

TEKNOLOGI PENGAWETAN BAHAN SEGAR

SANTOSO,SP

LABORATORIUM KIMIA PANGAN
FAPERTA UWIGA MALANG

2006

I. PENGAWETAN BUAH SEGAR

A. FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KERUSAKAN

Kerusakan bahan pangan telah dimulai sejak bahan pangan tersebut dipanen. Penyebab utama kerusakan bahan pangan adalah (1) pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme; (2) Aktivitas enzim dalam bahan pangan; (3) suhu baik suhu tinggi maupun suhu rendah; (4) udara khususnya oksigen; (5) kadar air dan kekeringan; (6) cahaya; dan (7) serangga, parasit serta pengerat. Pengawetan pangan pada dasarnya adalah tindakan untuk memperkecil atau menghilangkan faktor-faktor perusak tersebut.

Setelah dipanen produk hasil pertanian tetap melakukan fisiologis sehingga dapat disebut sebagai jaringan yang masih hidup. Adanya aktifitas fisiologis menyebabkan produk pertanian akan terus mengalami perubahan yang tidak dapat dihentikan, hanya dapat diperlambat sampai batas tertentu. Tahap akhir dari perubahan pasca panen adalah kelayuan untuk produk nabati atau pembusukan pada produk hewani.

Susut "losses" kualitas dan kuantitas produk hasil pertanian terjadi sejak pemanenan hingga dikonsumsi. Besarnya susut sangat tergantung pada jenis komoditi dan cara penanganannya selepas panen. Untuk mengurangi susut ini petani/pedagang (1) harus mengetahui factor biologis dan lingkungan yang berpengaruh terhadap terjadinya kerusakan, (2) menguasai teknik penanganan pasca panen yang dapat menunda kelayuan atau kebusukan dan menjaga kualitas pada tingkatan tertentu yang mungkin dicapai.

Untuk mengurangi susut yang terjadi setelah pemanenan, pada prinsipnya dapat dilakukan dengan cara memanipulasi factor biologis atau factor lingkungan dimana produk pertanian tersebut disimpan. Perbedaan factor biologis komoditi nabati dengan komoditi hewani menyebabkan cara penanganan keduanya juga berbeda. Secara umum factor lingkungan yang berpengaruh terhadap kedua komoditi pertanian adalah sama yaitu : suhu, kelembaban udara, komposisi udara (CO , CO_2 , O_2), polutan dan cahaya.

Faktor-faktor biologis terpenting yang dapat dihambat pada bahan nabati seperti buah-buahan dan sayuran adalah : respirasi, produksi etilen, transpirasi, dan faktor morfologis/anatomis, faktor lain yang juga penting untuk diperhatikan adalah senantiasa

menghindarkan komoditi terhadap suhu atau cahaya yang berlebihan, dan kerusakan patologis atau kerusakan fisik.

Respirasi dan Produksi Etilen

Respirasi adalah proses pemecahan komponen organik (zat hidrat arang, lemak dan protein) menjadi produk yang lebih sederhana dan energi. Aktivitas ini ditujukan untuk memenuhi kebutuhan energi sel agar tetap hidup. Berdasarkan pola respirasi dan produksi etilen selama pendewasaan dan pematangan produk nabati dibedakan menjadi klimakterik dan nonklimakterik.

Komoditi dengan laju respirasi tinggi menunjukkan kecenderungan lebih cepat rusak. Pengurangan laju respirasi sampai batas minimal pemenuhan kebutuhan energi sel tanpa menimbulkan fermentasi akan dapat memperpanjang umur ekonomis produk nabati. Manipulasi faktor ini dapat dilakukan dengan teknik pelapisan (coating), penyimpanan suhu rendah, atau memodifikasi atmosfer ruang penyimpanan.

Etilen adalah senyawa organik sederhana yang dapat berperan sebagai hormon yang mengatur pertumbuhan, perkembangan, dan kelayuan. Keberadaan etilen akan mempercepat tercapainya tahap kelayuan (*senescence*), oleh sebab itu untuk tujuan pengawetan senyawa ini perlu disingkirkan dari atmosfer ruang penyimpanan dengan cara menyemprotkan enzim penghambat produksi etilen pada produk, atau mengoksidasi etilen dengan KMnO_4 atau ozon.

Transpirasi

Transpirasi adalah pengeluaran air dari dalam jaringan produk nabati. Laju transpirasi dipengaruhi oleh faktor internal (morfologis/anatomis, rasio permukaan terhadap volume, kerusakan fisik, umur panen) dan faktor eksternal (suhu, RH, pergerakan udara dan tekanan atmosfer). Transpirasi yang berlebihan menyebabkan produk mengalami pengurangan berat, daya tarik (karena layu), nilai tekstur dan nilai gizi. Pengendalian laju transpirasi dilakukan dengan pelapisan, penyimpanan dingin, atau memodifikasi atmosfer.

Sensitivitas Terhadap Suhu

Ekspose komoditi pada suhu yang tidak sesuai akan menyebabkan kerusakan fisiologis yang bisa berupa : (1) *Freezing injuries* karena produk disimpan di bawah suhu bekunya; (2) *Chilling injuries* umum pada produk tropis yang disimpan di atas suhu beku dan diantara 5 – 15 °C tergantung sensitivitas komoditi; (3) *Heat injuries* terjadi karena ekspose sinar matahari atau panas yang berlebihan. Berdasarkan sensitivitasnya terhadap suhu dikenal yang bersifat chilling sensitive dan non chilling sensitive.

Suhu Kritis Penyimpanan Beberapa Produk Hortikultura

Komoditi	Suhu Kritis (°F)	Bentuk kerusakan bila disimpan di bawah suhu kritis
Apel	36 – 38	Pencoklatan di bagian dalam, bagian tengah coklat, lembek dan lepuh
Alpoket	40 – 45	Daging buah coklat kehitaman
Pisang	53 – 56	Warna jelek jika matang, bintik hitam pada kulit buah
Jeruk besar	50	Lepuh, benyek
Mangga	50 – 55	Kulit seperti tepung, kehitam-hitaman, kematangan tidak merata
Semangka	40	Lubang cacat, busuk pada permukaan
Pepaya	45	Lubang cacat, gagal matang, cita rasa menyimpang, busuk
Nenas	45 – 50	Warna hijau jelek matang
Tomat (matang)	45 – 50	Pelunakan, benyek dan busuk
Tomat (hijau tua)	55	Warna jelek jika matang dan busuk altemaria

Kerusakan Patologis dan Kerusakan Fisik

Kerusakan produk nabati dapat terjadi karena aktivitas bakteri atau jamur, dan akibat serangan mikroorganisme ini timbul kerusakan fisik dan fisiologis. Sebaliknyapun akibat kerusakan fisik karena penanganan yang tidak benar bisa juga memicu pertumbuhan mikroorganisme.

Perubahan Komposisi Kimiawi

Setelah dipanen komposisi kimiawi komoditi nabati terus berubah tergantung pada jenis komoditi. Beberapa perubahan memang dikehendaki namun sebagian besar tidak. Perubahan tersebut antara lain terjadi pada :

- a. Pigmen (degradasi klorofil, pembentukan karotenoid – antosianin dsb)
- b. Karbohidrat (konversi pati menjadi gula dan sebaliknya, dan konversi pati + gula menjadi air + CO₂, degradasi pektin, dsb)
- c. Asam organik (berpengaruh pada flavor).

B. METODE PENGAWETAM BUAH SEGAR

Penelitian-penelitian mengenai penyimpanan buah bertujuan untuk mencapai umur simpan semaksimal mungkin. Untuk itu biasanya dilakukan kombinasi beberapa perlakuan. Usaha yang dapat dilakukan untuk dapat memperlambat pematangan buah dan sayur adalah memperlambat respirasi dan menangkap gas etilen yang terbentuk. Beberapa cara yang dapat diterapkan antara lain pendinginan, pembungkusan dengan polietilen dan penambahan bahan kimia.

