



PROSES PERKEMBANGAN DAN PERUBAHAN SIFAT FISIKOKIMIA PRODUK PASCAPANEN

Rijanti Rahaju Maulani

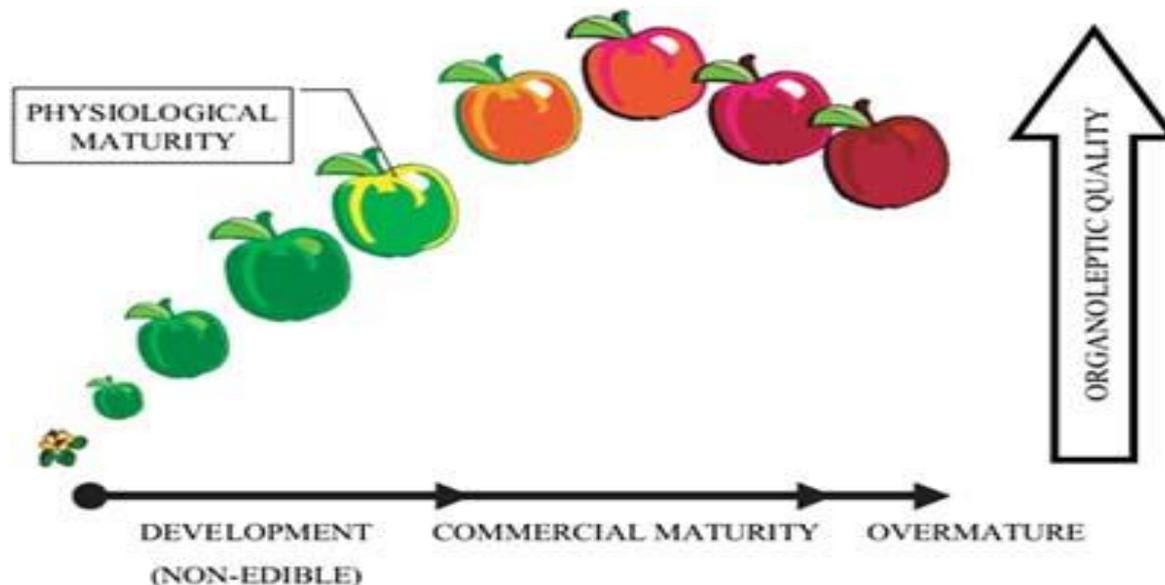
Tahap-tahap proses pertumbuhan

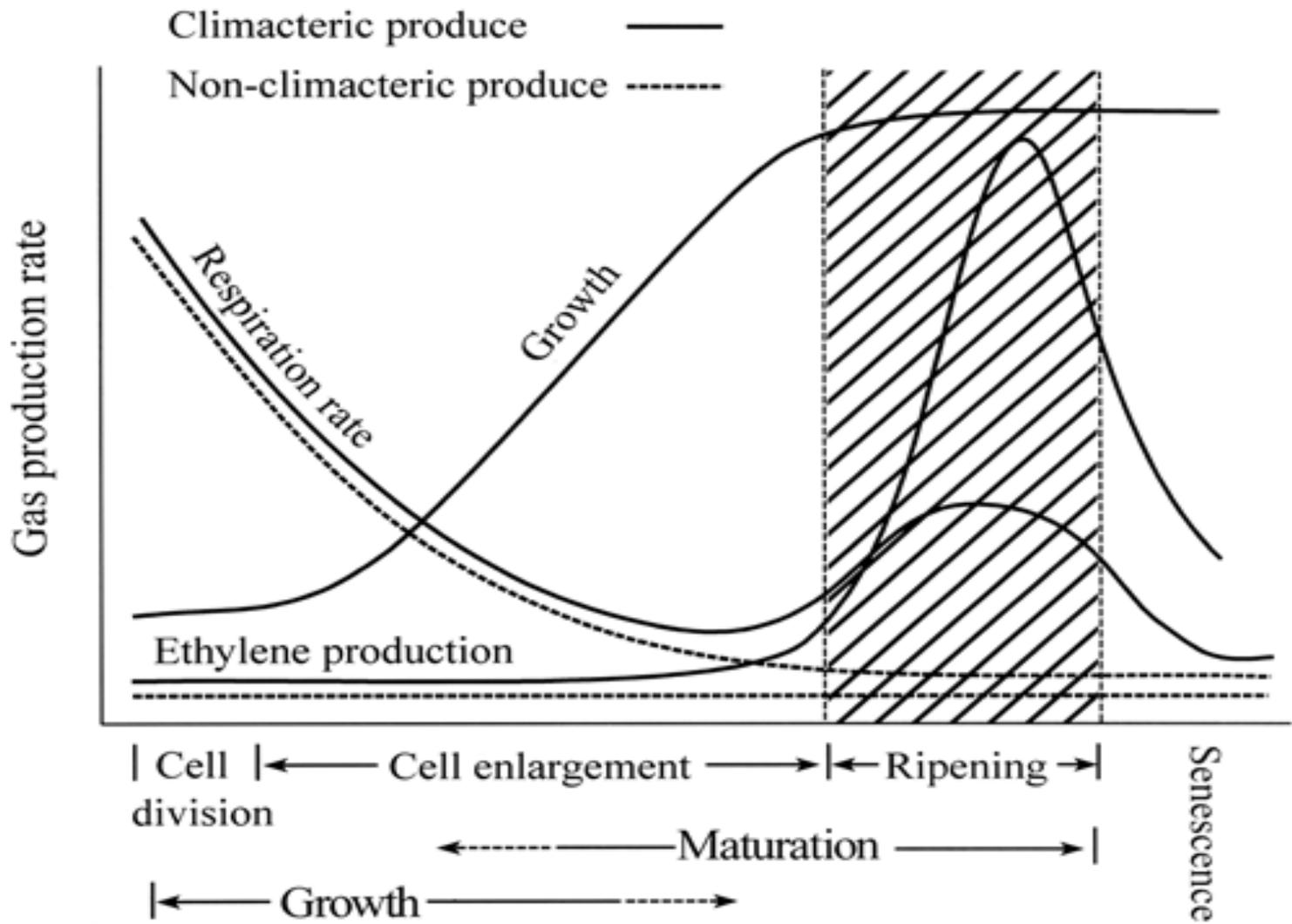
- pembelahan sel
- pembesaran sel
- Proses pembelahan sel berlangsung segera setelah terjadinya pembuahan kemudian diikuti dengan pembesaran atau pengembangan sel sampai mencapai volume maksimum.

