

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Botani sawo

Tanaman sawo (Achras sapota) berdasarkan taksonominya termasuk dalam divisio Spermatophyta, subdivisio Angiospermae, klas Dycotyledone, ordo Ebenales, famili Sapotaceae dan genus Achras. Pohon sawo termasuk tanaman tahunan yang dapat mencapai tinggi 20 m dan bila dibentuk sebagai pohon perdu dapat mencapai tinggi 10 m. Daunnya berbentuk bundar memanjang, tumbuh bergerombol pada bagian ujung tangkai atau ranting. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau mengkilap dan bagian bawah berwarna kecoklatan. Tanaman ini bertajuk lebar dan rindang (Rismunandar, 1990).

Buah sawo berbentuk oval dengan garis tengah 3-8 cm dan berat 75-200 g (Salunkhe dan Desai, 1986). Kulit buahnya tipis dan sedikit bergetah, sedangkan daging buahnya tebal berwarna coklat tua kemerah-merahan dengan rasa yang manis dan enak. Buah sawo mempunyai biji yang pipih berwarna coklat kehitaman.

Sawo mempunyai beberapa kultivar yang berbeda-beda di setiap negara. Di Philipina, yang terkenal adalah "Ponderosa Chico", di Florida : "Brown Sugar", "Modello", "Prolific" dan "Russel". Di India selatan, kultivar yang paling banyak ditanam adalah "Badam", "Bangalora", "Baramasi", "Culcutta", "Crickett ball", "Dwarpudi", "Gauranga", "Guthi", "Jovannalas". Cheema dalam Salunkhe dan Desai (1986) mengatakan ada tujuh jenis kultivar yang terkenal di India barat, yaitu "Bhuri", "Dholadiwani", "Long Large Calcutta", "Fingar", "Kali" dan "Vanjet", sedangkan di India tenggara terdapat kultivar : "Ayyangar", "Bangalore", "Pot Sapota", "Dwarpudi", "Gauranga".

Di Malaysia, buah sawo ini dikenal dengan nama "ciku". Menurut Abdul-Karim dan Abu Bakar (1989), buah sawo di Malaysia diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama berdasarkan penampakan fisiknya, yaitu buah sawo yang ramping dan memanjang (varietas Subang), buah sawo yang bulat (varietas Betawi), dan buah sawo yang oval (varietas Pasir dan Jantung).

Lakshminarayana dalam Salunkhe dan Desai (1986) menyatakan bahwa belum ada kesepakatan di antara para ahli hortikultura sehubungan dengan klasifikasi buah sawo, karena buah sawo merupakan buah yang heterozigot, sehingga menyulitkan klasifikasinya. Klasifikasi berdasarkan bentuk buah, ukuran, berat, warna daging buah, jumlah biji, rasa, aroma dan periodisitas telah dilakukan, namun demikian, adanya perubahan dan perbedaan iklim yang ada di tiap negara sangat mempengaruhi karakteristik sawo sehingga menyulitkan klasifikasinya.

Buah sawo kurang tahan lama disimpan karena daging buahnya lembek sehingga cepat rusak atau busuk. Kulitnya yang tipis menyebabkan sawo tidak tahan lama terhadap benturan dalam pengangkutan karena setiap kerusakan mengakibatkan pembusukan dalam penyimpanan. Sawo yang busuk ditandai dengan buah yang sudah lembek sekali serta mempunyai aroma yang menyengat.

2.2. Pemanenan buah sawo

Buah yang dipetik terlalu awal dari tingkat kematangan fisiologisnya mempunyai tingkat kemanisan yang rendah, membutuhkan waktu lama untuk menjadi lunak, mempunyai tingkat "astringency" yang tinggi dan diselimuti getah.

sehingga menyulitkan transportasi. Namun demikian, berdasarkan pengalaman, buah yang mendekati kematangan optimal dapat dilihat dari warna kulit buahnya yang coklat, mempunyai permukaan yang halus serta daging buahnya berwarna kuning kecoklatan. Lakshminarayana dalam Salunkhe dan Desai, (1986) menyatakan bahwa buah sawo siap dipetik bila di'scratch' dengan kuku tidak menunjukkan warna hijau dan adanya getah.

Hal ini sejalan dengan pernyataan Rismunandar (1990) bahwa menurut tingkat ketuaannya buah sawo dapat dibedakan atas buah sawo muda, setengah tua dan buah sawo tua. Ciri-ciri buah sawo muda adalah ukuran buah kecil, warna kulit buah coklat, buah sulit terlepas dari tangkainya, bila dipetik akan keluar getah banyak serta tekstur daging buahnya kasar. Ciri-ciri buah sawo setengah tua meliputi : ukuran buahnya besar, warna kulit agak kehijauan di bawah lapisan coklat muda, bila dipetik getahnya masih cukup banyak, daging buah masih keras dan terasa sepat. Adapun ciri-ciri buah sawo tua adalah : ukuran besar, warna kulit coklat muda, bila dipetik mudah lepas dari tangkainya, bergetah sedikit atau tidak sama sekali, lapisan kasar di permukaan kulit mudah lepas bila digosok dan kelihatan licin, daging buah agak lembek dengan tekstur yang lembut.