1. Pendinginan

Penyimpanan di bawah suhu 15 °C dan di atas titik beku bahan dikenal sebagai penyimpanan dingin (chilling storage).

Penyimpanan buah-buahan dan sayur-sayuran memerlukan temperatur yang optimum untuk mempertahankan mutu dan kesegaran. Temperatur optimum dapat menyebabkan kerusakan karena pendinginan (chilling injury). Kerusakan pendinginan dari buah pisang pada temperatur kritis (13 °C) adalah warna kusam, perubahan cita rasa dan tidak bisa masak. Kondisi optimum pengundangan bagi buah pisang adalah 11 – 20 °C dan RH 85 – 95 persen. Pada kondisi ini metabolisme oksidatif seperti respirasi berjalan lebih sempurna. Pendinginan tidak mempengaruhi kualitas rasa, kecuali bila buah didinginkan secara berlebihan sehingga proses pematangan terhenti.

2. Pengemasan dengan polietilen (PE)

Kehilangan air dapat dikurangi dengan jalan memberi pembungkus pada bahan yang akan didinginkan. Salah satu jenis pembungkus yang cukup baik digunakan adalah pembungkus dari bahan plastik.

Berdasarkan penelitian Scott dan Robert (1987) penyimpanan pisang yang masih hijau dalam kantong polietilen dapat memperlambat pematangan pisang selama 6 hari pada suhu 20 °C.

3. Pelapisan Buah dengan Emulsi Lilin

Bahan dan Alat

Mangga, apel, belimbing, pisang, jambu biji, tomat, cabe merah, buncis, ketimun, lilin, trietanolamin, asam oleat, $KMnO_4$, $CaCl_2$, batu apung, ember plastik, panci enamel, keranjang kawat, termometer, pengaduk, stop watch, desikator.

Cara pembuatan emulsi lilin

- Lilin dipanaskan sampai cair (suhu 90-95°C)
- Masukkan asam oleat sedikit demi sedikit dan perlahan-lahan sambil diaduk (bila menggunakan stirrer kecepatan 20-100 ppm)
- Tambahkan trietanolamine, terus diaduk dan suhu dipertahankan tetap
- Tambahkan air (tidak sadah) yang sudah dididihkan (90-95°C) dengan perlahan-lahan sambil terus diaduk
- Dinginkan dengan cepat menggunakan air mengalir

Untuk mendapatkan emulsi lilin dengan konsentrasi yang diinginkan dilakukan pengenceran dengan air (tidak sadah). Untuk pemakaiannya sebaiknya digunakan emulsi lilin yang masih segar. Buah dan sayur yang sudah ditiriskan masukkan ke dalam keranjang kawat kemudian celupkan ke dalam emulsi lilin (konsentrasi 6 dan 12%) sampai semuanya terendam selama 30-60 detik.

Angkat dan tiriskan pada rak penirisan dengan dihembus udara kering agar pelapisannya merata pada seluruh permukaan kulit dan tidak lengket. Simpan pada suhu ruang dan dalam lemari es.

4. Penggunaan Kalium Permanganat (KMnO₄)

Dari hasil penelitian di Malaysia ternyata buah pisang Mas memerlukan zat penyerap etilen dan perlu disimpan dalam unit pendingin agar tahan tetap hijau sampai 6 minggu. Macam-macam bentuk penyerap etilen telah dicoba, seperti blok campuran vermiculate dan semen dengan perbandingan 3 : 1 yang dicelupkan dalam larutan KMnO₄ dapat dipergunakan sebagai bahan penyerap etilen, atau blok-blok campuran lempeng dan semen yang dicelup larutan KMnO₄.

Suatu preparasi komersial zat penyerap yang disebut purafil (KMnO₄ alkalis dengan silikat) sebagai pendukung (carrier) yang dihasilkan oleh Marbon Chemical Company, ternyata mampu menyerap keseluruhan etilen yang dikeluarkan oleh buah pisang yang disimpan dalam kantong polietilen tertutup rapat. Dalam penelitian pengawetan pisang Ambon yang dilakukan dengan menggunakan KMnO₄ 1.5 persen dengan penyimpanan selama 14 hari mutu pisang masih tetap baik.

Penggunaan KMnO₄ dianggap mempunyai potensi yang paling besar karena KMnO₄ bersifat tidak menguap sehingga dapat disimpan berdekatan dengan buah tanpa menimbulkan kerusakan buah.

Metoda Pengawetan dengan KMnO₄ atau PK

- a. Rendam batu apung dalam larutan KMnO₄ lewat jenuh selama 30 menit, lalu kering anginkan hingga benar-benar kering, kemudian dibungkus dengan kain saring (1 – 3 butir batu tiap bungkus).
- b. Potong pisang dari tandannya, masing-masing 2 – 3 jari pisang. Lalu cuci hingga bersih di lap sampai kering.
- c. Timbang lalu letakkan pisang dan batu apung dalam baki styrofoam usahakan keduanya tidak bersentuhan, lapisasi dengan wrapping film dan panaskan sebentar hingga lapisan film ini kencang.
- d. Lubangi bagian atas film dengan jarum setiap 2 cm untuk ventilasi.
- e. Penyimpanan dapat dilakukan pada suhu kamar atau suhu dingin 14 °C (misalnya untuk pisang) dan suhu refrigerasi atau 4 °C untuk paprika.

- f. Pengamatan untuk melihat sampai berapa lama buah dapat dijaga kesegarannya dapat dilakukan terhadap perubahan berat, warna dan kekerasan setiap 2 hari sekali.

5. Pengawetan dengan Samper Fresh

- a. Siapkan emulsi samper fresh konsentrasi 0.6% sampai 4%.
- b. Rendam pisang dan paprika yang telah dicuci bersih dan dikeringkan ke dalam emulsi samper fresh \pm 1 menit, tiriskan lalu biarkan lapisan ini mengering.
- c. Timbang lalu letakkan pisang dalam baki styrofoam, lapiasi dengan wrapping film dan panaskan sebentar hingga lapisan film ini kencang.
- d. Lubangi bagian atas film dengan jarum setiap 2 cm untuk ventilasi.
- e. Penyimpanan dapat dilakukan pada suhu kamar atau suhu dingin 14 °C (misalnya untuk pisang) dan suhu refrigerasi atau 4 °C untuk paprika.
- f. Pengamatan untuk melihat sampai berapa lama buah dapat dijaga kesegarannya dapat dilakukan terhadap perubahan berat, warna dan kekerasan setiap 2 hari sekali.

6. Pencelupan dengan larutan CaCl₂

Tempatkan buah dan sayur di dalam keranjang kawat, kemudian celupkan ke dalam larutan CaCl₂ (pada konsentrasi 4 dan 8%) selama 30-60 detik. Angkat dan tiriskan pada rak penirisan dengan dihembus udara kering, agar pelapisan merata pada seluruh permukaan kulit. Simpan pada suhu ruang dan dalam lemari es.

Lakukan pengamatan terhadap warna, tekstur, penampakan bahan, penurunan berat, perubahan pH dan total padatan terlarut setiap minggu selama 4 minggu. Lakukan juga penyimpanan bahan tanpa perlakuan sebagai kontrol. Gambarkan penurunan berat, perubahan pH dan perubahan total padatan terlarut bahan yang terjadi selama masa penyimpanan dengan waktu dalam bentuk kurva. Berikan interpretasi yang diamati selama penyimpanan.

II. MODIFIKASI KOMPOSISI UDARA PENYIMPANAN

1. Komposisi Udara dan Daya Simpan

Komoditi hortikultura setelah dipanen masih terus melangsungkan respirasi dan metabolisme, karena itulah komoditi tersebut dianggap masih hidup. Selama proses respirasi dan metabolisme berlangsung dikeluarkan CO₂ dan air serta ethylene dan dikonsumsi oksigen yang ada disekitarnya.