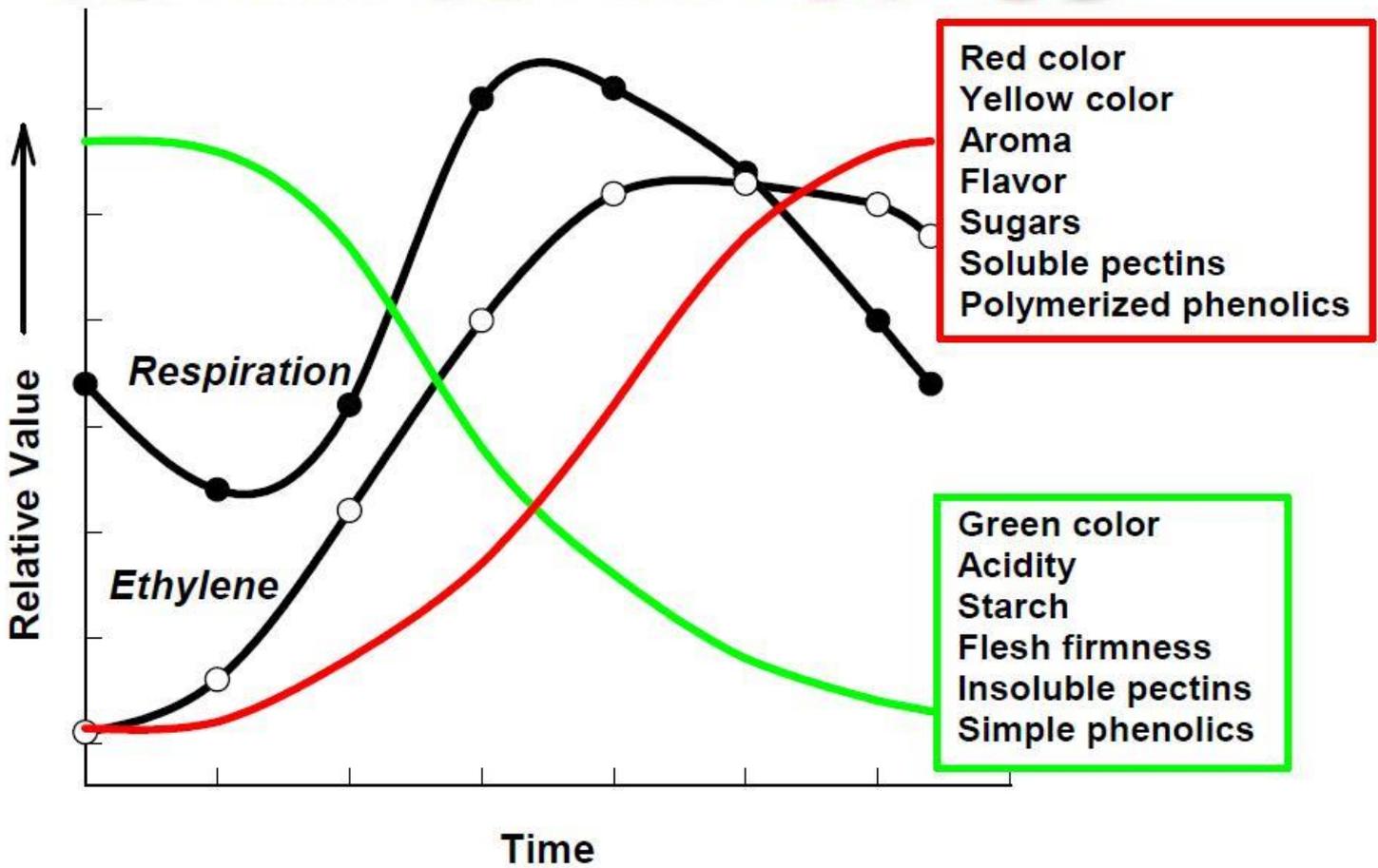
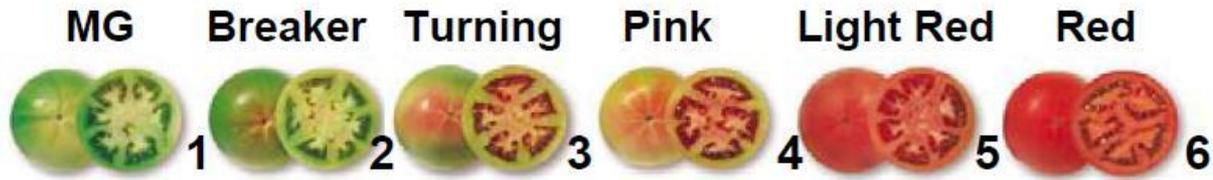
Tahap-tahap Proses Perkembangan

- pendewasaan sel (*maturatation*),
- pematangan (*ripening*),
- kelayuan (*senescence*),
- pembusukan (*deterioration*).

- Buah yang tua (*mature*): keadaan sel-sel buah telah dewasa (ranum)
- Buah yang matang (*ripe*): warna, cita rasa, dan kekerasan buah telah berkembang sampai tingkat maksimum.







Pematangan (*ripening*)

- Awal dari kegiatan hidrolisis substrat enzim-enzim.
- Proses hidrolisis : pemecahan khlorofil, pati, pectin dan tannin.
- Hasil pemecahan : etilen, pigmen, flavor, energi, dan polipeptida.
- Proses pematangan : fase akhir dari proses penguraian substrat dan merupakan suatu proses yang dibutuhkan oleh bahan untuk mensintesis enzim-enzim yang spesifik yang di antaranya digunakan dalam proses kelayuan (*senescence*).

Perubahan-perubahan yang terjadi selama proses pematangan

- ❑ Perubahan warna/degradasi pigmen
- ❑ Perubahan Tekstur
 - ✓ Turgor Sel
 - ✓ Dinding Sel
- ❑ Perubahan Flavor
 - ✓ Degradasi Karbohidrat
 - ✓ Senyawa Fenol dan Tanin
 - ✓ Asam Organik

Perubahan warna:

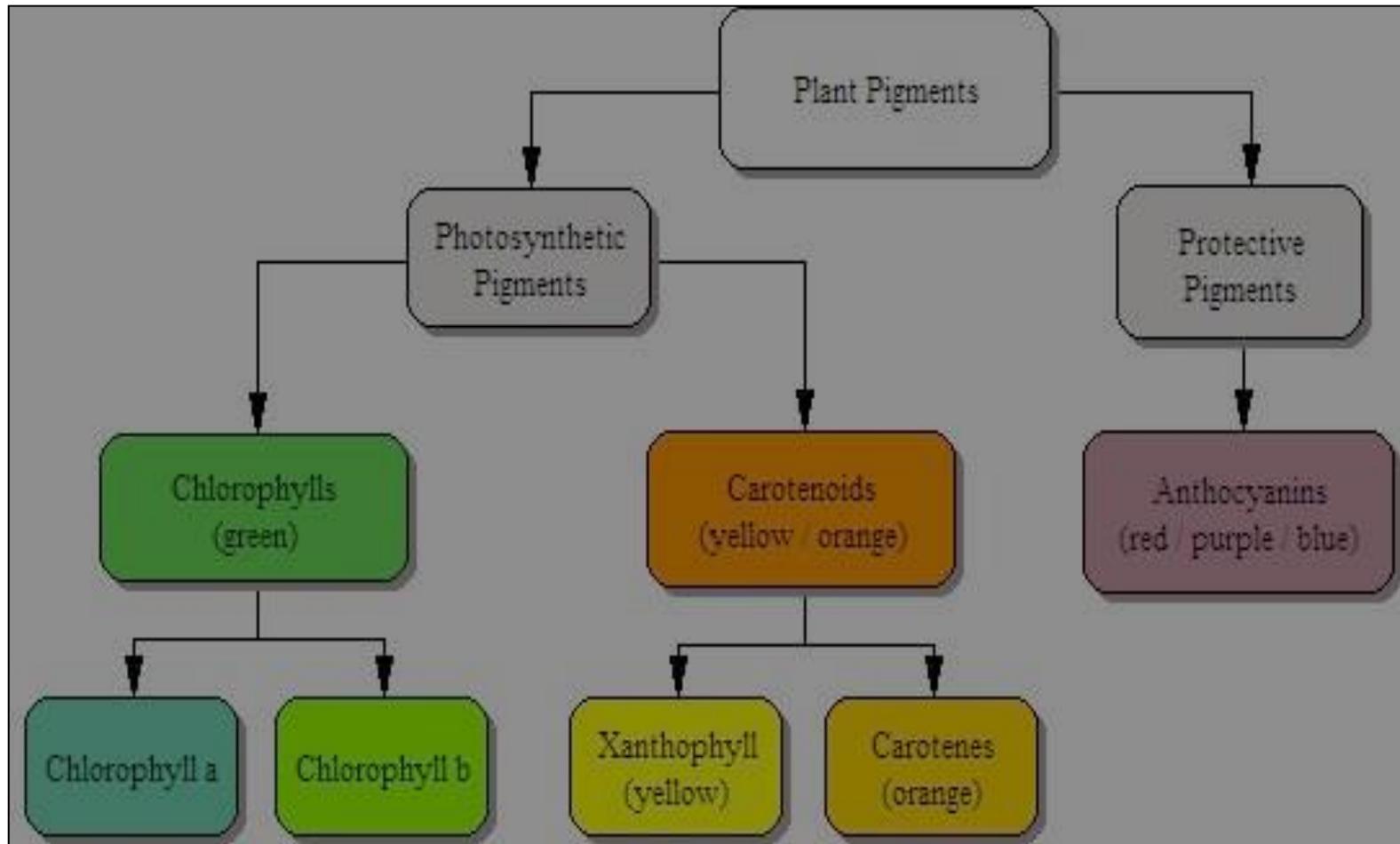
- proses degradasi pigmen;
- proses sintesis pigmen;
- Pigmen dalam buah dan sayuran:
 - Karotenoid : jingga
 - Likopen : merah
 - Klorofil : hijau
 - Kurkumin : kuning
 - Antosianin : merah keunguan