Musim panen besar buah sawo sekitar bulan Desember sampai Maret, sedangkan panen kecil bulan April dan September.

2.3. Pematangan dan senesensi buah sawo

Buah sawo membutuhkan waktu sekitar 8 – 9 hari untuk bisa matang dalam kondisi udara tropis. Sesudah sawo menjadi matang optimal, sawo sangat

membutuhkan suhu lebih dari 20°C untuk matang secara seragam. Lakshminarayana dalam Salunkhe dan Desai (1986) menyatakan bahwa perpanjangan umur simpan sawo merupakan masalah yang paling sulit diatasi.

Kandungan hemiselulosa sawo menurun selama pematangan. Sebagian hemiselulosa tersebut dirubah menjadi oligosakarida, yang kemudian akan masuk dalam metabolisme karbohidrat selama proses pematangan. Selama periode ini, kandungan sukrosa meningkat cepat diikuti dengan glukosa dan fruktosa. Sukrosa tersebut selanjutnya dirubah menjadi glukosa dan fruktosa selama tahap 'overripe'. Hasil penelitian Venkataraman dan Reithel dalam Salunkhe dan Desai (1986) menunjukkan bahwa glukosa dan fruktosa ada dalam setiap tahap pematangan. Mereka juga mengidentifikasi tiga tipe oligosakarida, dua diantaranya mengandung glukosa, fruktosa dan laktosa pada hidrolisis. Pada buah yang matang, oligosakaridanya merupakan campuran dari glukosa, fruktosa dan galaktosa.

Buah sawo yang mentah mengandung polifenol yang tinggi sehingga memberikan flavor 'astringent'. Pada saat pemetikan, buah sawo mengandung lebih kurang 2,4% polifenol dan akan menurun menjadi 1,8% pada saat pematangan.

2.4. Komposisi kimia buah sawo

Buah sawo mengandung leukoantosianidin (pro-antosianidin) dalam jumlah yang besar, terutama pada awal perkembangan buahnya.

Buah sawo yang berasal dari Amerika Tengah mempunyai kandungan karbohidrat dan vitamin C yang lebih tinggi dibanding sawo yang berasal dari

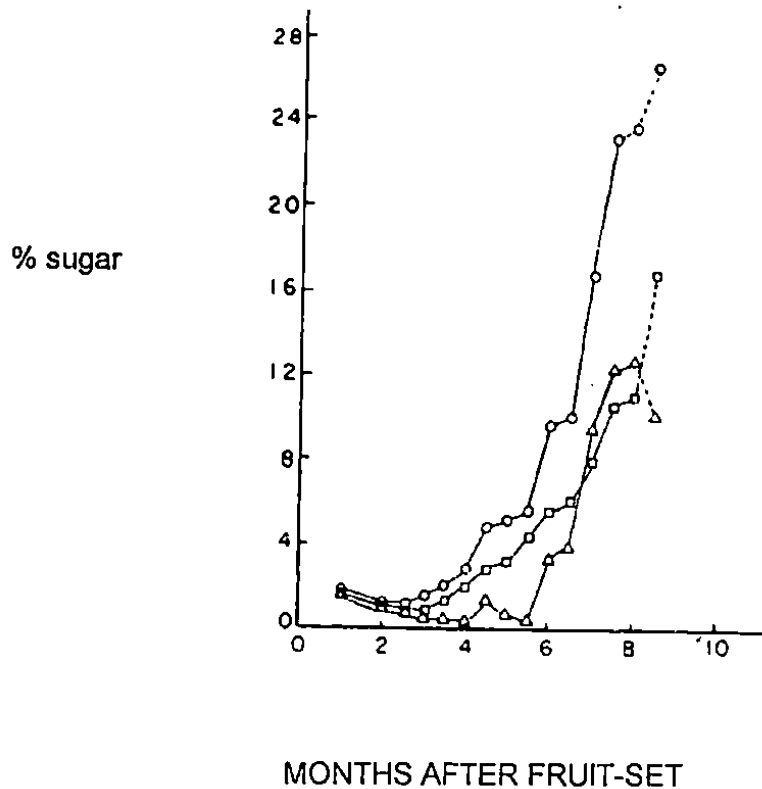
kali lebih tinggi dari sawo Meksiko. Komponen kimia utama sawo adalah karbohidrat dan tanin. Selain itu, sawo juga mengandung gula bebas dalam jumlah yang tinggi. Sebaliknya, kandungan pati sawo sangat rendah dibandingkan buah yang lain (Salunkhe dan Desai, 1986). Komposisi kimia buah sawo tergantung pada varietas dan keadaan tanah tempat pembudidayaannya. Secara umum, komposisi kimia buah sawo disajikan pada tabel 2.1.

Adanya tanin di dalam sawo menyebabkan sawo mempunyai flavor astringent. Selain itu buah sawo juga mengandung saptin sebanyak 1,3%, yaitu senyawa kimia yang memberikan rasa pahit (Salunkhe dan Desai, 1986).

