAN

Nenas segar memiliki umur simpan pendek, yakni hanya 4–6 hari (Hajare *et al.* 2006). Jika ada luka atau memar, nenas yang disimpan pada suhu ruang akan terfermentasi dan segera membusuk. Hal ini mengakibatkan distribusi nenas segar ke berbagai penjuru dunia menjadi terbatas, sehingga yang lebih banyak beredar adalah nenas olahan.

Sebagian besar buah olahan di pasaran diawetkan dengan teknologi pemanasan (Kormendy 2006). Produk nenas olahan dengan pemanasan yang banyak terdapat di pasaran adalah nenas kaleng, jus nenas (kemasan tetra pack atau karton), selai, jeli, dan nenas kering. Volume nenas olahan berupa nenas kaleng dan jus nenas pada tahun 2004 di perdagangan dunia mencapai 5,6 juta ton dari sekitar 16 juta ton produksi dunia (de Carvalho *et al.* 2008). Nenas olahan tersebut memiliki masa simpan yang panjang sehingga dapat menjangkau konsumen yang lebih luas.

Produk nenas kaleng yang diolah dengan sterilisasi suhu tinggi memiliki penampakan buah yang kurang menarik, yakni lebih suram, teksturnya agak lembek, serta aroma dan rasanya jauh berkurang dibanding buah segarnya. Kandungan komponen fitokimia dan enzim umumnya rusak selama pemanasan. Nenas olahan seperti selai dan dodol yang diolah dengan panas intensif juga memiliki warna yang gelap dan kurang beraroma nenas. Rattanathanalerk *et al.* (2005) melaporkan perlakuan pemanasan pada jus nenas menyebabkan degradasi

warna jus menjadi lebih gelap. Parameter warna a dan b berubah mengikuti ordo reaksi pertama dan pembentukan senyawa hidroksi metil furfural (HMF) mengikuti reaksi ordo nol. HMF merupakan senyawa yang menyebabkan terbentuknya warna jus menjadi cokelat selama penyimpanan.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan kesehatan, konsumen saat ini cenderung menghendaki produk pangan yang mudah penyajiannya, rasa dan nilai gizinya seperti buah segar, serta memiliki efek positif bagi kesehatan (Hosain dan Rahman 2011). Oleh karena itu, akhir-akhir ini banyak diuji coba teknologi pengolahan alternatif pengganti teknologi suhu tinggi, yakni teknologi olah minimal pada buah-buahan, termasuk nenas. Namun, aplikasi teknologi olah minimal secara komersial masih memerlukan pengkajian karena memiliki beberapa kelemahan.

Buah nenas merupakan buah yang cukup dominan di Indonesia dan produk olahannya menjadi komoditas ekspor yang penting. Tulisan ini mendiskusikan tentang nutrisi buah nenas, penyebab kerusakan buah nenas, hasil-hasil penelitian teknologi olah minimal untuk mempertahankan mutu gizi dan sensori buah nenas, serta peluang aplikasinya di Indonesia.

NUTRISI BUAH NENAS

Nenas memiliki nilai gizi yang tinggi, kaya akan vitamin A, B, C, dan mineral (kalsium, fosfor, dan besi), dan mengandung senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan (polifenol dan flavonoid) (Hossain dan Rahman 2011). Nilai gizi 100 g buah nenas dapat dilihat pada Tabel 1. Buah nenas juga mengandung enzim bromelin dan serat yang baik untuk kesehatan (George 2007). Nenas dilaporkan mengandung polifenol, flavonoid, dan kapasitas menangkap radikal bebas yang cukup baik, meski lebih rendah dibanding pisang mas dan jambu biji (Alothman *et al.* 2010). Nenas juga berpotensi

meningkatkan kesehatan karena kemampuannya mengikat asam empedu (Kahlon dan Smith 2007). Keragaman kandungan air, serat, gula, asam, vitamin C, dan total padatan terlarut pada 52 klon tanaman nenas di Indonesia cukup tinggi (Sutarto 1989). Dari segi aroma atau *flavor*, kultivar nenas berbeda dari segi kuantitasnya, namun dari segi kualitas tidak banyak berbeda (Elss *et al.* 2005).

PENYEBAB KERUSAKAN BUAH NENAS

Kerusakan buah nenas dapat disebabkan oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik berupa serangan mikroba dan serangga, sedangkan faktor abiotik disebabkan oleh pengaruh internal dan eksternal. Pengaruh internal berupa proses metabolisme seperti aktivitas enzim dan respirasi, sedangkan faktor eksternal mencakup suhu, mekanis, cahaya, kelembapan, dan kerusakan mekanis.

Kerusakan nenas dapat terjadi pada saat prapanen, pascapanen, pengolahan, dan penyimpanan. Kerusakan prapanen dapat muncul dari kebun, yaitu adanya serangan hama kutu putih (*mealybug*) yang merupakan hama utama pada perkebunan nenas (Mamahit 2008). Serangan *mealybug* menyebabkan penampakan buah tidak menarik (berlubang, kusam) dan keberadaannya dapat memacu infeksi mikroorganisme yang dapat menyebabkan buah membusuk. Serangan ini terjadi di kebun, namun dapat bertahan dan berkembang selama penyimpanan jika kondisi penyimpanannya sesuai. Serangan dapat dicegah dengan menjaga sanitasi kebun dan merendam ujung batang bekas pemotongan dalam larutan fungisida segera setelah panen (Thomson 2003).

Laju respirasi menandai laju perubahan komposisi bahan tanaman dan umumnya menjadi indikasi ketahanan umur simpannya (Martinez-Ferrer *et al.* 2002). Laju respirasi buah dapat dipacu oleh peningkatan suhu sehingga mengakibatkan degradasi bahan berlangsung lebih cepat (Lozano 2006). Gonzales-Aquilar *et al.* (2004) menyatakan proses respirasi juga meningkat jika buah mengalami pelukaan atau pemotongan. Pelukaan atau pemotongan akan meningkatkan aktivitas metabolisme, *dekompartementalisasi* enzim dan substrat sehingga menyebabkan terjadinya pencokelatan (*browning*), pelunakan, dan *off-flavor*. Proses pemotongan dapat meningkatkan laju respirasi dan produksi etilen dalam beberapa menit dan menurunkan umur simpan dari 1–2 minggu menjadi hanya 1–3, hari meski pada suhu yang optimal. Akumulasi etilen nenas potong terdeteksi mulai hari ketiga pada penyimpanan suhu 10°C dan pada hari keempat pada suhu 4°C, dan terus meningkat hingga pada hari kesepuluh (Rocculi *et al.* 2009). Marrero dan Kader (2006) melaporkan akhir umur simpan nenas potong komersial ditandai dengan peningkatan laju respirasi yang tajam dan produksi etilen.