Perubahan warna

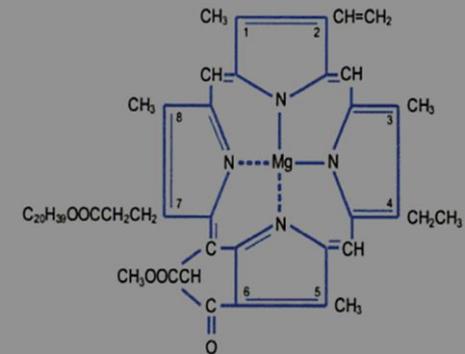
- ❑ Warna pada buah-buahan disebabkan oleh **PIGMENT** yang dikandung buah tersebut.
- ❑ Pigmen dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu :
 - ✓ khlorofil
 - ✓ karotenoid
 - ✓ anthosianin

Plant pigment

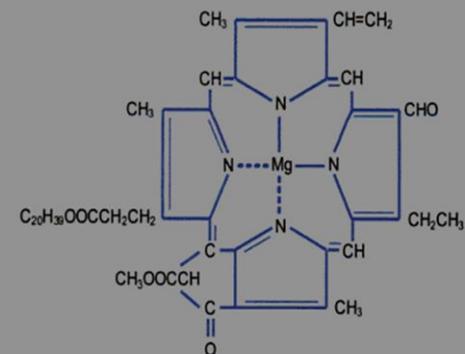


Klorofil

- Klorofil dalam tanaman terdapat beberapa macam, tetapi yang terbanyak adalah: klorofil a dan klorofil b.
- Selama proses pematangan buah, terjadi perubahan warna dari **HIJAU** menjadi **KUNING**, **JINGGA**, **MERAH**, **BIRU** atau warna lain.
- Perubahan warna tersebut disebabkan klorofil mengalami perombakan, degradasi, dan terjadi sintesis/peningkatan pigmen lain (perubahan riil) atau perubahan yang bersifat pemunculan.



Struktur bangun klorofil A.



Struktur bangun klorofil B.

Karotenoid

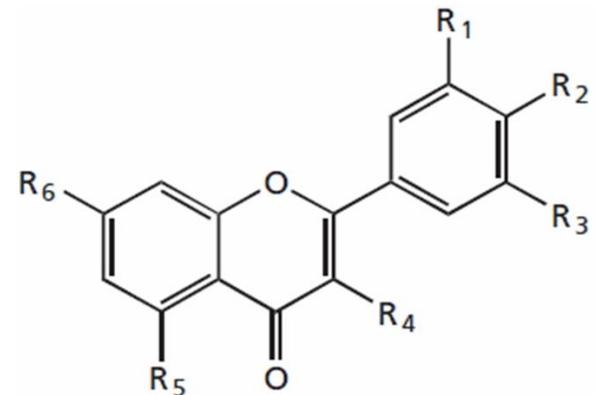
- Ada 2 (dua) jenis karotenoid yaitu:
 - ✓ **KAROTEN** (tanpa atom oksigen dalam molekulnya), contoh: α -karoten, β -karoten dan γ -karoten.
 - ✓ **XANTOFIL** (mempunyai atom oksigen dalam molekulnya), contoh: cantaxanthin, astaxanthin, rodoxanthin dan torularhodin.
- **LIKOPEN** adalah turunan karoten, sebagai pembentuk warna merah.
- Jenis karotenoid yang banyak terdapat pada buah-buahan adalah xantofil, walaupun β karoten jumlahnya relatif besar, contoh pada buah jeruk.
- Walaupun jumlah β karoten relatif besar, jumlah xantofil akan menurun dan jumlah β karoten akan meningkat.
- Setelah panen, karotenoid menjadi lebih penting perannya dibandingkan khlorofil
- Tanaman yang mengandung karbohidrat rendah, mengandung karotenoid rendah, kecuali wortel dan ubi jalar.

Anthocyanin

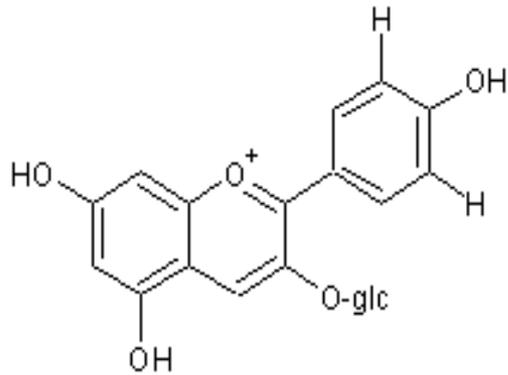
- Warna yang disebabkan oleh pigmen anthocyanin tergantung pada faktor : konsentrasi, pH media, keberadaan pigmen lain.
- Pada konsentrasi rendah menyebabkan warna **UNGU**.
- Pada pH rendah berwarna **MERAH**
- Pada pH netral berwarna **BIRU**
- Pada pH tinggi berwarna **HIJAU - KUNING**.
- Keberadaan pigmen lain sering menutupi warna yang disebabkan oleh pigmen anthocyanin = *co-pigmentation*.

STRUKTUR ANTHOCYANIN

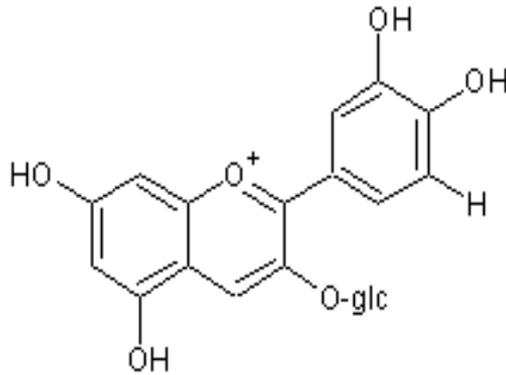
- Anthocyanin (flavonoid) dapat dibagi dalam tiga gugusan penting, yaitu :
 - Ring dasar yang terdiri atas gugusan glikon (tanpa gula),
 - Gugusan glikon,
 - Asam organik (acyl)
- Jenis gula yang ada pada anthocyanin sebagian besar adalah glukosa dan galaktosa, sehingga anthocyanin bersifat larut dalam air.
- Molekul bebas gula disebut **anthocyanidin**.