Perubahan gula total, gula reduksi dan sukrosa dalam sawo selama

Tabel 2.1. Komposisi kimia buah sawo per 100 g bagian yang dapat dimakan

Komponen	Jumlah
Energi	92,00 kal
Protein	0,50 g
Lemak	1,10 g
Karbohidrat	22,40 g
Kalsium	25,00 mg
Fosfor	12,00 mg
Besi	1,00 mg
Vitamin A	9,00 RE
Vitamin B1	0,01 mg
Vitamin C	21,00 mg



Gambar 2.1. Perubahan kandungan gula buah sawo (Laksminarayana dalam Salunkhe dan Desai, 1986)

2.5. Kerusakan buah

Pada buah yang diproses minimal, proses fisiologisnya berlangsung sebagaimana buah segar. Proses fisiologis ini akan mengakibatkan kerusakan seperti layu (kisut), berjamur, daging buah lunak dan berair, dan perubahan warna daging buah sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Kerusakan buah sawo yang diproses minimal, seperti halnya buah yang lain dapat terjadi karena faktor mekanis, fisiologis, biologis dan mikrobiologis. Keempat jenis kerusakan ini sangat menentukan penilaian konsumen sehingga dapat mempengaruhi nilai

2.5.1. Kerusakan mekanis

Kerusakan mekanis buah-buahan disebabkan oleh penanganan yang tidak hati-hati, seperti kerusakan akibat penyimpanan dingin (*chilling injury*), terkena panas matahari terjadi benturan dengan benda lain atau sesamanya (Ryall dan Lipton, 1983). Kerusakan demikian pada umumnya dapat dilihat secara visual, seperti terjadinya goresan-goresan, luka, tertusuk, memar, kulit robek serta perubahan warna daging buah.

Kerusakan mekanis juga dapat terjadi karena pengolahan seperti pengupasan maupun pengirisan. Hal ini menyebabkan laju respirasi meningkat sehingga mempercepat proses kerusakan buah.

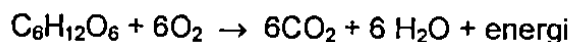
2.5.2. Kerusakan fisiologis

Kerusakan fisiologis disebabkan oleh reaksi-reaksi yang terjadi dalam buah karena proses respirasi dan transpirasi tetap berlangsung setelah panen. Buah yang masih melekat di pohon akan mendapat aliran absorpsi tanaman yang mengandung air, mineral-mineral dan hasil fotosintesis sebagai ganti kehilangan air akibat proses respirasi dan transpirasi. Setelah pemetikan, tidak ada penggantian substrat dan air tersebut sehingga buah menjadi lebih cepat rusak. Kerusakan ini pasti terjadi pada buah-buahan dan tidak dapat dihindari sehingga usaha yang selama ini telah dilakukan adalah menghambat laju respirasi dan transpirasi supaya kerusakan buah dapat diperlambat.

Proses respirasi merupakan pemecahan oksidatif senyawa-senyawa organik kompleks di dalam sel menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti CO₂ dan H₂O serta energi yang dapat dipakai oleh sel untuk memelihara

dibedakan dalam tiga fase: (a) pemecahan polisakarida menjadi gula sederhana, (b) oksidasi gula menjadi asam piruvat dan (c) transformasi piruvat dan asam-asam organik lainnya secara aerobik menjadi CO₂, air dan energi. Selanjutnya untuk mengukur proses respirasi dapat dilakukan dengan cara mengukur perubahan kandungan gula, jumlah ATP, jumlah CO₂ yang dihasilkan dan jumlah O₂ yang digunakan. Intensitas respirasi sebagai ukuran laju proses metabolisme sering dianggap sebagai petunjuk daya simpan ; semakin tinggi laju respirasi maka umur simpannya semakin pendek.

Menurut Wills dkk (1981), proses respirasi dapat berlangsung secara aerobik dan anaerobik tergantung pada kesediaan O₂ yang dapat digunakan oleh buah-buahan dan sayur-sayuran. Pemecahan gula menjadi CO₂ dan H₂O berlangsung pada kondisi aerobik menurut persamaan reaksi sebagai berikut :



Sedangkan pemecahan gula menjadi asam laktat, asetaldehid dan etanol berlangsung pada kondisi anaerobik dan energi yang dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan energi yang dihasilkan pada kondisi aerobik. Produksi etanol dan asetaldehid seringkali dijadikan indikator kerusakan buah-buahan karena terbentuknya "alcoholic off flavor" akibat perubahan respirasi aerobik menjadi respirasi anaerobik.

Terdapat dua faktor yang mempengaruhi respirasi, yaitu faktor luar (eksternal) dan faktor dalam (internal). Faktor luar terdiri dari suhu, O₂, CO₂, C₂H₄, hidrokarbon dan "stress". Sedangkan faktor dalam terdiri atas tipe buah, genotip, tingkat perkembangan buah dan komposisi kimia buah. Menurut Wills dkk. (1981), suhu sangat besar pengaruhnya terhadap respirasi. Makin tinggi

Proses transpirasi adalah proses penguapan air dari dalam buah yang dipengaruhi oleh suhu, kelembaban relatif dan kecepatan aliran udara dalam ruang penyimpanan. Wills dkk. (1981) menyatakan bahwa transpirasi dipengaruhi oleh perbandingan luas permukaan dengan volume buah, keberadaan lapisan lilin pada permukaan kulit buah dan tingkat kerusakan jaringan buah.