Komposisi dari udara di ruang penyimpanan mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat-sifat bahan segar yang disimpan. Baik kandungan oksigen, karbon dioksida dan ethylene, saling mempengaruhi metabolisme komoditi. Komposisi udara secara normal terdiri dari O₂ (20%), CO₂ (0.03%), N₂ (78.8%). Dengan melakukan modifikasi atmosphere di sekitar komoditi tersebut dapat menghasilkan beberapa keuntungan terhadap komoditi tersebut.

Modifikasi komposisi udara dilakukan dengan menurunkan kadar oksigen dan atau meningkatkan kandungan karbon dioksida (CO₂). Kadang-kadang masih diperlukan pula untuk mencegah agar gas ethylene yang diproduksi tidak terkumpul di udara ruang penyimpanan.

Pada umumnya udara yang semakin menipis kandungan oksigennya serta semakin meningkat kandungan karbon dioksida akan mengakibatkan menurunnya laju aktivitas pernapasan dari komoditi segar. Sedang ethylene merupakan hormon tanaman, dimana dengan dosis yang sangat kecil dapat besar pengaruhnya terhadap tahap-tahap metabolisme, termasuk di dalamnya proses awal pematangan, kelayuan dan kematangan serta proses pembentukan senyawa phenolic.

Terakumulasi gas ethylene dalam ruang penyimpanan akan mengakibatkan wortel pahit rasanya yang disebabkan adanya akumulasi zat phenol, demikian pula dapat menyebabkan asparagus menjadi keras, karena ethylene merangsang proses pembuatan lignin. Ethylene (C₂H₄) dapat mengakibatkan terjadinya pengerasan ubi jalar atau pembusukan bagian dalam. Pendek kata ethylenen biasanya bersifat merusak bagi komoditi.

Pada hakekatnya modifikasi komposisi udara atau yang juga dikenal sebagai contoh atmosphere storage berfungsi ikut menentukan atau mengatur sistem noymonal oleh ethylenene. Synthesis ethylene yang cukup untuk merangsang proses pematangan tidak akan terjadi bila kadar oksigen di bawah 7% (Mapson dan Robinson, 1966). Kepekaan komoditi terhadap ethylene juga menjadi rendah pada konsentrasi oksigen rendah.

Sebelum ethylene dapat mempengaruhi sesuatu komoditi molekul oksigen harus terikat atau bereaksi pada bagian dimana ethylene melekat. Bila kadar oksigen tinggi 3%, terikatnya ethylene turun sebanyak 50% (Burg dan Burg 1967). Karbon dioksida (CO₂) tidak secara langsung mempengaruhi synthesis ethylene, tetapi lebih bersifat antagonis terhadap ethylene. Secara struktural CO₂ merupakan analog terhadap ethylene sehingga bersaing terhadap tempat yang seharusnya ditempati oleh ethylene.

Oksigen dalam udara tidak dapat dihilangkan sama sekali dari atmosphere, karena adanya oksigen masih diperlukan untuk menjaga berlangsungnya metabolisme secara normal. Di bawah 1 – 3% oksigen, banyak komoditi justru mengalami banyak kerusakan. Demikian halnya dengan konsentrasi CO₂. batas toleransi komoditi terhadap gas-gas tersebut bervariasi. Beberapa komoditi tidak tahan pada konsentrasi CO₂ tinggi. Beberapa komoditi tahan pada konsentrasi CO₂ 1% sedang komoditi lain tahan pada 20% atau lebih.

Tabel 1.1. Konsentrasi O₂ dan CO₂ yang dianggap baik bagi penyimpanan dan pengangkutan

Komoditi	Atmosphere		
	O ₂	CO ₂	O _c
Apel	2-3	1-8	-1 sampai 4
Asparagus	1-3	-	2
Pisang (hijau)	2	5	12
Brussel Sprout	2-14	4-7	9
Kol (kubis)	1-2.5	5	0
Cabai	2-3	2.5	8-13
Cauliflower	2-16	0-10	0-1
Strawberri	2	0-20	0.7

Stoll, 1974

Meskipun pada konsentrasi O₂ dan CO₂ yang optimum masih selalu ada peluang tertimbunnya gas ethylene dan usaha harus dilakukan untuk menyerap (scrubbing) dengan zat-zat kimia seperti kalium permanganat atau dengan ultraviolet irradiasi, atau dengan merendahkan tekanan udara sampai 1/10 udara normal.

2. Penyimpanan Komoditi Hortikultura

Cara penyimpanan produk hortikultura segar yang berhasil bila mampu mereduksi laju proses pematangan, atau menunda dimulainya proses pematangan dan sekaligus mencegah terjadinya pembusukan dan penyimpangan dengan demikian “kesegaran” selalu dapat dijaga pada tingkat yang dapat diterima oleh para konsumen.

Cara tersebut dapat dicapai dengan cara merubah kondisi lingkungan produk hortikultura tersebut segera setelah dipanen, dengan cara menurunkan suhu, dengan penggunaan bahan kimia, dengan mengubah komposisi udara atau gabungan dari cara-cara tersebut.

Ada tiga cara yang biasanya digunakan dalam penyimpanan yang melibatkan perubahan atmosphere yaitu :

- a. CA = controlled atmosphere
- b. MA = modified atmosphere
- c. LPS = low pressure (hypobaric) storage.

Perbedaan antara CA dan MA storage adalah pada sistem penyimpanan CA, konsentrasi karbon dioksida (CO₂) dan oksigen (O₂) diatur secara terus menerus melalui suatu alat yang ada di luar sistem, sedang MA storage, konsentrasi karbon dioksida dan oksigen diatur dan ditentukan melalui respirasi dari produk dan derajat permeabilitas bahan kemasan atau ke hermitisan dari ruang maupun kendaraan pengangkutan.

Untuk beberapa komoditi beberapa jenis gas lain dapat ditambahkan misalnya gas karbon monoksida atau dapat pula dikurangi atau disingkirkan seperti misalnya gas ethylene.

Pada sistem LPS (Low Pressure Storage) penurunan kadar oksigen dicapai dengan mengurangi tekanan total dari udara disekitar produk.

1. Controlled Atmosphere (CA) Storage

Teknik penyimpanan CA Storage, merupakan penemuan yang sangat penting dalam sistem pasca panen hasil hortikultura buah dan sayuran. Teknik ini bila dikombinasikan dengan teknik pendinginan akan mampu mencegah aktivitas pernapasan dan mungkin akan dapat menghambat proses pengempukan, penguningan dan kemunduran mutu.

Suhu udara dalam CA Storage dapat diatur dan dipertahankan dengan berbagai cara dan jalan. Salah satu cara yang sederhana yaitu dengan menempatkan komoditi tersebut dalam ruang yang kedap udara. Karena terjadi pernapasan dan konsentrasi O₂ menurun, kadar CO₂ dapat juga diatur menurut dosis yang dikehendaki dengan cara penggunaan senyawa penyerap CO₂ biasanya digunakan NaOH. CA Storage, khususnya bila konsentrasi CO₂ meningkat tinggi sekali.

Cara lain ialah udara yang konsentrasi gas-gasnya telah diatur khususnya CO₂, N₂ dan O₂ dihembuskan ke dalam ruang penyimpanan. Tetral (total environment control), telah mengembangkan system kontrol atmosphere. CO₂ diproduksi dari hasil pembakaran gas alam.

CA Storage dapat berhasil pada penyimpanan asparagus (karena mampu mencegah pengerasan dan pembusukan), tomat (mampu menghambat laju pematangan), lettuse atau salada, secara khusus mampu mencegah timbulnya noda-noda coklat yang disebut "russet spotting".

Pematangan pisang dapat diperhambat sampai beberapa minggu bila susunan udara dalam ruang penyimpanan dirubah sehingga kadar oksigen rendah dan kadar karbon dioksida tinggi. Dalam udara normal kandungan oksigen 20% dan CO₂ 0.003%.

Dalam ruang penyimpanan yang terdiri dari 5% CO₂ dan 3% O₂ selama 182 hari pada suhu 20⁰C, pisang masih dapat mengalami proses pematangan yang normal.