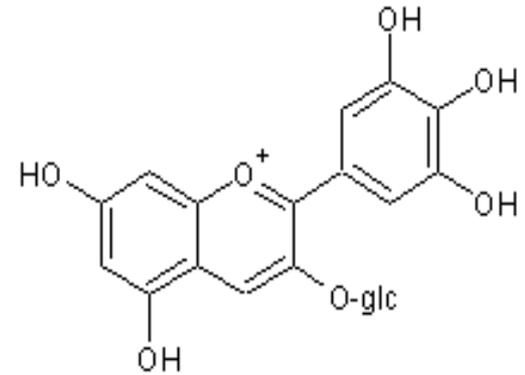
Jenis-jenis anthocyanin



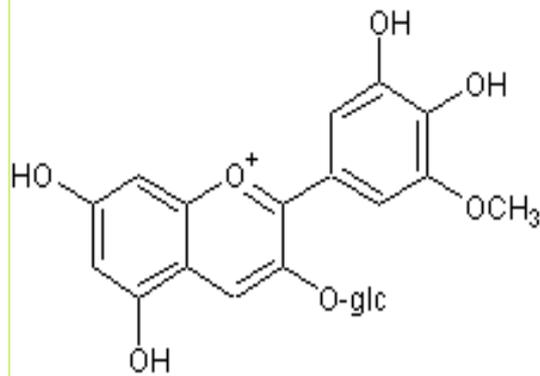
Pelargonidin



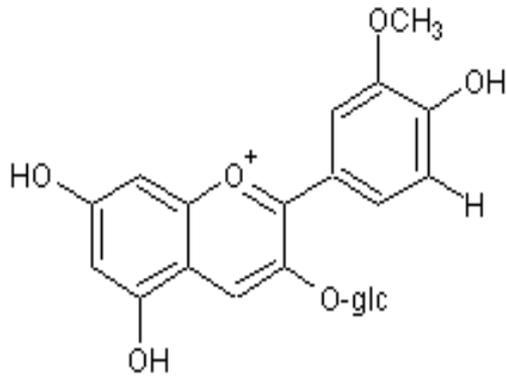
Cyanidin



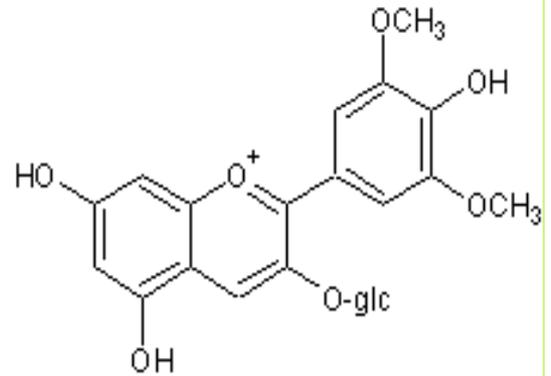
Delphinidin



Petunidin



Peonidin



Malvidin

- Setelah panen, warna anthocyanin semakin terlihat karena adanya degradasi khlorofil.



- Beberapa jenis buah-buahan terus memproduksi anthocyanin setelah dipanen (tergantung cahaya dan suhu).
- Umumnya buah-buah tidak mengalami kehilangan kandungan anthocyanin setelah dipanen, tetapi bunga banyak mengalami perubahan karena mengalami degradasi anthocyanin.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PEMBENTUKAN PIGMEN:

○ **SUHU :**

- Pada pembentukan likopen, bila suhu naik proses pembentukan akan meningkat, sebaliknya dengan anthocyanin.
- Anthocyanin perubahan warnanya dapat diatur dengan proses pemeraman pada suhu yang berbeda.

○ **CAHAYA :** cahaya sangat penting dalam pembentukan klorofil, anthocyanin, dan karotenoid, kecuali pada karotenoid, pigmen tersebut masih dapat disintesis meskipun tidak ada cahaya.

○ **KARBOHIDRAT :** merupakan bahan dasar dalam pembentukan pigmen.

○ **KULTIVAR**

○ **LAJU PEMATANGAN**

○ **NUTRISI :** Kelebihan N dan atau kekurangan P menurunkan sintesis anthocyanin.

Pelunakan

- Terjadi pemecahan protopektin menjadi pektin,
- Terjadinya hidrolisis pati atau lemak,
- Terjadi pemecahan lignin,
- Perubahan tekanan turgor sel selama proses pematangan karena komposisi dinding sel berubah

Perubahan tekstur

- Buah-buahan akan mengalami keempukan setelah matang disebabkan oleh adanya perubahan komposisi dinding sel, dari keras (*firmness*) berubah menjadi lunak.
- Terjadinya keempukan disebabkan karena pektin yang tidak larut (protopektin) menurun jumlahnya berubah menjadi pektin yang larut.
- Terjadi perubahan turgor sel karena komposisi dinding sel berubah.

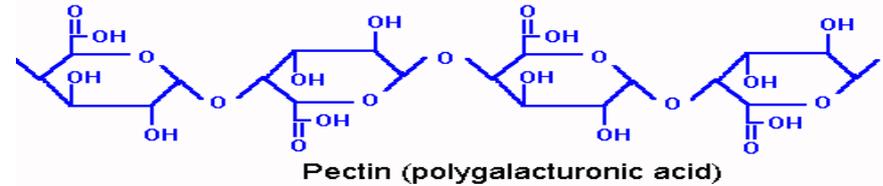
Perubahan turgor sel

- Dinding sel terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin.
- Pada proses perkembangan tanaman terjadi degradasi selulosa menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana.
- Degradasi pektin terjadi dengan bantuan beberapa enzim:
 - PE (*pectin methyl esterase*) aktif dalam pemecahan metil dari metil ester;
 - PG (*polygalacturonase*) memecahkan ikatan λ -1,4;
 - PTE (*pectin trans eliminase*) bekerja pada hasil hidrolisis PG.

Pektin

- Secara umum, yang disebut sebagai senyawa pektin adalah substansi pektat yang terdiri atas 4 unsur, yaitu protopektin, asam pektinat, pektin, dan asam pektat.
 - **Protopektin** : zat pektat yang tidak larut dalam air dan jika dihidrolisis menghasilkan asam pektinat.
 - **Asam pektinat** : asam poligalakturonat yang mengandung gugus metil ester dalam jumlah yang cukup banyak.
 - **Pektin** : asam poligalakturonat yang mengandung 3-16% gugus metoksi, larut dalam air, membentuk jelly bila dicampurkan dengan gula pada suasana asam.
 - **Asam pektat** : zat pektat yang seluruhnya tersusun dari asam poligalakturonat yang bebas dari gugus metil ester.

Types of pectic substances



Protopectin	Pectin	Pectinic acid	Pectic acid
<p>Precursor of pectin, found in the unripe fruits</p>	<p>Produced from protopectin during ripening of the fruits</p> <p>Contains 10-12 % - methyl ester</p>	<p>Partially-deesterified pectin</p> <p>Contains ~ 7% - methyl ester</p>	<p>Completely -deesterified pectin, found in over-ripe fruits</p> <p>Free from methyl -esters</p>
<p>Insoluble in water</p>	<p>Soluble in water-</p> <p>Precipitated by - alcohol or metal ions, e.g. iron or lead but not calcium</p> <p>Acidic solution - forms a gel in presence of sucrose</p>	<p>Soluble in water-</p> <p>Forms gel with - calcium ions</p> <p>Does not form - gel with sucrose</p>	<p>Soluble in water-</p> <p>Precipitated by - calcium ions</p>
<p>Transformed to - pectin by heating . with water or acid</p>			