Kerusakan buah nenas ditandai dengan terjadinya perubahan warna, berkurangnya aroma, munculnya bau,

Tabel 1. Nilai gizi dalam 100 g nenas.

Kandungan gizi	Jumlah
Air (g)	84
Karbohidrat (g)	12
Protein (g)	1,2
Serat (g)	1,2
Vitamin C (mg)	36,2
Vitamin E (mg)	0,02
Vitamin A (µg RAE)	3
Tiamin (mg)	0,079
Riboflavin (g)	0,031
Niasin (mg)	0,489
Piridoksin (mg)	0,110
Asam folat (µg)	15

Sumber: Sanchez-Moreno *et al.* (2006).

kehilangan vitamin C, pelunakan, dan perubahan tekstur (Torri *et al.* 2010). Perubahan warna yang menandai kerusakan nenas di antaranya adalah pencokelatan. Pencokelatan dapat disebabkan oleh reaksi enzimatis dan nonenzimatis. Pencokelatan internal muncul selama penyimpanan, terutama jika disimpan pada suhu rendah dalam jangka waktu lama. Kerusakan ini sering dikaitkan dengan *chilling injury*. Jenis nenas hijau mudah mengalami *chilling injury* jika disimpan pada suhu di bawah 10° C, sedangkan untuk nenas Smooth Cayenne pada suhu di bawah 7° C. *Chilling injury* pada nenas dapat dikenali dengan ciri-ciri antara lain warna kulit tidak dapat berubah dari hijau ke kuning, kulit yang kuning berubah menjadi cokelat, bagian mahkota buah mengering, layu dan pudar, dan jaringan internal tampak berair (Thomson 2003). Di China, kejadian pencokelatan internal lebih tinggi pada nenas yang dipanen pada musim dingin dibanding pada musim lainnya (Lu *et al.* 2011). Rocculi *et al.* (2009) melaporkan nenas potong mengalami perubahan warna menjadi lebih cokelat dan warna kuningnya berkurang selama penyimpanan 6 hari pada suhu 4° C karena aktivitas enzim polifenoloksidase yang membentuk pigmen melanin.

Beberapa perlakuan telah dilaporkan dapat mengurangi kejadian pencokelatan pada nenas. Perlakuan 1-metilsiklopropana (1 MCP) konsentrasi 0,1 ppm selama 18 jam pada suhu 28° C efektif mengontrol pencokelatan selama penyimpanan pada suhu 10° C selama 4 minggu (Thomson 2003). Penyimpanan nenas segar pada tekanan CO₂ 8,11 kPa dapat menekan aktivitas enzim polifenoloksidase penyebab pencokelatan (Marrero dan Kader 2006). Menurut Lu *et al.* (2011), perlakuan asam salisilat dengan cara penyemprotan pada saat prapanen dan perendaman setelah panen efektif menurunkan kejadian dan intensitas pencokelatan nenas yang dipanen pada musim dingin.

Spanier *et al.* (1998) dalam Rahman 2011 melaporkan munculnya *off-flavors* pada buah nenas potong yang disimpan dalam wadah pada suhu 4° C selama 10 hari, meskipun secara fisik buah tidak terlihat rusak. Rocculi *et al.* (2009) melaporkan nenas potong mengalami penurunan ketegaran atau pelunakan selama penyimpanan. Pelunakan diduga disebabkan oleh aktivitas enzim pelunak jaringan seperti pektinesterase, poligalakturonase, dan betagalaktosidase.

Faktor biotik penyebab kerusakan pascapanen buah meliputi serangan mikroorganisme baik jamur, bakteri maupun khamir. Jamur *Thielaviopsis* dapat menyerang nenas utuh pada saat di kebun maupun selama penyimpanan dan menyebabkan busuk hitam atau *black rot*. Serangan dapat terjadi melalui ujung batang, yang jika dibiarkan dapat menyebar ke bagian dalam buah. Jaringan bagian dalam buah menjadi lunak, hitam, berair, dan mengeluarkan bau (Wijesinghe *et al.* 2010). Penyakit ini dapat dicegah dengan menggunakan campuran fungisida benomil dan 3% lilin (Sunarmani 1993). Selain fungisida, aplikasi agens pengendali hayati *Trichoderma asperellum*

dapat mengendalikan penyakit ini (Wijesinghe *et al.* 2010).

Bakteri mesofilik, kapang, dan khamir juga ditemukan pada buah nenas potong yang disimpan (Rocculi *et al.* 2009). Montero-Calderon *et al.* (2008) melaporkan bakteri mesofilik, bakteri psikrofilik, kapang, dan khamir menjadi pembatas umur simpan nenas potong segar kultivar Gold yang dikemas dan disimpan pada suhu 5° C. Pada produk olahan nenas berkadar air tinggi, seperti jus nenas, bakteri dan khamir merupakan penyebab utama kerusakan. Jus nenas yang diproses dengan pasteurisasi pada suhu 70° C selama 15 menit menunjukkan kerusakan selama penyimpanan 24 jam (Mardini *et al.* 2007). Ghenghes *et al.* (2005) menemukan jus nenas yang dijual di kota Tripoli mengandung berbagai bakteri patogen dan khamir.