2.5.3. Kerusakan biologis

Kerusakan buah seringkali disebabkan oleh hama, seperti serangga, tikus, tupai dan musang, terutama pada waktu buah masih dipohon sebelum dipanen. Serangan hama mengakibatkan luka, yang seringkali sulit diketahui karena tidak tampak dari luar.

Buah sawo yang masak cukup tahan terhadap serangan serangga. Hanya ada 2 jenis serangga yang sering menyerang sawo, yaitu viz. Nephopteryx engraphella Rag dan seekor serangga yang belum teridentifikasi (Salunkhe dan Desai, 1986).

2.5.4. Kerusakan mikrobiologis

Kerusakan mikrobiologis mengakibatkan pembusukan bagian pangkal, ujung, atau bagian buah lainnya. Beberapa mikroorganisme seperti jamur Alternaria, Botrytis, Diplodia, Monilia, Fusarium, Penicillium, Phomopsis, Rhizopus dan Sclerotinia serta bakteri Erwinia dan Pseudomonas merupakan penyebab utama kerusakan buah-buahan (Wills dkk., 1981).

Penelitian dari Abu Bakar dan Abdul-Karim (1989) menunjukkan bahwa bakteri yang biasa ditemukan pada sawo adalah Bacillus, Erwinia dan

Micrococcus. Jamur yang biasa tumbuh di sawo yang sudah berhasil diidentifikasi adalah strain Aspergillus niger, Geotrichum spp. dan Mucor spp. , sedangkan yeast yang biasa tumbuh adalah Rhodotorula acheniorum, Brettanomyces custersii dan Pichia anomala.

Hasil penelitian Abu Bakar dan Abdul-Karim (1989) lebih lanjut menunjukkan bahwa sawo yang disimpan pada suhu 10⁰C dan 15⁰C selama 16 hari mempunyai mikroflora yang berbeda dari yang disimpan pada suhu kamar seperti tersebut di atas. Untuk yeast, Rhodotorula acheniorum dan Brettanomyces custersii tidak tumbuh, justru strain lain seperti Candida bacarium, Candida silvikutrix dan Klyveromyces manxianus yang tumbuh. Selain itu pada jamur yang tumbuh adalah Fusarium spp. menggantikan Mucor spp.

2.6. Perubahan kualitas selama penyimpanan

Perubahan kualitas buah yang diolah minimal sangat berkaitan dengan kualitas buah segarnya. Pada buah segar, proses fisiologis yang terjadi seperti respirasi dan transpirasi akan mengakibatkan perubahan kualitas. Pada buah yang diolah minimal, proses fisiologis tersebut akan berlangsung lebih cepat karena adanya pengupasan maupun pemotongan. Beberapa perubahan penting yang terjadi adalah perubahan komposisi gula dan asam organik, senyawa pektin dan tekstur, warna, citarasa dan perubahan kenampakan.

2.6.1. Gula dan asam organik

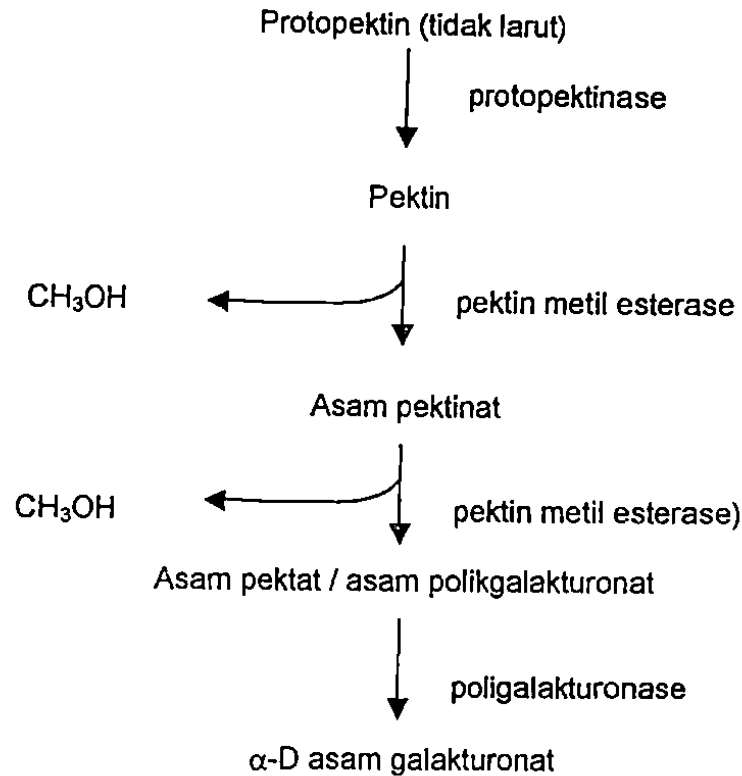
Menurut Wills dkk. (1981), jenis gula yang dominan pada buah tergantung pada jenis buahnya, tetapi pada umumnya terdiri atas sukrosa, fruktosa dan

glukosa, sedangkan jenis asam organik yang dominan pada buah-buahan adalah asam sitrat dan asam malat.

Selama penyimpanan, komposisi gula dan asam organik tersebut mengalami penurunan karena proses respirasi dan senesensi. Penurunan terjadi selama penyimpanan pada suhu kamar dan suhu dingin.