Kondisi penyimpanan CA storage untuk beberapa jenis komoditi tidak sma. Kadar dan Moris (19/17) telah menyarankan suatu pedoman yang menunjukkan batas toleransi komoditi hortikultura terhadap kadar CO₂ tinggi dan O₂ rendah, khususnya terbatas pada suhu penyimpanan tertentu, seperti terlihat pada lampiran.

2. Modified Atmosphere (MA) Storage

Berbagai jenis kantong plastik yang memiliki bagai derajat permeabilitas terhadap uap air dan gas, dapat digunakan untuk penyimpanan MA. Teknik mana sebetulnya telah berkembang sejak tahun 1940. dan kini kantong plastik dengan beberapa jenis ketebalan, densitas serta permeabilitas dapat dipilih untuk menjaga susunan komposisi atmosphere disekitar produk yang dikemas tersebut.

Jenis plastik polyethylene HDPE dengan derajat densitas tinggi telah digunakan untuk menyimpan buah-buahan dan sayuran. Malahan di dalam kantong plastik tersebut telah diperlengkapi dengan senyawa penyerap (absorbent) terhadap gas ethylene, misalnya dengan membran silicone atau kalium permanganat.

Hardenburg (1963) melaporkan pengemasan jeruk keprok (Valencia orange) dengan kantung plastik polyethylene dengan ketebalan 0.0015 inci (1.5 mil) pada suhu 32⁰F seperti terlihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Perubahan komposisi gas oxigen dan karbon dioksida selama penyimpanan jeruk keprok (Valencia Orange)*)

Jenis gas	Waktu Penyimpanan (hari)			
	3	7	14	21
	Persentase gas dalam kantung plastik			
O ₂	9.8	8.0	6.3	3.4
CO ₂	6.0	6.0	8.5	14.0

*) Hardenburg (1963)

Wills et al (1979) telah melaporkan laju respirasi dari beberapa jenis komoditi hortikultura pada suhu kamar dapat ditekan hanya dengan melakukan modified

atmosphere. Karena itu hal itu dianjurkan untuk dilakukan sebelum komoditi tersebut diangkut untuk didistribusi.

Proses respirasi dan tanda-tanda pematangan dapat dihambat jika buah dan sayuran agar disimpan dlm atmosfer yang mengandung CO_2 tinggi dan O_2 rendah dibandingkan udara normal. Controlled Atmosphere Storage (CAS) merupakan penyimpanan buah atau sayur segar dalam atmosfer atau udara dengan komposisi CO_2 tinggi dan O_2 rendah dan dipertahankan tetap. Modified Atmosphere Storage (MAS) merupakan penyimpanan buah atau sayur segar dalam atmosfer atau udara dengan komposisi CO_2 tinggi dan O_2 rendah yang diatur pada awal penyimpanan, atau tidak diatur sama sekali atau digunakan kemasan/film tertentu yang dapat mengatur sendiri komposisi udara di dalamnya. Penyimpanan hipobarik adalah cara penyimpanan CAS yang ditekankan pada penurunan tekanan udara serta biasanya dikombinasikan dengan suhu rendah.

Pengaruh konsentrasi O_2 rendah antara lain adalah dapat menyebabkan laju respirasi dan oksidasi substrat menurun dan mengakibatkan CO_2 turun; pematangan tertunda; perombakan klorofil tertunda; produksi C_2H_4 ; rendah; laju pembentukan asam askorbat berkurang; laju degradasi senyawa pektin terlambat; perbandingan asam-asam lemak jenuh berubah; pembusukan berkurang; jika O_2 sangat rendah terjadi fermentasi; terjadi pematangan O_2 harus ada karena diperlukan untuk sintesis C_2H_4 serta diperlukan juga reaksi lain untuk pematangan.

Pengaruh penyimpanan buah/sayur segar dlm atmosfer dengan komposisi CO_2 tinggi dan O_2 rendah antara lain dapat menyebabkan respirasi terhambat; asam tertimbun; pembentukan asetaldehida; peningkatan jumlah gula; penurunan jumlah zat yang larut dlm alkali; jumlah pektin total tinggi; dan proses perombakan klorofil dihambat. Respirasi terhambat karena ketersediaan O_2 rendah dan CO_2 tinggi, hal ini mengakibatkan pematangan dapat dihambat sehingga umur penyimpanan buah dan sayur dapat diperpanjang. Proses penimbunan asam dikarenakan kegiatan respirasi menurun, peningkatan penambahan CO_2 atau enzim menjadi tidak begitu aktif.

Akibat buruk penyimpanan karena komposisi atmosfer yang tidak tepat atau kemasan yang tidak baik membuat perubahan warna daging buah, perubahan citarasa, gagal matang, penimbunan asam organik dan kerusakan jaringan. Sedangkan dengan

tingginya konsentrasi dapat CO₂ menyebabkan penurunan reaksi sintesis pematangan; penghambatan beberapa kegiatan enzimatik; penurunan produksi zat atsiri/aroma; penimbunan asam organik; kelambatan pemecahan pektin; penghambatan sintesis klorofil dan penghilangan warna hijau; perubahan perbandingan berbagai gula; produksi bau dan rasa yang tidak dikehendaki; kenaikan pH penurunan asam askorbat; perubahan warna daging buah; pertumbuhan jamur terhambat; dan menghambat peran etilen (C₂H₄). Kondisi penyimpanan (CO₂, O₂) masing-masing komoditas berbeda-beda. Misalnya untuk :

1. Alpukat

[O₂] = 3 – 5%; [CO₂] = 3 – 5%; suhu 5 - 7°C; umur simpan bertambah 1 bulan.

2. Pisang

Berbeda-beda untuk masing-masing varietas pisang dengan komposisi O₂ dan [CO₂] yang tepat umur simpannya bisa mencapai 3 minggu.

3. Jeruk

[O₂] = 15%; [CO₂] = 0%; suhu 1°C; atau dengan [O₂] = 2.5%; [CO₂] = 5%; suhu 10°C, masa simpan 8 – 12 minggu.

4. Langsat

[O₂] = 3%; [CO₂] = 0%; umur simpan 16 hari; [N₂] = 97%.

5. Mangga

[O₂] = 5 – 7.5%; [CO₂] = 5 – 7.5%; hanya beberapa hari masa simpan.

6. Pepaya

[O₂] = 1%; [CO₂] = 5%; masa simpan 21 hari lebih efektif jika dikombinasi dengan perlakuan air panas dan irradiasi.

7. Nenas

[O₂] = 2%; [N₂] = 98%; suhu 7°C; umur simpan bertambah 1 – 3 hari (total 4 – 5 minggu).

8. Buncis

[O₂] = 2 – 3%; [CO₂] = 5 – 10%; suhu 7°C

9. Brokoli

[CO₂] = 5 – 20%

10. Kubis

[CO₂] = 5.5%; [O₂] = 1 – 2.5%; suhu 7°C

11. Wortel

[O₂] = 1 – 2%; [CO₂] = 2 – 4%; suhu 2°C

12. Seledri

[CO₂] = 9%; masa simpan 1 bulan.

13. Mentimun

[O₂] = 2 – 10%; [CO₂] = 2 – 10%; masa simpan 2 – 3 minggu.

14. Selada

[O₂] = 3 – 5%; [CO₂] = < 1%

15. Jamur

[CO₂] = 10 – 20%

16. Bawang Merah

[O₂] = 3 – 5%; [CO₂] = 10%

17. Lobak

[O₂] = 5%; suhu 1°C

18. Jagung Manis

[CO₂] = 5 – 10%

19. Tomat

[O₂] = 3%; [CO₂] = 0%; suhu 13°C, masa simpan 6 minggu.

3. Penyimpanan Hypobar atau Low Pressure Storage

Kondisi penyimpanan hipobar atau (LPS) telah diteliti dan dilaporkan oleh beberapa peneliti. Dilley (1977) melaporkan hasil yang baik untuk beberapa produk pada tekanan absolut yaitu untuk apel 10 KPa, sweet cherner 7 KPa, tomat hijau yang sudah matang 10 Kpa, asparagus 3-5 Kpa dan jamur pangan 2 Kpa (1 atm = 101 Kpa).