Faktor eksternal seperti suhu, kelembapan, dan proses pengolahan juga dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan mutu nenas. Nenas adalah buah berkadar air tinggi, sehingga jika disimpan pada suhu tinggi atau kelembapan rendah maka buah mudah menjadi kisut karena terjadi penguapan. Buah nenas yang dihamparkan pada suhu ruang mengalami susut pascapanen hingga 35,1%, sedangkan yang disimpan pada suhu 15° C susut panennya hanya 15% setelah 21 hari penyimpanan (Broto *et al.* 1996). Nenas potong kemasan yang dijual di pasar swalayan dalam lemari berpendingin, umur simpannya hanya 2–3 hari karena pencokelatan dan akumulasi cairan dalam kemasan (Antoniolli *et al.* 2007). Proses pengolahan seperti pemanasan dapat menyebabkan degradasi warna jus akibat reaksi pencokelatan nonenzimatis, reaksi Maillard, dan destruksi pigmen. Chutintasri dan Noomhorm (2007) melaporkan pure nenas yang dipanaskan pada suhu 70–110° C mengalami degradasi warna dengan kinetika reaksi mengikuti ordo satu (parameter L, b) dan ordo nol (total warna, kecerahan, dan indeks pencokelatan). Pemanasan berupa *blanching* dan pengeringan udara panas juga dapat menurunkan kandungan komponen bioaktif antosianin dan karotenoid pepaya dan nenas (Sian dan Ishak 1991).

Selama penyimpanan, kehilangan gizi dapat terjadi akibat panas, cahaya, oksigen, dan aksi enzim. Adisa (1986) melaporkan vitamin C buah nenas hilang 40% selama penyimpanan pada suhu 30° C selama 8 minggu. Sementara Zheng dan Lu (2011) menunjukkan penurunan total fenol, antioksidan, dan vitamin C selama penyimpanan jus nenas yang dipasteurisasi.

TEKNOLOGI OLAH MINIMAL PADA PENGOLAHAN NENAS

Teknologi olah minimal didefinisikan sebagai teknologi proses pengolahan yang mampu mengawetkan bahan, tetapi tidak banyak menyebabkan kerusakan mutu gizi dan sensori. Teknologi ini meliputi teknologi termal dan nontermal, MAP, teknologi rintangan (*hurdle*), serta penggunaan pengawet alami dan kemasan aktif.

Teknologi termal masuk dalam kategori olah minimal jika dapat menghasilkan kerusakan yang minimal (Ohlsson *et al.* 2002). Teknologi olah minimal yang telah diuji coba untuk mengawetkan dan mengolah buah nenas antara lain adalah penggunaan suhu rendah, pembekuan, MAP, penggunaan ozon, UV, membran, dehidroosmosis, dan teknologi *hurdle*.

Penggunaan Suhu Rendah

Penyimpanan pada suhu rendah dapat menekan aktivitas respirasi dan metabolisme, menunda proses penuaan, pematangan, dan pelunakan, mencegah perubahan warna dan tekstur, kehilangan air dan pelayuan, serta menurunkan aktivitas mikroorganisme penyebab kerusakan. Namun harus diwaspadai buah yang disimpan pada suhu rendah bisa mengalami *chilling injury*.

Penggunaan suhu rendah dapat meningkatkan umur simpan nenas utuh 2–4 minggu, namun harus memerhatikan suhu yang tepat. Paul dan Rohrbach (2002) merekomendasikan penyimpanan nenas utuh pada suhu 7,5–12° C dengan kelembapan 70–95%. Penyimpanan nenas utuh pada suhu kurang dari 7° C dapat menyebabkan *chilling injury* dan pada kisaran suhu 2–4° C dapat terjadi pencokelatan. Broto *et al.* (1996) melaporkan kombinasi suhu rendah (15° C) dan pengemasan dapat menurunkan susut buah nenas utuh hingga 20%. Namun, perlakuan suhu rendah masih memiliki keterbatasan. Buah nenas yang disimpan pada suhu rendah, kulit dan mahkotanya dapat mengering karena kehilangan air (Thomson 2003) sehingga mengakibatkan susut bobot.

Di Indonesia, nenas utuh umumnya dijual di pasar tradisional tanpa pengemasan, hanya dihamparkan pada suhu ruang. Hal ini tidak menjadi masalah apabila lokasi pasar tidak jauh dari produsen dan buah dapat terjual dalam waktu 3 hari, namun jika stok berlebih dapat menimbulkan kerugian. Penggunaan suhu rendah di pasar-pasar tradisional dan daerah dekat sentra nenas perlu memperhitungkan tambahan biaya dibanding keuntungan yang akan diperoleh.

Penggunaan suhu rendah untuk memperpanjang umur simpan nenas utuh akan menguntungkan bila

dilakukan oleh pengecer, toko buah atau pasar swalayan yang memiliki mesin pendingin untuk buah-buahan, terutama di daerah perkotaan atau wilayah yang jauh dari sentra nenas. Hal ini karena meskipun ada tambahan biaya, konsumen masih bersedia membayar lebih tinggi.

Selain pada pasar swalayan, nenas segar untuk tujuan ekspor juga lebih baik disimpan pada suhu rendah. Pengembangan rantai dingin di sentra penghasil nenas untuk tujuan ekspor perlu dilakukan karena dapat memperpanjang umur simpan nenas. Nenas segar yang akan diekspor segera dimasukkan ke dalam ruang pendingin dalam waktu kurang dari 6 jam setelah panen.

Selain nenas utuh, di pasaran juga tersedia nenas potong. Perubahan gaya hidup yang menuntut kepraktisan dan kecenderungan konsumen untuk memperoleh manfaat kesehatan dari buah segar menjadi peluang pasar bagi nenas potong. Dibanding buah lainnya, sebelum dikonsumsi nenas perlu dikupas, dicuci, dan dipotong. Hal ini dapat menjadi peluang usaha nenas potong terolah minimal siap saji (Mikasari dan Hidayatullah 2005).

Selain suhu, umur simpan nenas potong juga ditentukan oleh jenis kemasan yang digunakan (Tabel 2). Kombinasi suhu 5° C dan kemasan *stretch film* dan *styrofoam* memiliki masa simpan cukup lama, yakni 12 hari, dan dapat diadopsi oleh pengecer yang menyediakan mesin pendingin. Untuk usaha nenas potong skala kecil, pemasarannya dapat dilakukan dengan menitipkan buah pada warung atau kantin yang memiliki kulkas, sedangkan pedagang buah nenas potong keliling dapat menggunakan es batu di sekeliling buah.

Pembekuan dan Pengeringan Beku (*Freeze Dry*)

Pembekuan merupakan salah satu metode terbaik untuk memperpanjang umur simpan buah. Pembekuan dapat mengawetkan warna asli, *flavor*, dan nutrisi, menurunkan laju reaksi degradasi, dan menghambat aktivitas mikroba, tetapi sejumlah reaksi kimia, fisika, dan biokimia masih dapat terjadi. Pembekuan dengan menurunkan suhu

Tabel 2. Umur simpan irisan nenas potong pada penyimpanan suhu rendah dikombinasikan dengan kemasan.