2.6.2. Senyawa pektin dan tekstur

Senyawa pektin merupakan derivat asam poligalakturonat dan terdapat dalam bentuk protopektin, pektin, asam pektinat atau asam pektat (Pantastico, 1975). Pektin banyak terdapat pada dinding sel bersama selulosa dan hemiselulosa serta pada lamella tengah sel yang berfungsi sebagai bahan perekat. Selama penyimpanan buah, senyawa pektin mengalami depolimerisasi dan deesterifikasi sehingga senyawa pektin yang mula-mula tidak larut menjadi larut dalam air dan tekstur buah menjadi lunak (Eskin dkk., 1971). Skema perubahan protopektin selama penyimpanan buah sebagai berikut:



Gambar 2.2. Skema perubahan protopektin menjadi asam galakturonat (Eskin dkk, 1971)

Penurunan jumlah substansi pektat tidak larut dan peningkatan substansi pektin larut selama pematangan menyebabkan pelunakan buah-buahan (King dan Bolin 1989; Tong dan Gross, 1989).

Ketidaklarutan protopektin mungkin disebabkan oleh beberapa hal yaitu berasosiasi dengan selulosa, adanya ion-ion polivalen, ukuran molekul yang besar atau karena gabungan dari faktor-faktor tersebut.

Pektin dalam buah merupakan asam poligalakturonat yang mengandung 0-7% asam metakril. Selama pematangan terjadi pembebasan pektin oleh enzim

pektin esterase dan enzim poligalakturonase serta enzim transaliminase yang memecah ikatan 1,4 asam poligalakturonat yang tidak mengandung metoksil (Tong dan Gross, 1989). Dikemukakan Doesburg dalam Jen dan Robinson (1984) dari hasil penelitian nampaknya pektin esterase mempersiapkan substansi pektat untuk dapat digunakan oleh poligalakturonase. Meskipun belum diketahui secara pasti, tingkat metilasi pektin nampaknya penting untuk aktivitas poligalakturonase.

Ada korelasi antara aktivitas poligalakturonase dengan kekerasan buah. Kekerasan menjadi sangat lunak bila aktivitas poligalakturonase sangat tinggi (Ghazali dan Peng, 1993). Penghambatan terjadinya pelunakan pada jaringan buah-buahan mempunyai korelasi dengan penurunan aktivitas poligalakturonase (Chan dkk., 1981). Poligalakturonase pada buah tomat terdapat pada buah yang hijau dan nampaknya disintesis selama ripening.

Perubahan tekstur buah tidak hanya dipengaruhi oleh perubahan senyawa pektin melainkan dipengaruhi juga oleh tebal kulit luar, kandungan total zat padat, ukuran sel, turgor sel, hidrolisis pati serta proses transpirasi yang menyebabkan kelayuan (Pantastico, 1975).

2.6.3. Perubahan warna

Zat-zat warna alami (pigmen) buah-buahan umumnya dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu klorofil, karotenoid dan flavonoid. Zat-zat warna alami dapat berubah selama pematangan dan penyimpanan produk karena degradasi, sintesis atau pun keduanya (Wills, dkk. 1981)

Zat warna alami pada buah sawo tersusun dari senyawa turunan

selalu dijumpai pada tanaman, umumnya berupa pigmen berwarna kuning, merah, biru dan kombinasinya. Flavonoid dibagi menjadi tiga golongan, yaitu pigmen antosianin yang memberikan warna merah tua, ungu dan sejenisnya, flavon yang memberikan warna kuning gading atau kuning pucat, dan senyawa flavonoid yang terbatas penyebarannya (flavonoid minor) yang memberikan warna kuning dan pigmen tak berwarna.

Perubahan warna pada buah yang diolah minimal juga tidak lepas dari timbulnya reaksi pencoklatan. Reaksi pencoklatan ini disebabkan karena aktivitas enzim polifenol oksidase dengan katekol tanin sebagai substratnya. Pencoklatan ini merupakan masalah yang serius karena konsumen tidak akan mau membeli buah yang berwarna coklat. Beberapa buah yang rentan terhadap pencoklatan adalah apel, peach, pisang, cherry, nektarin, aprikot, anggur dan persik, sedangkan buah-buahan yang tahan terhadap pencoklatan adalah nenas, melon dan tomat (Ramaswamy dan Abbatemarco, 1996).

Masih menurut Ramaswamy dan Abbatemarco (1996), ada beberapa hal yang biasa dilakukan untuk mencegah terjadinya pencoklatan, diantaranya :

a. Perlakuan dengan sulfit (SO_2).