Spalding (1977) melaporkan bahwa LPS pada 20 Kpa lebih superior terhadap CA untuk limes dan mangga tetapi inferior untuk CA advokat.

LPS bagus sekali dalam menciptakan oksigen atmosphere hampir bebas dari ethylene. Karena itu bagus sekali untuk apel, sayuran berdaun, dan tanaman hias. Bagi

produk yang peka terhadap pembusukan, beberapa usaha diperlukan untuk pencegahannya. Biasanya dalam sistem transportasi yang menggunakan hibobaric digabung dengan MA Storage.

Disamping itu proses penyimpanan hypobaric dapat diterapkan pada pisang, yaitu penyimpanan pada tekanan rendah 150 sampai 80 mm Hg pada suhu 14⁰C dapat diperoleh waktu simpan selama 120 hari, tanpa adanya penyimpanan mutu yang nyata.

Untuk memperoleh selama transportasi, dapat ditumpuk dengan salah satu dari tiga cara yaitu dengan membungkus dalam kantung plastik atau dengan menggunakan kendaraan yang kedap udara atau kendaraan yang dilengkapi dengan peralatan yang dapat mengatur gas dalam kendaraan tersebut.

III. TEKNOLOGI OLAH MINIMAL

Gerakan kembali ke alam (*back to nature*) dalam industri pangan membawa dampak makin meningkatnya permintaan terhadap produk pangan yang hanya mengalami sedikit proses pengolahan. Dalam pengolahan produk hortikultura, khususnya buah-buahan, gerakan ke alam ini mendorong pesatnya pengolahan buah-buahan tanpa menghilangkan sifat-sifat bahan segarnya atau lebih dikenal dengan sebutan teknologi olah minimal (*minimal processing*).

Teknologi olah minimal ini dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan sel dan membran sel yang disebabkan oleh factor-faktor diantaranya aktivitas enzim, pembentukan senyawa metabolit sekunder, peningkatan produksi etilen, peningkatan laju respirasi dan perubahan flora mikroba pada produk. Akibatnya produk yang dihasilkan memiliki umur simpan yang lebih pendek dibanding bahan bakunya. Fenomena ini bertolak belakang dengan tujuan proses pengolahan konvensional dimana produk yang dihasilkan mempunyai umur simpan yang lebih lama. Oleh karena itu masalah tersebut harus diatasi dengan usaha-usaha yang dapat memperpanjang umur simpannya. Beberapa teknik yang dapat dilakukan diantaranya dengan penambahan food aditif dan penyimpanan dengan atmosfer termodifikasi serta pengaturan suhu penyimpanan.

Bahan dan Alat :

Mangga arumanis dengan tingkat kematangan 85%, plastik LDPE, Styrofoam, *warping plastic*, asam askorbat, natrium benzoat, bengkuang, pepaya mengkal, ketimun, klorin.

Cara Kerja :

Teknologi Olah Minimal Mangga Arumanis

1. Mangga dengan tingkat kematangan 85% dicuci bersih.
2. Kupas mangga dengan pisau *stainless steel*
3. Cuci hasil kupasan dengan air bersih/berklorinasi.
4. Potong menjadi empat bagian

5. Rendam dalam larutan asam askorbat 100 ppm selama 15 menit
6. Tiriskan
7. Rendam dalam larutan natrium benzoat 0.15% (b/v), selama 15 menit
8. Tiriskan dan bagi menjadi dua perlakuan
 - a. Masukkan dalam wadah Styrofoam dan ditutup dengan *wrapping plastic*
 - b. Kemas dalam plastik LDPE.
9. Masing-masing perlakuan tersebut disimpan pada kondisi ruang dan kondisi refrigerasi.
10. Lakukan pengamatan organoleptik terhadap produk setiap 2 hari sampai produk tidak dapat diterima.

Teknologi Olah Minimal Campuran Buah

1. Cuci buah-buahan dengan air yang mengandung klorin 5 ppm, sampai benar-benar bersih
2. Kupas buah, gunakan pisau bersih saat mengupas
3. Iris/potong buah yang telah dikupas ke bentuk yang diinginkan, gunakan slicer yang telah dicuci bersih dan didesinfeksi
4. Cuci potongan buah/sayur dengan air minum lalu lakukan desinfeksi dengan cara merendamnya dalam larutan klorin 100 ppm selama 10 menit
5. Tiriskan lalu rendam dalam asam askorbat 2000 ppm pH 4.5 – 5 (gunakan asam sitrat untuk mengaturnya) selama 10 menit, tiriskan
6. Rendam buah/sayur sekali lagi dalam larutan asam sorbat (0.1%, 48.9°C) selama 5 menit, kemudian tiriskan
7. Terapkan larutan pelapis I, II dan kontrol pada buah/sayur, segera kering anginkan.
8. Kemas campuran buah pepaya – bengkuang – semangka dengan proporsi yang sama sebanyak 200 – 300 gram dalam baki Styrofoam (telah desinfeksi)
9. Tutup dengan warpping film, pada tahap ini lakukan 2 macam perlakuan : (1) kontrol, (2) beri lubang ventilasi pada kemasan dengan menggunakan jarum setiap jarak 2 cm.

10. Simpan dalam refrigerator suhu 14°C.

Pelapis (Coating) I

1. Campurkan 2 gram bubuk sodium alginat dengan 0.45 g trisodium sitrat
2. Tambahkan campuran tersebut perlahan ke dalam larutan 0.44 g CaCl_2 pada 90°C sambil diaduk dengan cepat (gunakan waring blender)
3. Panaskan ulang campurang hingga suhunya 80°C, lalu tambahkan 0.4 ml gliserin
4. Deaerasi dengan pompa vakum selama 1 – 2 menit
5. Gunakan pelapis pada suhu 50°C

Pelapis II

1. Larutkan 2 g sodium alginat dalam 98 ml air 90°C sampai larut dan homogen
2. Dinginkan larutan hingga suhunya 50°C
3. Celupkan buah/sayur dalam larutan ini selama 30 detik, tiriskan
4. Lalu celup buah/sayur dalam larutan CaCl_2 2% selama 30 detik
5. Tiriskan dan keringanginkan

IV. PENDINGINAN DAN PEMBEKUAN

1. DASAR PENGAWETAN SUHU RENDAH

Respirasi pada buah dan sayuran masih berlangsung setelah dipanen, sampai buah dan sayuran tersebut membusuk. Untuk berlangsungnya respirasi diperlukan suhu optimum, yaitu suhu dimana proses metabolisme (termasuk respirasi) berlangsung dengan sempurna. Pada suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu optimum, metabolisme akan berjalan kurang sempurna bahkan berhenti sama sekali pada suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Setiap penurunan 8°C pada suhu penyimpanan, metabolisme berkurang setengahnya. Penyimpanan suhu rendah dapat memperpanjang masa hidup jaringan-jaringan dalam bahan pangan tersebut karena aktivitas respirasi menurun dan menghambat aktivitas mikroorganisme. Penyimpanan dingin tidak membunuh, mikroba, tetapi hanya menghambat aktivitasnya, oleh karena itu setiap bahan pangan yang akan didinginkan harus dibersihkan lebih dahulu.

2. SEJARAH

Alat pendingin yang pertama digunakan manusia adalah gua-gua alam, terutama di daerah vulkanik dengan cuaca dingin dan *kering*. Dari sini manusia mempelajari bahwa bila dia menggali lubang di dalam tanah, mereka dapat menyimpan makanannya untuk jangka waktu yang cukup lama. Menyimpan makanan di dalam air ternyata juga efektif. Setelah manusia dapat membangun rumah, mereka mulai melihat bahwa ruang bawah (basement or cellar) bisa digunakan sebagai tempat menyimpan, sayuran seperti umbi-umbian, ketimun, wortel dan seledri. Suhu pada tempat ini ternyata kadang-kadang melebihi 15°C , untuk mempertahankan suhu ini maka ruang bawah tanah harus diberi konstruksi yang dapat menjamin terjadinya penghambatan panas oleh tanah.