Suhu °C	Kemasan	Umur simpan (hari)	Referensi
0 dan 2,2	Tanpa kemasan	14	Marrero dan Kader (2006)
4	Polipropilen (PP)	7	O'Connor-Shaw <i>et al.</i> (1994)
5	Polietilen (PE)	8	Mikasari dan Hidayatullah (2005)
5	Stretch plastik dan <i>styrofoam</i>	12	Sunarmani <i>et al.</i> (1993)
4	Mikrofilm	5	Torri <i>et al.</i> (2010)
10	Tanpa kemasan	4	Marrero dan Kader (2006)
7,6	Mikrofilm, polivinilklorida	2	Torri <i>et al.</i> (2010)
16	Mikrofilm, polivinilklorida	1	Torri <i>et al.</i> (2010)

hingga -18°C (suhu di mana terjadi kristalisasi air yang merupakan komponen terbesar buah-buahan), menyebabkan penurunan *water activity* (*aw*) sehingga reaksi kimia, biokimia, dan aktivitas mikroba berjalan lambat, dan jika suhu terus dipertahankan selama penyimpanan akan dapat mengawetkan buah-buahan hingga satu tahun atau lebih (de Ancos *et al.* 2006). Pengerinan beku dapat menghasilkan produk pangan dengan mutu terbaik dibanding metode pengerinan lainnya.

Kandungan gula jus nenas yang dibekukan dilaporkan tidak berubah hingga 18 bulan (Li dan Schumann 1983), begitu pula pada nenas potong, kadar gula dan padatan terlarutnya tidak berubah hingga satu tahun (Bartolome *et al.* 1996). Perlakuan prapembekuan, dengan *blanching* dalam larutan gula, CaCl_2 , asam askorbat, dan kombinasi dehidroosmosis dan pengerinan udara panas dapat memengaruhi mutu nenas beku (Chauhan *et al.* 2009; Ramallo dan Ramashane 2010).

Di Indonesia, akhir-akhir ini usaha pembekuan buah-buahan makin berkembang. Di Semarang, terdapat gerai yang menjual buah beku termasuk nenas tanpa kulit dengan konsumen utama restoran (Fahriyadi dan Syafina 2011). Buah musiman seperti mangga dalam bentuk pure maupun irisan telah diteliti teknik pembekuannya (Mulyawanti *et al.* 2008) dan telah diproduksi pure mangga beku. Usaha pembekuan buah nenas kemungkinan kurang berkembang jika produk ditujukan untuk konsumen dalam negeri, karena nenas segar tersedia sepanjang tahun, kecuali untuk daerah yang jauh dari sentra nenas. Untuk tujuan ekspor dan bahan baku industri, usaha pembekuan nenas skala besar masih berpeluang dikembangkan. Permintaan nenas beku hingga 24 ton dari Jepang setelah tsunami ke suatu perusahaan di Indonesia (Anonim 2011) menggambarkan bahwa potensi nenas beku untuk ekspor masih terbuka.

Pengemasan Atmosfer Termodifikasi

Pengemasan atmosfer termodifikasi (*modified atmosphere packaging*/MAP) didefinisikan sebagai pengaturan komposisi gas di dalam dan di sekitar produk segar yang berkaitan dengan respirasi dan transpirasi dalam suatu kemasan. Komposisi gas yang diatur biasanya O_2 , CO_2 , ozon, nitrogen, dan etilen, serta senyawa antietilen metilsiklopropena (MCP) (Thomson 2003). Oksigen biasanya diatur konsentrasinya serendah mungkin untuk mengurangi kerusakan akibat bakteri perusak, tetapi dapat diberikan konsentrasi tinggi untuk mencegah respirasi pada buah-buahan (Sivertsvik *et al.* 2002). Permeabilitas kemasan, konsentrasi awal gas, suhu penyimpanan, dan berat bahan dapat memengaruhi umur simpan nenas potong yang dikemas secara MAP (Montero-Calderon *et al.* 2008).

Aplikasi MAP (2% O_2 , 5% CO_2) dikombinasikan suhu rendah (10°C) dapat memperpanjang umur simpan nenas utuh hingga 30 hari (Sunarmani *et al.* 1996). Pada nenas

potong, MAP dapat memperpanjang umur simpan 7–14 hari, bergantung konsentrasi dan komposisi gas, suhu, dan perlakuan tambahan seperti pelapisan (*coating*) (Gonzalez-Aquilar 2004; Marrero dan Kader 2006; Liu *et al.* 2007; Montero-Calderon *et al.* 2008; Rocculi *et al.* 2009).

MAP telah digunakan secara komersial, namun penelitian mengenai teknologi ini masih terus berkembang. Penggunaan gas lain seperti etilen, klorin, dan sulfur dioksida pada MAP telah diteliti, namun belum diterapkan secara komersial karena keamanan, regulasi, dan biaya (Sandhya 2010).

Teknik MAP belum diaplikasikan secara komersial di Indonesia, meskipun penelitian sudah banyak dilakukan. Hal ini karena tidak tersedianya peralatan pengaturan gas yang mudah dan terjangkau, kurangnya pengetahuan masyarakat akan teknik ini, serta penggunaan teknik ini memerlukan suhu rendah selama penyimpanan, yang berarti harus menambah modal dan tempat. Selain itu, peningkatan umur simpan nenas potong dengan teknik ini juga tidak sebanding dengan kerumitan proses.

Dehidrasi Osmosis

Dehidrasi osmosis merupakan teknik pengurangan sebagian kadar air jaringan tanaman melalui pencelupan pada larutan hipertonik, misalnya larutan gula atau larutan garam. Konsentrasi gula pada produk dapat menurunkan *water activity* (*aw*) sehingga produk menjadi lebih tahan lama. Meski demikian, perendaman buah dalam larutan gula dengan menurunkan *aw* hingga 0,9 masih belum cukup mencegah pertumbuhan bakteri, kapang, dan *yeast* sebagai penyebab kerusakan (Saxena *et al.* 2009). Dehidrasi osmosis efektif pada suhu ruang sehingga dapat meminimalkan kerusakan akibat panas terhadap tekstur, warna, dan *flavor* (Torreggiani 1993).