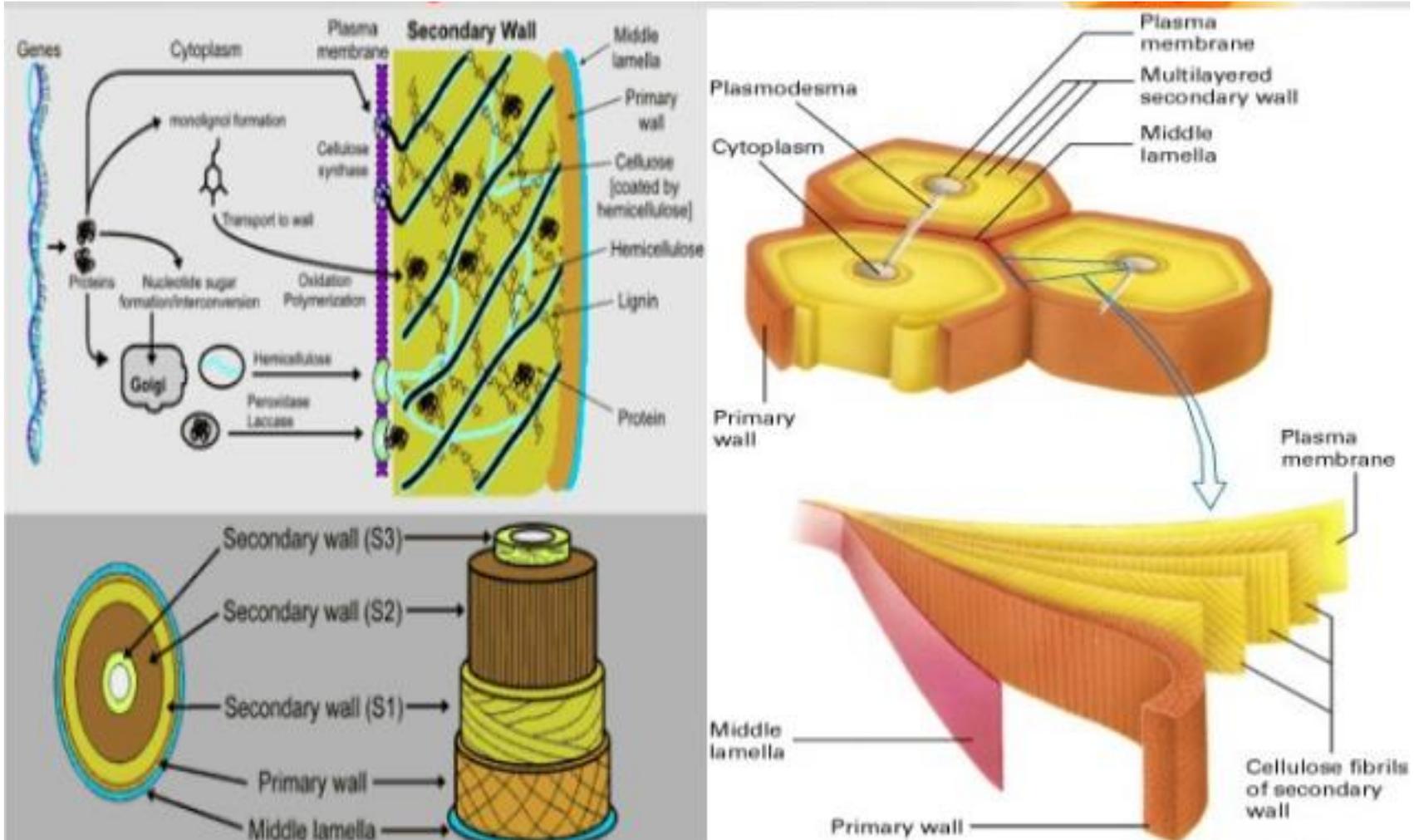
Sifat-sifat Pektin

- Komponen utama dari senyawa pektin adalah asam D-galakturonat tetapi terdapat juga D-galaktosa, L-arabinosa, dan L-ramnosa dalam jumlah yang beragam dan kadang terdapat gula lain dalam jumlah kecil.
- Pektin bersifat asam dan koloidnya bermuatan negatif karena adanya gugus karboksil bebas,
- Pektin dapat larut dalam air, alkali dan dalam asam oksalat tergantung pada kadar metoksil yang di kandunginya,
- Pektin mempunyai kemampuan untuk membentuk gel jika di campur dalam larutan yang mempunyai tingkat keasaman dan kadar gula dalam perbandingan yang tepat.

Dinding sel

- **Dinding sel primer:** selulosa (25-35%), hemiselulosa (50-60%), pektin, protein, dan lemak.
- **Dinding sel sekunder:** hemiselulosa, pektin, lignin.
- **Skleroid:** sel batu yang terbentuk dalam lapisan dinding sel sekunder. Akan terbungkus lignin apabila buah menjadi masak
- **Middle lamella:** terdiri dari pektin yang bertindak sebagai perekat sel-sel yang berdekatan, dan bertindak sebagai matrix (campuran pektin dan hemiselulosa)

Dinding sel tumbuhan tingkat tinggi



Keadaan dinding sel setelah produk dipanen

- Kasus pada buah apel: perubahan komponen selulosa tidak besar, tetapi hemiselulosa dan protopektin berubah secara signifikan.
- Penurunan tekstur buah ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah pektin yang larut pada dinding sel.

Tekanan (kg/m ²)	(% berat segar)		
	Protopektin	Pektin yang larut	Total pektin
61	0,76	0,03	0,79
50	0,58	0,17	0,75
39	0,56	0,22	0,78
34	0,51	0,23	0,72

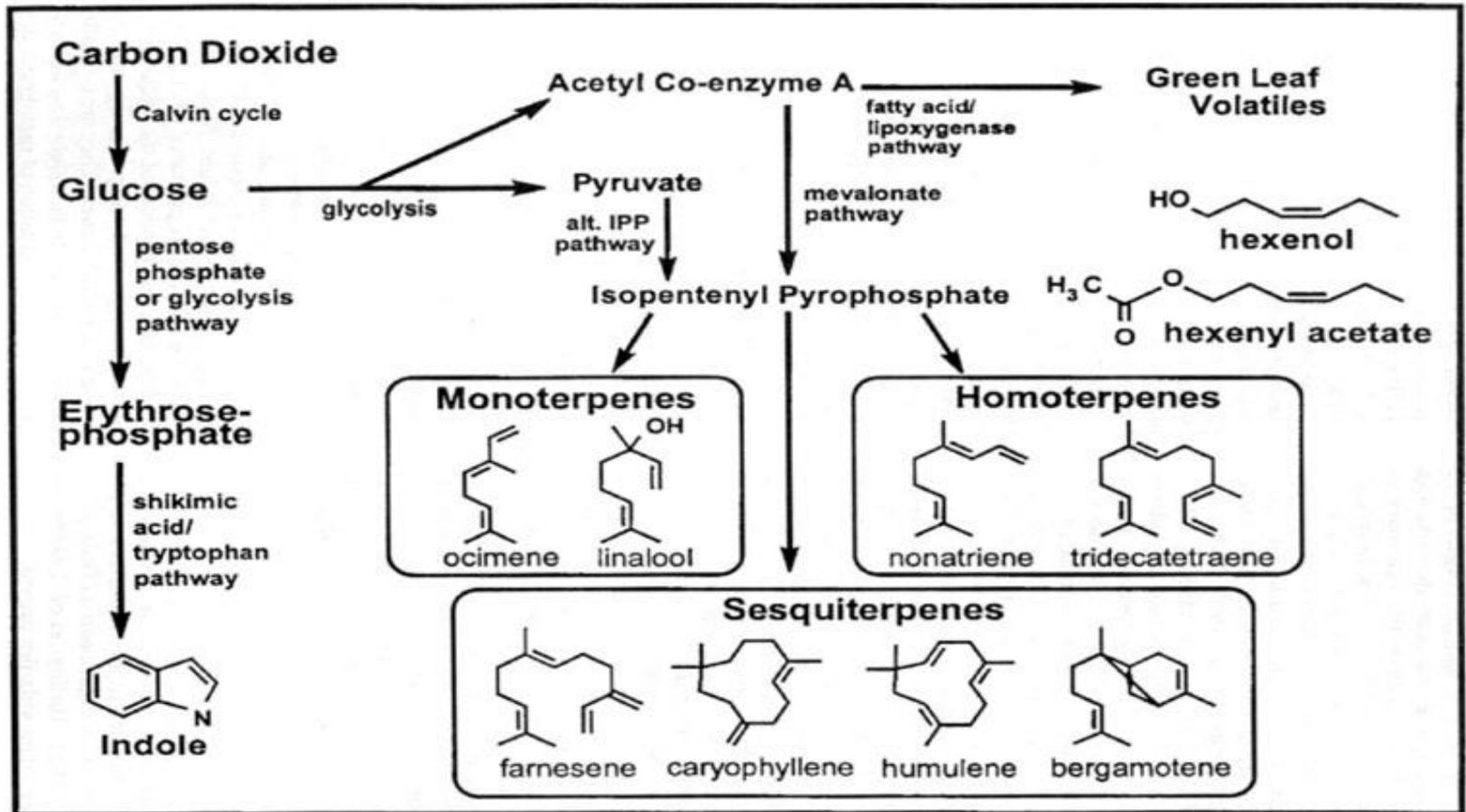
Perubahan aroma

- Aroma memainkan peranan penting dalam perkembangan kualitas pada bagian buah yang dapat dikonsumsi (*edible portion*).
- Aroma terjadi karena adanya sintesis banyak senyawa organik yang bersifat mudah menguap (*volatile*) selama fase pemasakan.
- Senyawa *volatile* sangat penting bagi konsumen untuk menilai tingkat kematangan dan kemasakan suatu komoditi panen seperti buah.
- Buah yang tergolong non klimaterik menghasilkan *volatile* selama perkembangannya, namun tidak sebanyak buah klimaterik.