Larutan sodium atau potasium metabisulfit sebanyak 2000 – 4000 ppm biasa digunakan untuk mencelup buah-buahan selama 2–5 menit. FDA merekomendasikan maksimal pemberian sulfit sebesar 300 ppm untuk jus buah dan 2000 ppm untuk buah kering (IFT, 1993).

b. Perlakuan dengan asam

Asam yang biasa digunakan adalah sitrat, fumarat, tartrat, asetat, phosphorat, askorbat dan sitrakonat. Asidifikasi dengan asam sitrat

permukaan buah dari reaksi pencoklatan setelah dicelupkan pada larutan asam sitrat 1-2%.

c. Antioksidan

Asam askorbat biasa digunakan sebagai antioksidan dalam industri buah kaleng atau jus buah. Prestamo dan Manzano (1993) menyatakan bahwa asam askorbat merupakan inhibitor yang efektif bagi enzim peroksidase dalam buah-buahan tertentu seperti kiwi. Asam askorbat tersebut seringkali dicampur dengan asam sitrat karena asam sitrat akan bertindak sebagai stabilisator bagi asam askorbat. Biasanya konsentrasi asam sitrat yang digunakan sangat rendah supaya tidak mempengaruhi rasa buah aslinya. Asam askorbat juga dapat menghambat quinon yang dihasilkan selama oksidasi polifenol oleh polifenol oksidase sehingga mencegah timbulnya pencoklatan.

d. Gula

Meskipun fungsi utama dari gula adalah memberikan rasa manis, namun gula juga bisa berfungsi sebagai pencegah pencoklatan pada buah potong. Adanya gula ini dapat mencegah terjadinya oksidasi sehingga pencoklatan dapat dicegah. Dalam beberapa kasus, pemakaian gula sering dikombinasikan dengan asam askorbat dan asam sitrat sehingga lebih efektif dalam mencegah pencoklatan, penurunan kekerasan dan kehilangan flavor.

2.6.4. Perubahan cita rasa

Cita rasa khas pada buah-buahan disebabkan oleh adanya campuran kompleks dari produk-produk yang mudah...

esensial. Kebanyakan dari senyawa-senyawa ini terdapat dalam jumlah yang sangat kecil dan hanya dapat dideteksi dengan kromatografi gas. Kecuali itu, dalam buah-buahan juga terdapat golongan senyawa lain yaitu senyawa tanin dan fenolat yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu yang dapat dihidrolisis dan yang tidak dapat dihidrolisis, misalnya senyawa flavonol (Tranggono dan Sutardi, 1990).

Masih menurut Tranggono dan Sutardi (1990), hasil hidrolisis macam senyawa yang pertama biasanya berupa asam gallat dan glukosa, sedangkan macam senyawa yang kedua tidak dapat dihidrolisis baik oleh asam maupun enzim. Senyawa-senyawa ini menyebabkan adanya rasa sepet yang terdapat pada beberapa buah-buahan walaupun rasa ini lebih umum terdapat pada buah yang belum masak. Hilangnya rasa sepet selama proses pematangan adalah akibat dari perubahannya menjadi bentuk yang tidak larut. Selama perkembangan buah-buahan terjadi polimerisasi monomer tanin dengan berat molekul yang lebih rendah daripada buah-buahan matang.

Penelitian Abdul Karim dkk (1989) menunjukkan bahwa kandungan tanin pada buah sawo meningkat pada waktu berumur 5,3 bulan dan sesudah itu mengalami penurunan sampai buah sawo menjadi matang.

2.6.6. Timbulnya jamur

Menurut Bracket, R.E. (1993), kerusakan adanya pengupasan dan pemotongan yang biasa dilakukan pada pengolahan minimal akan memberikan efek yang besar terhadap mikroflora, khususnya pada pertumbuhan mikrobia. Selittatesser dalam Bracket, R.E. (1993) menyatakan bahwa pemotongan dan

pengirisan pada beberapa sayuran akan meningkatkan populasi mikrobianya sebanyak 6-7 kali.

Ada beberapa alasan yang mendasari hal ini. Pertama, pemotongan dan pengirisan akan menyebabkan buah dan sayur mengeluarkan cairan ("juices") yang akan membasahi permukaan peralatan dan produknya itu sendiri. Cairan ini merupakan media yang sangat bagus untuk pertumbuhan mikrobia sehingga pertumbuhan mikrobia akan meningkat. Kedua, pemotongan akan menyebabkan luas permukaan buah meningkat, dan hal ini akan mempercepat kerusakan. Pengupasan dan pemotongan juga akan menyebabkan jaringan internal yang semula tertutup oleh kulit menjadi 'terekspose' sehingga mudah diserang oleh mikrobia (Bracket, R.E., 1993).

2.7. Pengolahan minimal ("minimally processed")

Menurut Shewfelt (1987), buah dan sayur yang diolah minimal didefinisikan sebagai buah yang sudah dicuci, dikupas, dipotong, dikemas atau diberi perlakuan singkat untuk membunuh jaringannya. Definisi yang lebih luas diberikan oleh Huxsoll dan Bolin (1989) yang menyatakan bahwa buah yang diolah minimal adalah buah yang sudah dimatikan jaringannya selama proses namun masih memberikan penampilan yang segar ("fresh appearance"), namun demikian, pengertian pengolahan minimal biasanya mengacu pada buah yang masih memiliki jaringan yang hidup (Siriphanich, J., 1993). Hal ini sejalan dengan pernyataan Jobling dkk., (1998) yang menyatakan bahwa pengolahan minimal adalah pengolahan yang tidak menghancurkan integritas dinding sel secara penuh sehingga jaringan jaringan tersebut masih hidup. Hal ini berarti proses

fisiologis di dalam buah yang diproses minimal, seperti respirasi dan transpirasi masih berlangsung.