Dehidrasi osmosis banyak digunakan untuk mengurangi kadar air pada buah-buahan untuk memperoleh produk semibasah atau sebagai praperlakuan sebelum proses lebih lanjut, seperti sebelum proses pembekuan, pengerinan beku, pengerinan vakum atau pengerinan udara, untuk memperbaiki sensori, sifat-sifat fungsional, dan nutrisi (Lombart *et al.* 2008). Proses osmosis juga dapat digunakan untuk pemekatan jus buah (Hongvalearat *et al.* 2008). Namun dalam skala besar, penggunaan proses osmosis memerlukan larutan gula dalam jumlah besar, dan larutan gula menjadi lebih gelap dan berkaramel jika dipanaskan. Oleh karena itu, proses ini akan ekonomis jika di lokasi produksi tersedia gula dalam jumlah besar dan murah serta sisa gula dapat didaur ulang atau diproduksi menjadi produk olahan lain seperti sirup atau alkohol. Larutan gula juga tidak dapat bertahan lebih dari satu minggu pada suhu ruang karena mudah terfermentasi (Shi dan Xue 2009). Perendaman nenas dalam larutan gula 30–50% dapat memperpanjang umur simpan nenas hingga satu bulan (Manarisip *et al.* 1995).

Perbaikan mutu hasil pengolahan buah nenas dengan dehidroosmosis, dari segi pertahanan nutrisi dan *flavor* dapat dilakukan dengan teknik *coating* (Singh *et al.* 2010). Pemekatan jus nenas dapat dilakukan pada suhu rendah dengan teknik kombinasi perendaman garam CaCl_2 dan membran (Hongvaleerat *et al.* 2008).

Di Indonesia, teknik dehidroosmosis telah diterapkan dalam pembuatan manisan nenas, baik berupa manisan basah maupun manisan kering. Namun, karena kandungan gula yang tinggi, pengawetan ini memiliki keterbatasan dari segi sensori dan tidak baik bagi penderita diabetes. Agar kadar gulanya tidak berlebihan dan memiliki umur simpan yang lebih lama, maka teknik ini dapat dikombinasikan dengan teknik lainnya seperti penambahan pengawet.

Penggunaan Radiasi Ultraviolet (UV)

Ultraviolet bersifat germisidal terhadap bakteri, virus, protozoa, kamir, kapang, dan alga. Efek germisidal tertinggi diperoleh pada panjang gelombang 250–270 nm. Perlakuan UV pada panjang gelombang 254 nm telah digunakan untuk desinfeksi permukaan, air dan berbagai produk pangan cair seperti jus buah.

Perlakuan UV dilakukan pada suhu rendah dan termasuk dalam metode desinfeksi nontermal. Kelebihan UV adalah bersifat nontermal, tidak toksik, produk samping yang berupa kontaminan organik dapat dibuang, bau dan rasa tidak menyimpang, dan membutuhkan energi yang sangat kecil dibanding pasteurisasi termal (Trand dan Farid 2005).

Penggunaan radiasi UV pada jus nenas dapat menurunkan jumlah mikroba. Besarnya penurunan jumlah mikroba dipengaruhi oleh intensitas lampu dan lamanya ekspos (Keyser *et al.* 2008). Selain menurunkan jumlah mikroba, penggunaan radiasi UV pada dosis tertentu tidak mengurangi kemampuan antioksidan buah nenas, bahkan meningkatkan senyawa flavonoid (Alothman *et al.* (2009). Hanya saja kadar vitamin C-nya dapat menurun. Oleh karena itu, penggunaan radiasi UV untuk mempertahankan mutu nenas harus memerhatikan kondisi yang tepat dengan mempertimbangkan aspek kehilangan vitamin C dan penurunan jumlah mikroba.

Penelitian penggunaan UV di Indonesia dilakukan oleh Suharyono (2010) untuk pasteurisasi sari buah jeruk nipis. Perlakuan UV dengan dosis 0,1 kGray selama 75 detik pada sari buah jeruk tidak mengurangi kandungan vitamin C, menurunkan jumlah total bakteri yang setara dengan pemanasan 72°C selama 15 detik, namun mengurangi penerimaan sensori. Secara komersial, penggunaan UV telah diterapkan pada sterilisasi air minum. Tersedianya peralatan UV dengan harga yang terjangkau di pasaran akan mendorong pengembangan usaha jus buah skala kecil-menengah tanpa menggunakan bahan pengawet.

Teknologi Rintangan (*Hurdle*)

Teknologi rintangan adalah penggunaan kombinasi beberapa teknik dengan cara menerapkan berbagai rintangan yang dapat mencegah pertumbuhan mikroba pada suatu produk. Misalnya kombinasi antara penggunaan kemasan, bahan pengawet, penyimpanan suhu rendah, pH rendah, aw rendah, dan atau penggunaan panas ringan. Teknologi rintangan menggunakan kombinasi pengawet kimia dapat mengawetkan nenas potong hingga 1–3 bulan pada suhu ruang (Lopez-Malo dan Palou 2008; Saxena *et al.* 2009). Pengawet kimia yang digunakan umumnya adalah potasium sorbat, natrium benzoat, dan sodium metabisulfit. Namun karena pengawet kimia mulai dihindari konsumen, para peneliti terus mencari pengawet alami.

Pelapisan film antimikroba alami kitosan-CMC dan vanilin telah diuji coba untuk mengawetkan nenas potong (Sangsuwan 2008). Penggunaan kitosan-CMC dapat menurunkan *S. cerevisiae* dan laju respirasi. Penggunaan vanilin 1.000 ppm pada jus nenas dapat mereduksi kapang (Lopez-Malo *et al.* 1995). Penggunaan ekstrak sitrun/lemon dapat mengurangi dosis sodium benzoat pada jus nenas yang diproses dengan teknik homogenisasi bertekanan tinggi untuk menekan pertumbuhan kapang *Fusarium oxysporum* (Bevilacqua *et al.* 2012). Pengawet alami selain efektivitasnya lebih rendah, sering kali juga memengaruhi rasa dan aroma buah karena umumnya berasal dari minyak atsiri.