Perubahan flavor

- Pematangan akan menyebabkan :
 - naiknya kadar gula sederhana untuk memberikan rasa manis,
 - penurunan kadar asam organik dan senyawa fenolik untuk mengurangi rasa asam dan sepat ,
 - kenaikan produksi zat volatile untuk memberikan flavor karakteristik buah.

Metabolisme senyawa volatil



Degradasi pati

- Pati umumnya dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu **AMILOSA** (glukosa α - 1,4) dan **AMILOPEKTIN** (glukosa α -1,4 dan glukosa α -1,6).
- Rasio antara amilosa dan amilopektin berbeda tergantung dari spesies tanaman, tetapi biasanya berkisar 15 – 20 persen. Misal: amilosa padi 17%, gandum 27%, pisang 20%.
- Tanaman sering menyimpan pati dalam buah-buahan untuk persediaan bahan energi, dan pada saat pematangan pati akan dirombak/dipecah menjadi gula.

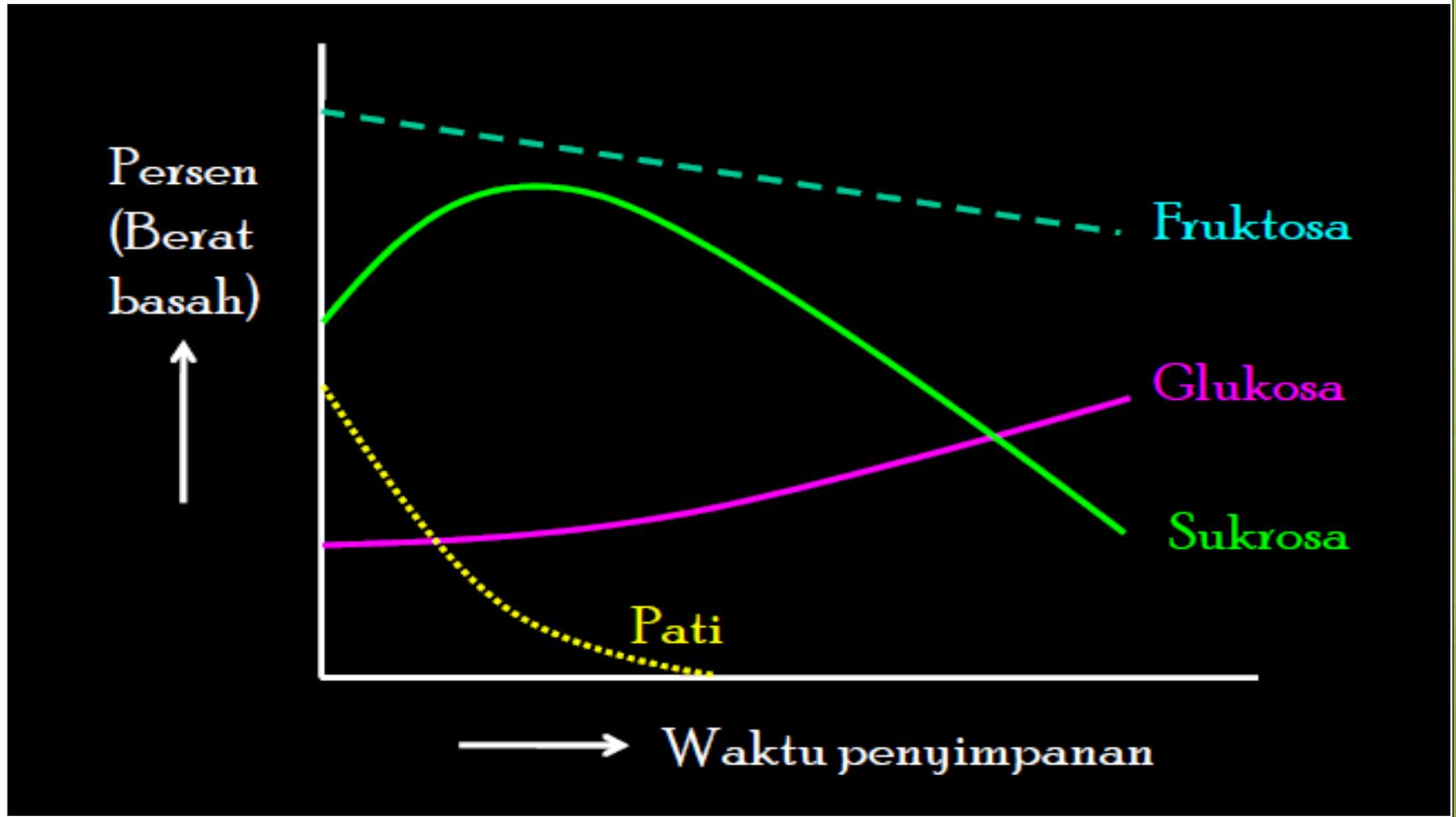
Perubahan pati pada buah:

- Buah dengan kandungan pati tinggi:
 - Pada apel, sewaktu dipanen kadar patinya sudah rendah, dan pati yang tinggal sedikit itu setelah panen akan habis.
 - Pada pisang, pada waktu dipanen masih mempunyai kandungan pati 20 – 30%, setelah 4 -8 hari kemudian kandungan pati menurun sekitar 4% dan setelah 12 hari disimpan turun 4%.
- Buah dengan kandungan pati rendah:
 - Pada buah-buahan kelompok ini tidak banyak perubahan kandungan patinya setelah buah matang/dipanen. Contoh : jeruk, alpokat, arbei, persik.

Perubahan kandungan gula:

- Perubahan meliputi tiga macam gula, yaitu: glukosa, fruktosa, dan sukrosa.
- Enzim invertase akan mengubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa.
- Sukrosa mempunyai peranan penting. Kandungan pati dari 20% akan dirombak sampai habis, sedangkan sukrosa dari 2% akan berubah menjadi 15%. Oleh karena itu selama pematangan dan penyimpanan, buah menjadi manis.