Penggunaan es sebagai pendinginan dimulai tahun 1800 segera didapatkan bahwa bila di tambah garam es kan memberi pengaruh dingin yang lebih rendah. Pangan yang disimpan di udara dingin sama saja hasilnya bila disimpan di dalam es. Pada

akhir abad ke 18, penyimpanan bahan pangan dalam "refrigerator" atau lemari pendingin mulai dikembangkan.

Dalam lemari pendingin, suhu dapat dicapai jauh lebih rendah daripada menyimpan dengan es, juga dapat digunakan untuk menyimpan berbagai bahan pangan seperti buah, sayuran, daging, telur dan susu dalam waktu terbatas. Perubahan yang disebabkan oleh enzim dari mikroba dapat dipertahankan walaupun tidak seluruhnya dapat dicegah.

Suhu dalam lemari pendingin berbeda untuk masing-masing tempat di dalam ruang "refrigerator". Suhu yang paling tinggi adalah pada suhu bagian terbawah dari kabinet dan yang terendah pada tempat tepat dibawah ruang beku. Umumnya suhu di dalam laci buah dan sayuran kira-kira 10% atau lebih rendah.

Suhu pada bagian tengah lemari pendingin biasanya antara 3,3 - 5,5⁰C, dan suhu di bawah ruang beku adalah 1,6⁰C atau lebih rendah.

Setiap saat perlu dilakukan pemeriksaan suhu pada masing-masing lokasi tadi. Hal ini disebabkan bahan pangan mempunyai suhu pendingin yang berbeda untuk mempertahankan mutunya. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan berpengaruh tidak baik pada beberapa bahan pangan seperti yang terlihat pada Tabel berikut

Suhu maksimum yang dapat diterima untuk penyimpanan semua makanan yang sudah rusak	Suhu badan: 37 ⁰ C disini bakteri tumbuh paling baik
Buah-buahan, sayuran dan terutama produk-produk yang mudah rusak lainnya.	6,6 – 10 ⁰ C
Susu dan hasil olahannya	3,3 – 7,6 ⁰ C
Daging dan unggas	0,5 – 3,3 ⁰ C
Ikan dan kerang	-5 - -1,1 ⁰ C
Makanan beku	-17,7 - -28,8 ⁰ C

Kisaran suhu yang dianjurkan untuk bahan pangan.

3. CARA-CARA, PENGAWETAN DENGAN SUHU RENDAH

Cara Pengawetan pangan dengan suhu rendah ada 2 macam yaitu pendinginan (cooling) dan pembekuan (freezing). Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas suhu pembekuan yaitu -2 sampai $+10$ C. Pendinginan yang biasa dilakukan sehari-hari dalam lemari es pada umumnya mencapai suhu $5-8^{\circ}\text{C}$. Meskipun air murni membeku pada suhu 0°C , tetapi beberapa makanan ada yang tidak membeku sampai suhu -2°C atau di bawah, hal ini terutama disebabkan oleh pengaruh kandungan zat-zat di dalam makanan tersebut.

Pembekuan adalah penyimpanan bahan pangan dalam keadaan beku. Pembekuan yang baik biasanya dilakukan pada suhu -12 sampai -24°C , Pembekuan cepat (quick freezing) dilakukan pada suhu -24 sampai -40°C . Pembekuan cepat ini dapat terjadi dalam waktu kurang dari 30 menit. Sedangkan pembekuan lambat biasanya berlangsung selama 30 - 72 jam.

Pembekuan cepat mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan cara lambat karena kristal es yang terbentuk sehingga kerusakan mekanis yang terjadi lebih sedikit, pencegahan "pertumbuhan mikroba juga berlangsung cepat dan kegiatan enzim juga cepat berhenti. Bahan makanan yang dibekukan dengan cara cepat mempunyai mutu lebih baik daripada pembekuan lambat.

Pendinginan biasanya akan mengawetkan berapa hari atau minggu tergantung dari macam bahan pangannya. sedangkan pembekuan dapat mengawetkan bahan pangan untuk beberapa bulan atau kadang-kadang beberapa tahun.

Kenurut Irving dan Sharp (1976), mutu bahan pangan yang dibekukan akan menurun dengan kecepatan yang tergantung dari suhu penyimpanan dan jenis bahan pangan. Pada umumnya sebagian besar bahan pangan akan mempunyai mutu penyimpanan yang baik sekurang-kurangnya 12 bulan bila disimpan pada suhu -18°C , kecuali bahan pangan dengan kandungan lemak tinggi. Bila suhu penyimpanan naik 3°C maka kecepatan kerusakan akan berlipat ganda.

Makanan beku yang mempunyai Mutu penyimpanan yang baik selama 12 bulan pada suhu -18°C , akan tahan simpan masing-masing hanya 6 bulan atau 3 bulan pada suhu -15°C atau -12°C .

Perbedaan yang lain antara pendinginan dan pembekuan adalah dalam hal pengaruhnya terhadap aktivitas mikroba dalam bahan pangan. Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan bahan tidak dapat menyebabkan kematian mikroba sehingga bila bahan pangan dikeluarkan dari tempat penyimpanan dan dibiarkan mencair kembali (thawing) pertumbuhan mikroba pembusuk dapat berjalan dengan cepat.

Penggunaan suhu rendah terutama untuk beberapa hasil pertanian tertentu perlu mendapat perhatian kerana kerusakan fisiologis dapat lebih cepat terjadi terutama justru pada suhu rendah, misalnya kerusakan akibat proses pendinginan (chilling injuries) dan kerusakan proses peipbekuan (freezing injuries).

4. KERUSAKAN-KERUSAKAN AKIBAT PENYIMPANAN SUHU RENDAH

Untuk menjaga mutunya, produk-produk hortikultura (buah-buahan dan sayuran) memerlukan suhu penyimpanan tertentu, seperti terlihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel . Penyimpanan beberapa buah-buahan dan sayur-sayuran pada suhu rendah+)

Bahan	Suhu terbaik(⁰ C)	Kerusakan jika disimpan di bawah suhu penyimpanan terbaik
Buah-buahan:		
adpokat	7,5	Coklat bagian dalam
anggur	7,5	Luka, bopeng, coklat bagian dalam
apel	1 – 2	Coklat bagian dalam, lunak dan pecah
jeruk	2 – 3	Kulit tidak beraturan
mangga	10	Warna pucat bagian dalam
nenas ++)	10 – 30	Lembek
pepaya	7.5	Pecah
pisang	13.5	Warna gelap jika masak
Sayur-sayuran:		
buncis	7.5 – 10	Bopeng, lembek, kemerah-merahan
kentang	4.5	Coklat (browning)
ketimun	7.5	Bopeng, lembek, busuk
kol ++)	0	Garis-garis coklat pada tangkai
terung ++)	7 – 10	Bintik-bintik coklat
tomat hijau	13	Tidak berwarna jika masak, mudah menjadi busuk
tomat matang	10	Pecah
wortel ++)	0 – 1.5	Pecah

+) POTTER (1968) ++) DARDJO SOMAATMADJA (1972)

Kulit adpokat sering berbintik-bintik hitam dan pada dagingnya sering terjadi perubahan warna terutama di sekitar biji dan pada serat-serat daging buah. Untuk mencegah hal tersebut buah adpokat yang masih keras atau belum masak sebaiknya disimpan pada suhu 7.5°C . sedangkan buah yang sudah masak dapat disimpan pada suhu sekitar 0°C .

Pada kulit mangga juga sering terdapat bintik-bintik hitam dan pada kelembaban yang lebih tinggi dapat ditemukan spora kapang pada permukaan bintik-bintik tersebut.

Pencegahan yang terbaik adalah dengan penyemprotan yang teratur pada buah sewaktu masih di pohonnya dan setelah pemetikan buah disimpan pada suhu 10°C .