Teknologi Membran

Teknologi separasi membran menawarkan sejumlah kelebihan dalam industri pangan, antara lain dapat meningkatkan mutu produk secara signifikan dibanding proses pemanasan, memperbaiki sifat-sifat separasi unik, fraksinasi dan pemekatan kontinu, dapat untuk desalinasi dan purifikasi larutan, konsumsi energi rendah, meningkatkan efisiensi, serta *layout* pabrik sederhana (Tragardh 1995). Pada produksi jus, penggunaan teknologi separasi membran dapat melindungi produk dari kerusakan akibat perlakuan panas, seperti karamelisasi gula dan pencokelatan (de Carvalho *et al.* 2008). Skalanya juga mudah digandakan dan pengoperasiannya sederhana (Laorko *et al.* 2010).

Kekurangan teknik ini adalah *fouling* (deposisi bahan pada permukaan membran atau pada pori) yang menyebabkan perubahan kinerja membran. *Fouling* menyebabkan penurunan *flux* dan kadang juga mengubah sifat-sifat separasi (Tragard 1995). Teknologi membran hanya dapat diterapkan pada produk pangan cair seperti jus. Perlakuan hidrolisis enzim sebelum proses penjerihan jus dan pulp buah dapat menurunkan viskositas, memperbaiki permeasi *flux*, dan menurunkan *fouling* (Laorko *et al.* 2010).

Laorko *et al.* (2010) menggunakan membran ultra-filtrasi dan mikrofiltrasi untuk penjernihan dan sterilisasi jus nenas pada suhu rendah. Perlakuan jus nenas dengan teknik filtrasi membran dapat memisahkan padatan terlarut dan mikroba dengan sempurna tanpa menurunkan pH, gula pereduksi, dan keasaman. Pada pengujian membran yang berukuran pori 0,2 µm didapatkan jus jernih dengan senyawa fitokimia yang masih tetap bertahan, yakni vitamin C 98%, kandungan total fenol 93,4%, dan kapasitas penangkap radikal bebas (DPPH) 99,6%, sedangkan kapang, bakteri koliform, dan khamir dapat dipisahkan.

Teknologi membran sudah cukup lama dikenal di Indonesia, bahkan ilmuwan Institut Teknologi Bandung telah berhasil mematenkan produk membrannya di luar negeri (Pristiyanto 1999). Teknologi membran saat ini telah diproduksi secara nasional dan diuji coba pada beberapa aplikasi, seperti penjernihan air dan limbah (Triharyo 2011). Di masa yang akan datang, teknologi ini akan semakin berkembang dengan aplikasi yang lebih luas, seperti di bidang pangan dan industri lainnya.

PELUANG PENGEMBANGAN PROSES MINIMAL NENAS DI INDONESIA

Meningkatnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan pangan yang sehat dan kesibukan yang menuntut kepraktisan dapat menjadi peluang untuk mengembangkan produk-produk buah hasil olah minimal. Penerapan teknologi olah minimal pada buah nenas secara luas dapat terwujud jika didukung oleh SDM dan ketersediaan peralatan yang praktis dengan harga yang terjangkau. Produksi produk olah minimal seperti nenas potong segar, jus nenas, manisan nenas, dan nenas beku yang nutrisi dan sensorinya tidak jauh berbeda dengan buah segar, dapat dilakukan oleh industri skala kecil-menengah dengan target konsumen penduduk di wilayah perkotaan atau yang jauh dari sentra nenas.

Peluang nenas segar untuk ekspor masih terbuka luas karena permintaan pasar luar negeri masih cukup besar. Teknik MAP nenas utuh dapat diadopsi untuk nenas yang akan diekspor karena dapat memperpanjang umur simpan hingga 30 hari. Produk olahan nenas Indonesia saat ini, seperti nenas kaleng dan jus nenas dalam kemasan *tetrapack* yang diproduksi oleh industri besar, menurut Suprihartini (1998) masih memiliki keunggulan kompetitif dan komparatif yang cukup tinggi. Volume ekspor jus dan nenas kaleng pada perusahaan-perusahaan besar terus meningkat. Jus nenas (8.814 ton) dan nenas kaleng (9.254 ton) asal Lampung pada November 2010 telah menembus pasar ekspor di 16 negara (Harian Medanbisnis 2011). Bagi industri jus nenas, teknologi pengolahan dengan suhu rendah menggunakan membran dan UV dapat menjadi pilihan untuk dikembangkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Nenas merupakan bahan yang mudah rusak akibat faktor biotik dan abiotik. Pengawetan nenas dapat dilakukan dengan teknologi olah minimal. Teknologi olah minimal seperti refrigerasi dan MAP memiliki kelebihan karena tidak menurunkan mutu sensori dan nutrisi pada produk olahan, namun masih memiliki kekurangan di antaranya umur simpan produk lebih singkat dibanding metode termal serta lebih rumit penerapan maupun pengontrolannya.

Teknologi olah minimal buah nenas dengan membran dan UV berpeluang menjadi alternatif teknologi pasteurisasi dan sterilisasi jus nenas yang selama ini dilakukan dengan teknologi panas tinggi. Aplikasi teknologi olah minimal dapat dilakukan oleh industri skala kecil-menengah maupun industri besar, namun harus didukung pengetahuan teknis yang memadai serta ketersediaan peralatan yang praktis dengan harga yang terjangkau.