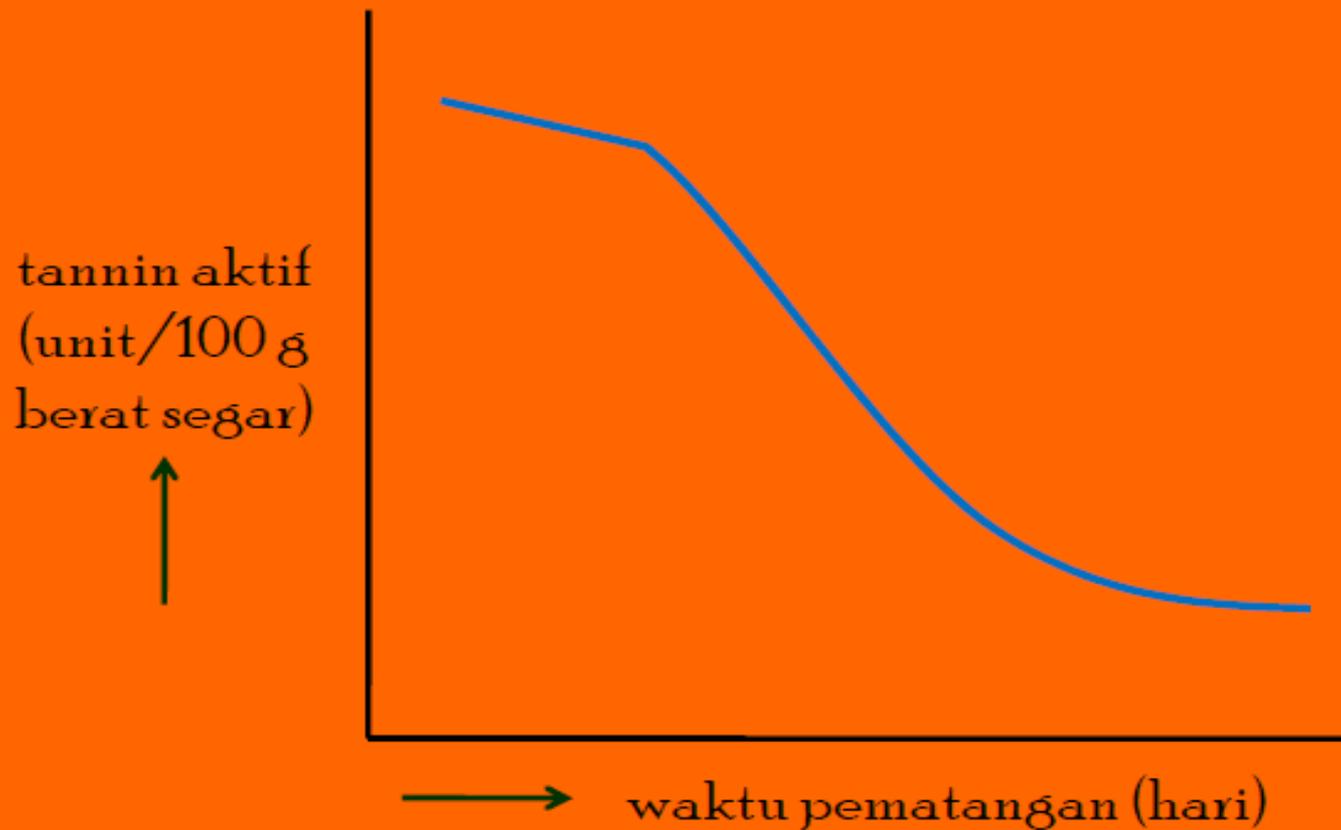
Skema perubahan kandungan gula pada apel



Tannin

- Merupakan senyawa fenol kompleks, kelompok senyawa polifenol yang mempunyai sifat dapat menyamak kulit.
- Berdasarkan dapat tidaknya dihidrolisa, tannin dibagi menjadi dua yaitu "*hydrolisable tannin*" dan "*condensed tannin*".
- Tannin memberikan rasa "sepat" (*astringency*), sehingga buah yang kandungan tannin tinggi rasanya sepat/getir.
- Tannin juga merupakan senyawa "*growth inhibitor*".
- Pada tanaman, letak dan jumlah tannin berbeda tergantung pada jenis tanaman, umur, dan organ dari tanaman.

Skema perubahan tanin selama pematangan buah



Perubahan kandungan tanin

- Penurunan kandungan tannin dalam buah disebabkan oleh :
 - tannin terdegradasi
 - tannin dalam buah sudah tidak mampu mengendapkan protein.
- Kemampuan tannin mengendapkan protein yang hilang karena:
 - **polimerasi**, karena besarnya molekul yang berpolimer maka tannin mengendap.
 - **depolimerasi**, tannin terpecah menjadi unit-unit yang lebih kecil sehingga menjadi kurang reaktif.
 - **oksidasi tannin**, menghasilkan senyawa yang berwarna coklat dan tidak kuat lagi mengendapkan protein.

Asam organik

- Secara kualitatif terdapat bermacam-macam asam organik di dalam tanaman.
- Asam organik pada produk akan menyebabkan buah berasa masam.
- Jumlah asam organik yang relatif tinggi adalah asam organik yang terlibat di dalam siklus Krebs, yaitu: asam sitrat, asam malat, asam oxalat, asam tartrat, asam askorbat, asam quinat, asam klorogenat, dan asam sikimat.
 - Asam sitrat: jeruk, ketang, tomat
 - Asam malat: apel
 - Asam oxalat: bayam
 - Asam tartrat: anggur, *tamarind*
 - Asam quinat: pada buah yang masih muda
 - Asam askorbat: pada banyak buah dan sayuran.

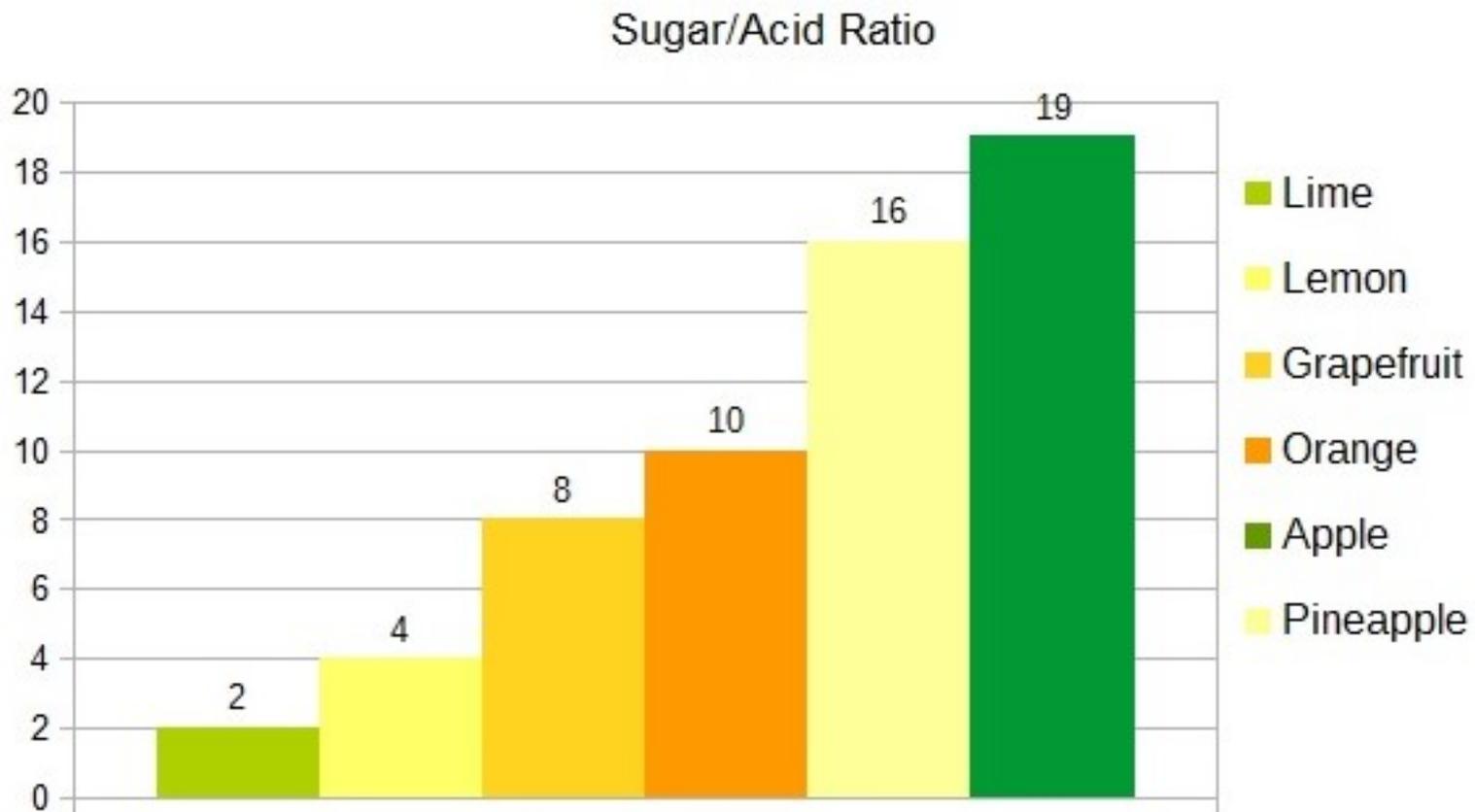
Asam organik

- Asam organik disintesis pada sitoplasma dan mengalami migrasi kemudian masuk ke vakuola.
- Asam organik kandungannya semakin menurun setelah panen, sedangkan kandungan gula meningkat.
- Kandungan asam organik menurun selama pemasakan disebabkan karena asam organik direspirasikan atau diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana.
- Asam malat merupakan asam yang mula-mula menghilang, kemudian diikuti oleh asam sitrat.