Tidak seperti pengolahan konvensional seperti pengalengan, pengeringan atau pembekuan yang akan membuat buah lebih stabil dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama, pengolahan minimal akan membuat buah menjadi lebih perishable dan rentan terhadap serangan mikrobia (Huxsoll dan Bolin, 1989), namun demikian, pengolahan minimal akan lebih mampu mempertahankan flavor, aroma, rasa dan gizi dari buah (Klein, 1987).

Menurut Siriphanich (1993), ada beberapa kriteria untuk buah yang akan diolah minimal, yaitu :

a. Buah yang mempunyai ukuran besar

Beberapa buah tropis mempunyai ukuran yang sangat besar seperti nangka, pepaya dan durian. Adalah kurang nyaman bagi konsumen untuk membawa pulang seluruh buah atau mengkonsumsi semuanya.

b. Harganya mahal

Beberapa buah mempunyai harga yang mahal sehingga lebih ekonomis tentunya bagi konsumen apabila bisa membeli secukupnya saja.

c. Mempunyai resiko tinggi untuk mendapatkan daging buah yang jelek

Beberapa buah sulit untuk dipastikan kondisi daging buahnya tanpa dikupas terlebih dahulu, seperti adanya granulasi dalam pummelo (jeruk Nambangan), nekrosis pada durian, internal browning dalam nenas atau pun timbulnya bintik putih pada daging sawo (Rismunandar, 1990).

d. Sulit untuk dibuka

Dalam hal ini, durian dan nangka merupakan dua contoh buah tropis yang sulit untuk dibuka.

e. Mempunyai kulit yang sangat tebal

Kulit yang sangat tebal ini akan menyulitkan transportasi dan menambah biaya pengangkutan selain menambah masalah limbah. Contohnya durian, nangka, nenas, pummelo dan manggis.

2.8. Pemanasan

Pemanasan yang dilakukan pada buah umumnya dengan dua cara, yaitu pemanasan dengan udara panas atau pemanasan dengan air panas. Pada beberapa komoditi hortikultura seperti mangga, pemanasan pada suhu 46°C selama 90 menit akan mampu memperpanjang umur simpannya menjadi 14 hari (Jacobi K dkk, 1993). Beberapa hasil penelitian lainnya juga menunjukkan perpanjangan umur simpan serta ketahanan buah mangga terhadap kerusakan dengan adanya pemanasan (Coates, L.M. dkk 1993; Couey, H.M., 1989; Diaz, N dkk 1988; Heather, N.W. dkk 1991; Mc. Guire, R.G. 1991; Merino, S.R. dkk 1985; Miller W.R. dkk 1991).

Hasil yang positif juga dilaporkan oleh beberapa peneliti pada apel. Pemanasan pada suhu 38°C selama 4 hari diketahui mampu memperpanjang umur simpannya (Sams dkk 1994; Conway dkk 1994; Saftner dkk, 1999). Secara umum dapatlah dikatakan bahwa pemanasan yang efektif berkisar antara 51-55°C selama lebih dari 15 menit (Jacobi K dkk, 1993).

Penelitian dari Klein dan Lurie (1994) menunjukkan bahwa pemanasan 38°C selama 96 jam mampu memperpanjang ketahanan simpan apel hingga 14 hari.

cinerea pada apel. Selain itu, pemanasan pada suhu 38°C selama 96 jam dan 42°C selama 24 jam mampu mempertahankan kekerasan dan kerusakan fisiologis dan patologis pada tomat dan apel (Conway dkk, 1994; Fallik dkk, 1993; Klein dan Lurie, 1994).

Adanya pemanasan juga mampu menurunkan chilling injury pada alpukat karena perlakuan panas mampu meningkatkan HSP (Heat-Shock Protein) yang berfungsi melindungi kerusakan enzim atau protein selama penyimpanan suhu rendah (Woolf dkk, 1995).

Penelitian dari Picton dan Grierson (1988) menunjukkan pula bahwa perlakuan panas mampu menurunkan gene expression dari ACC oksidase pada tomat sehingga produksi etilen menurun.

Teknik pemanasan dengan uap, atau biasa disebut HHHA (High Humidity Hot Air) sering digunakan di Jepang untuk mengimpor mangga bagi keperluan penduduknya. Metode ini telah digunakan secara komersial di Thailand dan Philipina untuk mengekspor Mangga "Nang Klawan" dan "Carabao". Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanasan pada suhu 30-40°C selama 120 samapi 200 menit akan memberikan hasil yang baik untuk mangga. Teknik ini kemudian banyak dikembangkan di negara maju seperti Australia dan New Zealand.

Pemanasan ternyata juga bisa menurunkan kerusakan karena serangan antraknosa atau pun lalat buah. Beberapa penelitian menunjukkan hasil yang

2.9. Edible coating untuk buah yang diolah minimal

Buah dan sayuran segar setelah matang akan mengalami susut 25-80% dan mencapai kerusakan. Salah satu metode untuk memperpanjang daya simpan buah dan sayuran setelah panen adalah edible coating. Edible coating berfungsi mempertahankan kesegaran buah dan memberikan sifat semipermeabel terhadap gas dan uap air. Untuk mengetahui efek edible coating terhadap pematangan buah diperlukan pengetahuan dasar tentang fisiologi buah setelah panen.