DAFTAR PUSTAKA

- Alothman, M., R. Bath, dan A.A. Karim. 2009. UV radiation induced change of antioxidant capacity of tropical fruit. *J. Food Sci. Emerging Technol.* 10: 512–516.
- Alothman, M., R. Bath, B. Kaur, A. Fazillah, and A.A. Karim. 2010. Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *J. Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 11: 666–671.
- Antoniolli, L.R., B.C. Benedetti, J.M.M. Sigris, N.F.A. Silveira. 2007. Quality evaluation of fresh-cut 'Pérola' pineapple stored in controlled atmosphere. *Ciênc. Technol. Aliment Camp.* 27: 530–534.
- Bartolome, A.P., P. Ruperez, and C. Fuster. 1996. Freezing rate and frozen storage effects on color and sensory characteristics of pineapple fruit slices. *J. Food Sci.* 61(1): 154–156.
- Bevilacqua, A., D. Comaniello, M. Sinigaglia, C. Ciccarone, and M.R. Corbo. 2012. Sodium benzoate and citrus extract increase the effect of homogenization toward spores of *Fusarium oxysporum* in pineapple juice. *J. Food Control* 28: 199–204.
- Broto, W., Suyanti, dan Syaifulah. 1996. Teknik pengemasan buah nenas dalam kemasan karton untuk mempertahankan mutu segarnya. *Jurnal Hortikultura* 6(3): 287–302.
- Chauhan, O.P., P.S. Raju, S. Asha, and A.S. Bawa. 2009. Modelling of pretreatment protocols for frozen pineapple slices. *J. Food Sci. Technol.* 42: 1283–1288.
- Chutintasri, B. and A. Noomhorm. 2007. Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *J. Food Sci. Technol.* 40: 300–306.
- De Ancos, B., C. Sanchez-Moreno, S. de Pascual-Teresa and M.P. Cano. 2006. Fruit freezing principles. p. 59. *In* Y. Hui (Ed). *Handbook of Fruit and Fruit Processing*. Blackwell Publishing.
- De Carvalho, L.M.J., I.M. de Castro, and A.B. da Silva. 2008. A study of retention of sugars in the process of clarification of pineapple juice (*Ananas comosus*, L. Merrill) by micro- and ultra-filtration. *J. Food Engin.* 87: 447–454
- Elss, S., C. Preston, C. Hertzog, F. Heckel, E. Richling, and P. Schreier. 2005. Aroma profiles of pineapple fruit (*Ananas comosus* [L.]Merr.) and pineapple products. *J. LWT.* 38: 263–274.

- Fahriadi dan Syafina DC. 2011. Meraup laba dari usaha pembekuan buah segar kupas. <http://www.peluang.uasaha.kontan.co.id> [7 September 2011].
- George M. 2007. Pineapple. [http://whfoods.com/genpage.php/tname=food_spice&dbid=34](http://whfoods.com/genpage.php?tname=food_spice&dbid=34) [10 Maret 2011].
- Ghenghesh, S.K., K. Belhaj, W.B. El-Amin, S. El-Nefathi and A. Zalmum. 2005. Microbiological quality of fruit juices sold in Tripoli-Libya. *J. Food Control* 16(10): 855-858.
- González-Aguilar, G.A., S. Ruiz-Cruz, R. Cruz-Valenzuela, A. Rodríguez-Félix, and C.Y. Wang. 2004. Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents. *LWT-Food Sci. Technol.* 37: 369-376.
- Hajare, S., V. Dolane, R. Shasidar, S.S. Saroj, A. Sharma, and Bandekar. 2006. Radiation processing of minimally processed pineapple *Ananas comosus*: Effect on nutritional and sensory quality. *J. Food Sci.* (71): 501-505.
- Harian medanbisnis. 2011. Ekspor Jus Nenas Lampung Tembus 16 Negara. <http://www.medanbisnisdaily.com>. [22 Maret 2011]
- Hongvaleerat, C., L.C.M. Chabral, M. Dornier, M. Reynes, and S. Ningsanond. 2008. Concentration of pineapple juice by osmotic evaporation. *J. Food Engin.* (88): 548-552.
- Hossain, M.A and M.M.A. Rahman. 2011. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of tropical fruit pineapple. *Food Res. Int.* 44: 672-676
- Jiao, B., A. Cassano, and E. Drioli. 2004. Recent advances on membrane processed for the concentration of fruit juice. *J. Food Engin.* 63: 303-324.
- Kahlon, T.S. and G.E. Smith. 2007. *In vitro* binding of bileacids by bananas, peaches, pineapple, grapes, pears, apricot and nectarines. *J. Food Chem.* 101: 1046-1050.
- Kalia, A. and P.R. Gupta. 2006. Fruit microbiology. p. 12. *In Hui* (Ed). *Handbook of Fruit and Fruit Processing*. Blackwell Publishing.
- Keyser, M., I.A. Muller, F.P. Cilliers, W. Nel, and P.A. Gouws. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *J. Innovative Food Sci. Emerging Technol.* 3(9): 348-354.
- Kormendy. 2006. Fruit processing: Principles of heat treatment. p. 45. *In Hui* (Ed). *Handbook of Fruit and Fruit Processing*. Blackwell Publishing.
- Laorko, A., L. Zhenyu, S. Tongchitpakdee. S. Chantachum, and W. Youravong. 2010. Effect of membrane property and operating conditions on phytochemical properties and permeate flux during clarification of pineapple juice. *J. Food Engin.* (100): 514-521.
- Lazano J.E. 2006. *Fruit Manufacturing: Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reaction of Technological Important*. SpringerScience.
- Li, B. and P.J. Schumann. 1983. Sugar analysis of fruit juices: Content and method. *J. Food Sci.* 48: 633-653.
- Liu, C.L., C.K. Hsu, and M.M. Hsu. 2007. Improving the quality of fresh-cut pineapples with ascorbic acid/sucrose pretreatment and modified atmosphere packaging. *Packag. Technol. Sci.* 20: 337-343.
- Lombart, G.E., J.C. Oliveira, A. Andre's, and P. Fito. 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *J. Food Engin.* (85): 277-284.
- Lopez-Malo, A., S.M. Alzamora, and Argai. 1995. Effect of natural vanillin on germination time and radial growth of mould in fruit-based agar system. *Food Microbiol.* 12: 213-219.
- López-Malo, A. and E. Palou. 2008. Storage stability of pineapple slices preserved by combined method. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43: 289-29.
- Lu, X., D. Sun, Y. Li, Y. She, and G. Sun. 2011. Pre- and postharvest salicylic acid treatment alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit. *Scientia Horticultura* 130: 97-101.
- Mamahit, J.M.E. 2008. Biologi kutu putih *Dysmicoccus brevipennis cockerel* (Hemiptera:Pseudococcidae) pada tanaman nenas dan kencur. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat* 19(2): 164-173.
- Manarisip, J., A.M. Salmon, M. Lumingkewas, J. Mandey, M. Tandililing, Sutirtayasa, J. Mambo, dan N.N. Sulawerti. 1995. Pembuatan manisan dari buah nenas. *Majalah Ilmiah BIMN* 8 (6): 108-114.
- Mardini, I.N., N. Malahayati, dan E. Arafah. 2007. Sifat fisik, kimia, dan sensori sari buah nenas dengan penambahan kalsium sitrat, malat dan pektin. hlm. 38-43. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi 2007 (SNT 2007)*, Yogyakarta, 24 November 2007.
- Marrero, A. and A.A. Kader. 2006. Optimal temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh cut pineapple. *J. Postharvest Biol. Technol.* 39: 163-168.
- Martínez-Ferrer, B., C. Harper, F. Pérez-Muñoz, and M. Chaparro. 2002. Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits. *J. Food Sci.* 67: 3365-3371.
- Mikasari, W. dan Hidayatullah. 2005. Kajian umur simpan buah nenas (*Ananas comosus* L Merr) terolah minimal pada suhu rendah. hlm. 222-226. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Mendukung Pembangunan Pertanian di Lahan Kering*, Bengkulu 11-12 November 2005. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Bogor.
- Montero-Calderon, M., M.A. Rojas-Grau, and O. Martin-Beloso. 2008. Effect of packaging condition on quality and shelf life of fresh-cut pineapple. *J. Postharvest Biol. Technol.* (50): 182-189.
- Mulyawanti I., Dewandari K.T. dan Yulianingsih. 2008. Pengaruh waktu pembekuan dan penyimpanan terhadap karakteristik irisan buah mangga arumanis beku. *J. Pascapanen* 5(1): 51-58.
- O'Connor-Shaw, R.E., R. Roberts, A.L. Ford, and S.M. Nottingham. 1994. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple, cantaloupe. *J. Food Sci.* 59: 1202-1206.
- Ohlsson, T., Gothenburg, and Bengtsson. 2002. *Minimally Processing Technologies in the Food Industry*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 34 pp.
- Paul and Rohrbach. 2002. *The Pineapple: Botany, production, and uses*. CABI Publishing, Cambridge MA USA. 239 pp.
- Ramallo, L.A and R.H. Ramashane. 2010. Dehidrofrozening of pineapple. *J. Food Engin.* 269-275.
- Rattanathanalerk, M., N. Chiewchan, and W. Srichumpoung. 2005. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *J. Food Engin.* 66: 259-265.
- Rocculi, P., E. Coci, S. Romani, Sacchetti, and M.D. Rosa. 2009. Effect of MCP treatment and N₂O MAP on physiological and quality changes of fresh cut pineapple. *J. Postharvest Biol. Technol.* 51: 371-377.
- Triharyo. 2011. Penggunaan teknologi membran untuk memproduksi air bersih. www.triharyo.com. [Diakses 15 September 2011].
- Sandhya. 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future need. *J. Food Sci. Technol.* 43: 381-392.
- Saxena, S., B.B. Mishra, R. Chander, and A. Sharma. 2009. Shelf stabil intermediate moisture pineapple (*Ananas comosus*) slices using hurdle technology. *J. Food Sci. Technol.* 42. 1681-1687.
- Sanchez-Moreno, S. de Pascual-Teresa, B. de Ancos, and M.P. Cano. 2006. Nutritional values of fruit. *In* Y.H. Hui (Ed). *Handbook of Fruit and Fruit Processing*. Blackwell Publishing. pp. 30-34.
- Sian, N.K. and Ishak. 1991. Carotenoid and anthocyanin content of papaya and pineapple: Influence of blanching and predrying treatment. *J. Food Chem.* 39: 175-185.
- Shi, J. and J. Xue. 2009. Application and development of osmotic dehydration technology in food processing. *In* C. Ratti (Ed.) *Advances in Food Dehydration*. p. 20. CRC Press. New York.