Pada buah nenas. bagian yang terkena penyakit (black rot) biasanya lembek dan berair, sedangkan warnanya mungkin tetap atau berubah menjadi hitam. Pencegahan dapat dilakukan terutama pada buah yang baru dipetik, Tangkal bekas patahan atau keratan pisau harus dicelupkan ke dalam larutan yang mengandung 2,5 persen asam benzoat di dalam alkohol 30 persen. kemudian didinginkan pada suhu $10-13^{\circ}\text{C}$.

Suhu untuk penyimpanan pisang terutama pisang ambon yang disiplin pada suhu lebih rendah dari $13,5^{\circ}\text{C}$ dapat menyebabkan kulit pisang nien. jadi berwarna abu-abu dan dapat berubah menjadi tua lagi pada tempat-tempat yang cacat. Pisang yang didinginkan biasanya berbintik-bintik hitam pada tangkai dan kulitnya, dan pada kelembaban yang lebih tinggi sering tampak kapang tumbuh pada permukaan bintik-bintik tersebut.

Ketimun hendaknya jangan disimpan pada suhu di bawah 7.5°C untuk mencegah terjadinya perubahan warna yang mengkilat pada kulit dan untuk mencegah dagingnya agar tidak menjadi lembek.

Pada kol yang didinginkan akan terjadi bintik-bintik kapang hitam (*Alternaria sp.*), yang biasanya merupakan pangkal dari kebusukan selanjutnya. Pencegahan yang terbaik adalah usaha untuk menjaga agar daun jangan sampai cacat, kemudian didinginkan pada suhu 0°C . Penyimpanan pada suhu ini juga tidak dapat terlalu lama karena biasanya akan kelihatan garis-garis coklat pada tangkai.

Pemetikan dan perlakuan yang hati-hati pada tomat dapat mencegah kerusakan pada waktu penyimpanan. Suhu penyimpanan yang baik untuk tomat yang masih mentah

(hijau) adalah 13°C , sedangkan untuk tomat masak (merah) 10°C . Suhu di bawahnya dapat mencegah perubahan warna, tetapi mempercepat kebusukan. Kerusakan pada wortel biasanya terlihat pada bekas keratan dari akar (umbi) yang disebut "black rot". Hal ini dapat dicegah dengan cara menjaga agar tidak terjadi luka pada wortel, kemudian penyimpanan dilakukan pada suhu $0 - 1,5^{\circ}\text{C}$. Penyimpanan di bawah suhu 0°C akan menyebabkan wortel menjadi pecah-pecah.

5. BEBERAPA PERLAKUAN PENDAHULUAN SEBELUM PENDINGINAN DAN PEMBEKUAN

A. PENDINGINAN

Buah-buahan yang akan disimpan pada suhu rendah haruslah yang bermutu baik dan tidak memar. Buah sebelum didinginkan harus dicuci dan ditiriskan, buah jangan disimpan dalam keadaan basah, sebab akan merangsang pertumbuhan kapang dan pembusukan dapat cepat terjadi. Untuk mengurangi suatu kelayuan dan pengeringan, buah dibungkus dalam kantong plastik yang berpori-pori agar tetap terjadi sirkulasi udara.

Subu pendinginan yang digunakan tergantung pada jenis buah, biasanya suhu pendinginan cocok untuk buah-buahan seperti "strawberry", apel, mangga dan jujube. Sedang pisang, advokat, nenas dan semangka lebih baik tidak disimpan di dalam lemari es, karena pada suhu di bawah $13,3^{\circ}\text{C}$ akan terjadi "chilling injury". Buah seperti nenas, pepaya dan pisang bila disimpan di dalam lemari pendingin sebelum matang, setelah dikeluarkan lagi tidak akan mengalami pematangan yang normal.

Ada beberapa pengecualian pada sayuran, karena beberapa sayuran paling baik dimakan segera sesudah dipanen. Tanaman terus bernafas dan terjadi perubahan selama penyimpanan yaitu, gula yang ada digunakan untuk respirasi. Serat (woodiness) terbentuk terutama pada sayuran berserat dan kemanisan berkurang karena gula menghilang. Pelunakan terjadi akibat protopektin berubah menjadi pektin yang larut. Umumnya perubahan-perubahan ini dipercepat pada suhu tinggi dan terhambat pada suhu yang lebih rendah. Cara mempertahankan mutu sayuran tergantung pada sifat aslinya. Umumnya sayuran seperti umbi, bawang, kentang dan biji-bijian dapat disimpan pada suhu ruang dalam jangka waktu relatif lama tanpa terjadi penurunan mutu yang serius. Terung,

wortel, buncis, ketimun dapat disimpan pada ruang sejuk misalnya pada ruang bawah tanah (basement). Sayuran yang lain sebaiknya disimpan di dalam lemari pendingin. Sebelum disimpan, sayuran tersebut harus dibungkus dengan plastik berpori atau daun pisang untuk menghindari kelayuan. Lobak dan wortel dapat tahan lebih lama di dalam lemari pendingin, asalkan daunnya dilepas. Ercis dan buncis dapat lebih tahan dan tetap baik bila disimpan dalam bentuk polong. Jagung manis dapat tetap segar bila disimpan dalam lemari pendingin tanpa di buka kulitnya. Kentang dan bawang dapat tahan lama bila disimpan pada tempat yang sejuk, kering dan berventilasi.

Suhu yang tinggi dengan kelembaban yang relatif tinggi penyimpanan menyebabkan pertunasan dan pembusukan. Sebaiknya, penyimpanan pada suhu rendah ($4,4^{\circ}\text{C}$) atau lebih rendah menyebabkan terjadinya akumulasi gula sebat aktifitas metabolisme berlangsung agak lambat. Gula menyebabkan kentang mempunyai rasa manis, rasa yang tidak disenangi dan menimbulkan reaksi pencoklatan yang terlalu keras pada waktu digoreng. Sayuran daun membutuhkan penyimpanan dingin dan lembab. Jadi penyimpanan dalam kantong plastik yang tahan air dapat mengurangi kelayuan.

B. PEMBEKUAN

Tujuan perakuan pendahuluan adalah untuk mempertahankan mutu buah dan sayuran selama pembekuan dan penyimpanan beku, dengan cara mengurangi kerusakan Selama pembekuan dan penyimpanan beku. Pembekuan tidak dapat memperbaiki mutu bahan pangan.

1. Seleksi Bahan

Pembekuan tidak dapat memperbaiki mutu bahan pangan, tetapi hanya dapat mengawetkan mutu asli dari bahan pangan tersebut. Oleh sebab itu mutu bahan pangan yang akan dibekukan harus lah dalam keadaan paling baik (prime condition). Buah dan sayuran haruslah dipilih pada dasar kematangan yang paling cocok untuk dibekukan. Buah harus dalam keadaan cukup keras dan matang; sayuran harus dalam keadaan segar lapang (gardep fresh), lembut dan dalam keadaan matang yang seragam untuk kebutuhan memasak.

2. Persiapan Bahan

Beberapa tahap dilakukan dalam menyiapkan bahan pangan sebelum dibekukan, termasuk pencucian untuk mereduksi jumlah mikroba melepaskan tangkai buah, mengupas kulit dan bagian yang tidak dimakan serta memotong buah dalam bentuk yang diinginkan. Buah yang kecil seperti "strawberry" dapat dibekukan dalam keadaan utuh atau bulat-bulat. Buah yang besar dipotong dua atau lebih. Ada juga buah yang diserut atau dihancurkan menjadi pasta, misalnya advokat. Buah dapat diberi pemanis sebelum dibekukan.