Menurut Mellentin (1982), edible coating dapat memperbaiki sifat mekanika selama handling, memelihara integritas struktur dan mencegah hilangnya komponen mikroba, antioksidan, dan komponen lainnya (Kester dan Fennema, 1989). Peran edible coating untuk buah-buahan terutama sebagai barrier terhadap gas O_2 , CO_2 dan H_2O . Edible coating dari lipid yang tersusun oleh monogliserida asetil dan lilin dapat menghambat transport uap air dan mengurangi abrasi selama handling buah serta mengontrol pembentukan luka pada kulit apel. (Kester dan Fennema, 1989)

Respon buah dan sayuran terhadap edible coating bervariasi di antara komoditas, sebab dipengaruhi oleh jenis dan varietas buah serta ketebalan coating. Efektivitas coating tergantung pada suhu penyimpanan, tebal dan jenis coating, kematangan pada saat panen, varietas buah dan kondisi buah. Beberapa pelapis dapat memacu kerusakan interval buah yaitu reaksi pencoklatan karena pembentukan CO_2 yang berlebihan.

Pada buah yang diproses minimal, sifat perishablenya lebih tinggi dibanding buah yang belum diolah. Hal ini disebabkan karena pengupasan dan

klorofilase, pektinase, selulase, esterase, polifenol oksidase dan peroksidasi bereaksi dengan substrat sehingga warna dan tekstur buah menjadi berubah. Selain itu, adanya luka akan meningkatkan respirasi dan produksi etilen sehingga mempercepat proses senescensi (Nisperos dan Baldwin., 1996).

Edible coating dari polisakarida, protein dan lipida dapat digunakan untuk memperbaiki tekstur, mengurangi kehilangan air, memperlambat respirasi dan mencegah perubahan warna pada buah-buahan yang diolah minimal. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencoklatan dan kehilangan air pada apel potong dapat dicegah dengan edible coating dari kedelai (Kinzel dalam Nisperos dan Baldwin, 1996); chitosan dan asam laurat (Pennisi dalam Nisperos dan Baldwin, 1996); kasein dan lipid (Avena-Bustillos dan Krochta, 1993); asam alginat, kasein dan lipida (Wong dkk, 1994) dan derivatif selulosa yang mengandung senyawa anti pencoklatan (Nisperos dan Baldwin, 1996).

2.10. Edible film dan coating Alginat

Alginat merupakan nama umum untuk garam alginat ataupun derivatifnya. Alginat merupakan senyawa polisakarida bersifat asam yang terdapat dalam brown seaweed dalam bentuk tidak larut membentuk kompleks dengan garam Ca, Na, K dan Mg. Polisakarida ini terdiri atas unit monomer berupa D-mannuronic acid dan L-guluronic acid. Secara komersial, senyawa ini tersedia dalam bentuk Na-alginat, K-alginat, Ammonium alginat dan Propilen alginat.

Interaksi antara polivalen metal kation, khususnya Ca, dengan alginat adalah sangat unik. Interaksi ini akan menghasilkan : (1) viskositas yang lebih

Dasar teori dan mekanisme interaksi antara ion Ca dan alginat dapat dijelaskan sebagai berikut : ion Ca akan berikatan dengan gugus karboksil dari unit monomer alginat (mannuronat atau guluronat) dan berfungsi sebagai jembatan antara polimer satu dengan polimer lainnya sehingga terbentuk jaringan tiga dimensi. Adanya ion kalsium sebagai cross-linking agents akan menyebabkan bergabungnya molekul alginat satu dengan lainnya sehingga berat molekulnya akan bertambah, dan akan menaikkan viskositas larutannya (pada Ca rendah), akan membentuk gel (pada Ca tinggi) dan akhirnya akan membentuk polimer Ca-alginat yang tidak larut (Marseno, 1998).

Film alginat dibentuk dengan evaporasi larutan alginat diikuti dengan ikatan silang garam Ca. Menurut Cotrell dan Kovacs (1980), film alginat resisten terhadap minyak dan lemak tapi kurang resisten terhadap uap air. Meskipun demikian, coating dengan alginat secara nyata dapat mengurangi lepasnya air dari makanan karena bersifat "sacrifying agent", dengan kata lain air dalam gel alginat ter-evaporasi lebih dulu sehingga kondisi desikasi produk dapat dihambat.

Edible coating alginat memiliki sifat barrier yang baik terhadap O_2 pada suhu rendah (Canca dan Young, 1993), dapat menghambat oksidasi lipida dalam makanan dan memperbaiki flavor, tekstur dan adhesi. Film alginat dapat mengurangi pertumbuhan mikrobia di permukaan produk dengan meningkatkan kecepatan pendinginan.

Alginat merupakan polisakarida yang memiliki berat molekul tinggi terdiri dari D-mannuronat dan L-guluronat yang terikat dalam ikatan β -D(1-4) glikosidik. Alginat yang terdiri dari asam mannuronat disebut M-block region, sedangkan yang hanya terdiri dari asam guluronat disebut G-block region (Means dan Schmidt, 1986).

Pembentukan jaringan tiga dimensi merupakan hasil kerjasama segmen asam poliguluronat (poly G-blocks) serta segmen asam polimannuronat (poly M-blocks) yang menghasilkan ikatan ion-ion Ca^{2+} antar segmen rantai polimer.