- Singh, C., H. Sharma, and B. Sarkar. 2010. Influence of process conditions on the mass transfer during osmotic dehydration of coated pineapple samples. *J. Food Process. Pres.* (34): 700–714.
- Sivertsvik, M., J.T. Rosnes, and H. Bergslien. 2002. Modified atmosphere packaging. *In* T. Ohlsson, Gothenburg and Bengtsson (Eds.). *Minimally Processing Technologies in the Food Industry*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Suharyono, A.S. 2010. Efek sinar uv terhadap kandungan total mikroba dan vitamin C sari buah jeruk nipis. *Teknologi Pascapanen Fakultas Pertanian Unila*. www.docstoc.com
- Sutarto, Y. 1989. Pengamatan keragaman kualitas buah di antara klon tanaman nenas. *Penelitian Hortikultura* 3(4): 95–99.
- Sunarmani, S. Elizabeth, dan S. Sentausa. 1993. Aspek umur petik dan penyimpanan suhu rendah terhadap mutu irisan segar nenas Blitar (var Queen). *Sub Balai Penelitian Hortikultura Pasarminggu, Jakarta*.
- Sunarmani, D. Amiarsi, W. Broto, dan S. Sentausa. 1996. Pengaruh komposisi oksigen dan karbondioksida dalam wadah tertutup terhadap mutu dan daya simpan nenas. *J. Hortikultura* 5(5): 80–93.
- Suprihartini, R. 1998. Analisis daya saing nenas kaleng Indonesia. *Jurnal Agro Ekonomi* 17(2): 22–23.
- Thomson, A.K. 2003. *Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage*. Second ed. Blackwell Publishing. Ltd. 308 pp.
- Tragardh, G. 1995. New development in membrane processing. *In* A.G. Gaonkar (Ed). *Food Processing: Recent development*. Elsevier Science and Technol Book. 87 pp.
- Trand, M.T.T. and M. Farid. 2005. Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative. Food Sci. Emerging Technol.* 5, 495-502.
- Torri, L., N. Shinelli, and S. Limbo. 2010. Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using electronic nose. *Life J. Postharvest Biol. Technol.* (56): 239–245.
- Torreggiani, D. 1993. Osmotic dehydration in fruits and vegetable processing. *Food Res. Int.* 26: 59–68.
- Wijesinghe, C.J., W.R.S. Wijeratman, J.K. Samarasekara, and R.R. Wijesundera. 2010. Biological control of *Thielaviopsis paradoxa* on pineapple by an isolate of *Trichoderma asperellum*. *J. Biol. Control.* 53: 285–290.
- Zheng, H. and H. Lu. 2011. Use of kinetic Weibull and PLSR models to predict the retention of ascorbic acid, total phenol and antioxidant activity during storage of pasteurized pineapple juice. *LWT Food Sci. Technol.* 44: 1273–1281.