3. Blansir

Blansir adalah proses pemanasan dengan suhu tinggi (80 - 100⁰C), dengan menggunakan uap atau air Panas. Blansir umumnya dilakukan terhadap buah dan sayuran. Tujuan proses blansir adalah sebagai berikut:

- a. Menginaktifkan enzim-enzim yang terdapat dalam buah dan sayuran yang dapat menyebabkan perubahan flavor dan rasa serta warna selama penyimpanan. Menurut Desrosier dan Desrosier (1977), enzim masih dapat mempertahankan aktifitasnya pada suhu serendah -73⁰C, walaupun pada suhu tersebut kecepatan reaksinya sangat rendah. Oleh karena itu penyebab kerusakan buah-buahan dan sayuran selama pembekuan, penyimpanan beku dan thawing sebagian besar disebabkan oleh aktifitas enzim.
- b. Wengerutkan dan melemaskan bahan pangan, sehingga memudahkan pengolahan selanjutnya.
- c. Menurunkan kontaminasi mikroba awal.
- d. Menghilangkan kotoran-kotoran pada permukaan bahan dan mengusir udara atau mengurangi kadar oksigen dari jaringan bahan Pangan.

4. Mencegah perubahan warna.

Perubahan warna yang utama pada sayuran dan buah-buahan disebabkan oleh reaksi browning (pencoklatan). Reaksi pencoklatan terdiri atas pencoklatan (browning) enzimatis dan non enzimatis. Browning enzimatis disebabkan oleh aktifitas enzim phenolase dan poliphenolase. Pada buah dan sayuran utuh, sel-selnya masih utuh,

sehingga substrat yang terdiri atas senyawa-senyawa fenol terpisah dari enzim phenolase sehingga tidak terjadi reaksi browning. Apabila sel pecah akibat terjatuh/memar atau terpotong (pengupasan, pengirisan) substrat dan enzim akan bertemu pada keadaan aerob (terdapat oksigen) sehingga terjadi reaksi browning enzimatik.

Pembentukan warna coklat disebabkan oksidasi senyawa-senyawa fenol dan polifenol oleh enzim fenolase dan polifenolase membentuk quinon, yang selanjutnya berpolimerisasi membentuk melanin (pigmen berwarna coklat). Untuk terjadinya reaksi browning enzimatik diperlukan adanya 4 komponen fenolase dan polifenolase (enzim), senyawa-senyawa fenol dan polifenol (substrat), oksigen dan ion tembaga yang merupakan sisi aktif enzim. Untuk menghindari terjadinya reaksi browning enzimatik dapat dilakukan dengan mengeliminasi (menghilangkan) salah satu atau beberapa komponen tersebut.

Browning non enzimatik terutama disebabkan reaksi Maillard, yaitu reaksi yang terjadi antara gula pereduksi (melalui sisi keton dan aldehid yang reaktif) dengan asam-amino (melalui gugus amina). Reaksi ini banyak terjadi selama penyimpanan bahan pangan. Reaksi non enzimatik browning yang lain adalah karamelisasi dan oksidasi asam askorbat.

Reaksi browning dapat dicegah dengan menambahkan senyawa-senyawa anti pencoklatan, antara lain senyawa-senyawa sulfit, asam-asam organik dan dengan blanching/blansir.

- a. Sulfit : senyawa-senyawa sulfit misalnya natrium bisulfit, SO Natrium 21 sulfit dan lain-lain mempunyai kemampuan untuk menghambat reaksi browning baik enzimatik maupun non enzimatik. Penghambatan terhadap browning enzimatik terutama disebabkan kemampuannya untuk mereduksi ikatan disulfida pada enzim, sehingga enzim menjadi tidak aktif, sedangkan penghambatan reaksi browning non enzimatik disebabkan kemampuannya untuk bereaksi dengan gugus aktif gula pereduksi, sehingga mencegah reaksi antara gula pereduksi tersebut dengan asam amino.
- b. Penambahan asam-asam organik dapat menghambat browning enzimatik terutama disebabkan efek turunnya pH akibat penambahan senyawa tersebut. Enzim fenolase dan polifenolase mempunyai pH optimum pada pH 5 - 7, dibawah kisaran pH tersebut aktifitas enzim terhambat. Asam-asam organik yang dapat ditambahkan

adalah asam askorbat, asam malat, asam sitrat dan asam erithorbat. Disamping menurunkan pH penambahan asam askorbat yang bersifat pereduksi kuat sehingga berfungsi sebagai antioksidan. Dengan penambahan asam askorbat, maka oksigen yang merupakan pemacu reaksi browning enzimatis dapat dieliminasi. Penambahan asam sitrat disamping dapat menurunkan pH juga dapat mengikat tembaga yang merupakan sisi aktif enzim sehingga aktifitas enzim dapat dihambat.

5. Pengemasan dalam gula dan sirup

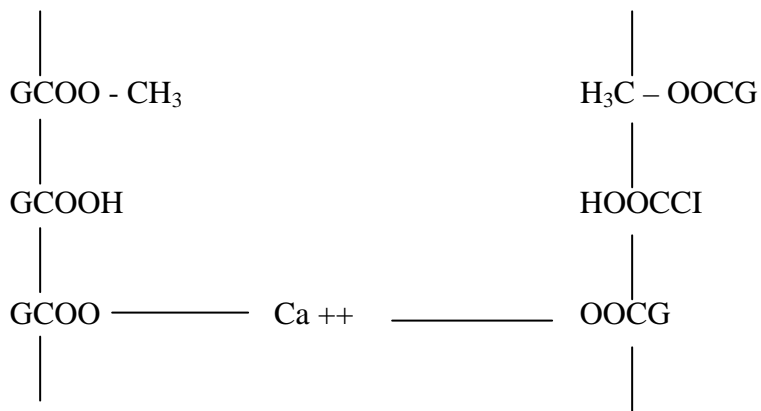
Buah yang akan dibekukan dapat dikemas di dalam gula atau sirup, dapat juga dibiarkan tanpa pemanis, tergantung dari kemanisan buah. Buah beku yang tidak diberi pemanis biasanya digunakan untuk membuat "pie", jelli, jam atau "preserve". Tujuan pemberian gula di samping untuk pemanis juga untuk memper-tahankan cita rasa dan warna, dan mencegah oksidasi serta perubahan bahan selama penyimpanan.

Gula dapat ditambah dalam bentuk gula kering atau dalam bentuk sirup. Pengemasan dalam sirup lebih baik karena dapat menahan aroma volatil dan lebih efektif dalam mencegah kepoyoan. penggunaan gula dalam keadaan kering biasanya dilakukan untuk buah yang sudah dimasak karena mengandung air lebih sedikit di dalam kemasan, atau buah yang mengandung banyak sari buah.

6. Mencegah perubahan tekstur/kekerasan.

Perubahan kekerasan ini dapat dicegah dengan perendaman dalam larutan garam kalsium. Dalam buah, kalsium yang bervalensi dua bereaksi secara menyilang dengan gugus karboksil dari pektin. Bila ikatan-ikatan tersebut jumlahnya banyak maka akan terjadi jaringan-jaringan molekul kalsium pektat yang tidak larut dalam air. Makin besar jaringan molekul ini, akan semakin rendah daya larut pektin dan semakin kuat ikatan jaringan. buah terhadap gangguan mekanis sehingga pemecahan protopektin selama pengolahan menjadi lebih kecil (Lowe, 1963).

Menurut Khayat dan Luh (1968), ion-ion kalsium yang ditambahkan bereaksi dengan pektin di dalam dinding sel, sehingga akan memperkuat ikatan diantara sel-sel tersebut. Bentuk ikatan antara asam pektinat dan ion kalsium dapat dilihat pada gambar .



Bentuk ikatan ion kalsium dengan asam pektinat (Meyer, 1973).

Beberapa garam kalsium yang dapat digunakan sebagai penguat pada buah-buahan yang dikalengkan, antara lain kalsium klorida dan kalsium laktat. Penambahan garam kalsium tersebut dapat ditambahkan garam larutan pengawet atau ditambahkan ke dalam larutan Perendam sebelum blansir (Luh et al, 1975).

Keefektifan ion kalsium dalam mempertahankan kekerasan buah tergantung dari terdapatnya molekul pektin yang telah mengalami demetilasi sebagian dan terdapat tidaknya zat-zat yang dapat mengikat kalsium misalnya ion-ion oksalat dan sitrat (Adams dan Blundstone, 1971).