Asam organik

- Penurunan keasamaan pada buah selama pematangan dapat merunah pH dari 2,0 menjadi 5,5.
- Asam organik digunakan sebagai indeks mutu, dengan perbandingan kadar gula dan asam (*sugar acid ratio*)
- Pada beberapa jaringan tanaman yang konsentrasi asam-asam organiknya tinggi, asam-asam organik tersebut merupakan cadangan energi yang siap digunakan setelah produk tersebut dipisahkan dari tanaman
- Semakin tinggi kandungan asam organik buah semakin tinggi pula daya simpan buah tersebut.

Sugar acid ratio



The sweet and sour ratio of British fruit

- A Blackcurrant
- B Raspberry
- C Blackberry
- D Gooseberry
- E Strawberry
- F Apple
- G Plum
- H Cherry
- I Blueberry
- J Pear

Sour

Sweet



Data source: McGee on Food & Cooking

Sugar: acid ratio

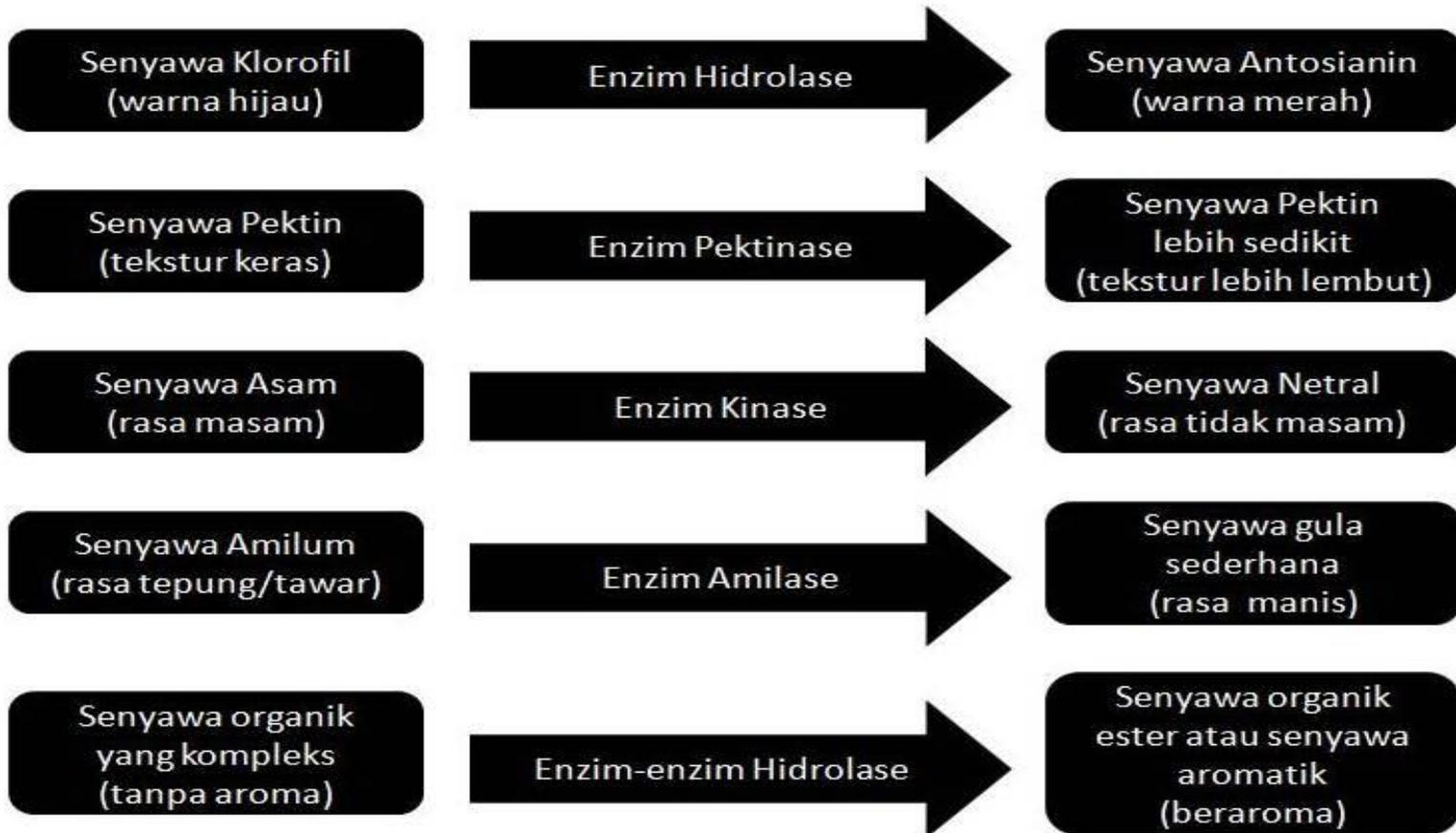
Peningkatan kadar vitamin C

- Meningkatnya kadar Vitamin C (asam askorbat) disebabkan oleh sintesis asam askorbat secara alami, di mana glukosa merupakan substrat dalam pembentukan asam askorbat melalui proses oksidasi.
- Jalur pentosa fosfat pada proses respirasi menghasilkan asam askorbat.
- Kandungan asam askorbat berbeda pada tingkat kematangan dan meningkat sesuai dengan tingkat kematangannya.
- Asam askorbat meningkat pada saat buah tua sampai matang dan menurun pada saat buah lewat matang, sehingga kadar asam askorbat dapat dijadikan sebagai indikator kematangan buah.

Penyempurnaan nilai gizi

- Kandungan nilai gizi sayur dan buah akan mengalami peningkatan selama masa pemasakan
- Terjadi proses metabolisme dalam jaringan sayur dan buah yang meliputi:
 - Proses degradasi dinding sel,
 - penguraian pati (glikolisis, glukoneogenesis, dan respirasi anaerob)
- Proses-proses metabolisme menyebabkan perubahan karakteristik sensori dari sayur dan buah setelah masak.
- Kandungan vitamin yang terkandung dalam sayur dan buah akan terbentuk secara sempurna dan sehat serta menarik untuk dikonsumsi oleh manusia.

Perubahan Kimia selama Pematangan



Pelayuan (*Senescence*)

- Tahap normal yang selalu terjadi dalam siklus kehidupan tanaman, yaitu mulai terganggunya proses metabolisme sehingga aktivitas respirasi semakin berkurang.
- Menurunnya fase pertumbuhan (*growth rate*) dan kemampuan tumbuh (*vigor*) serta diikuti dengan kepekaan (*susceptibility*) terhadap tantangan lingkungan, penyakit atau perubahan fisik lainnya.
- Pada buah-buahan terjadi setelah proses pematangan.
- Dapat terjadi tanpa melalui tahap pematangan, yaitu bila terjadi suatu kerusakan pada buah-buahan.

Ciri-ciri pelayuan:



- dinding menjadi lebih tipis,
- degradasi mitokondria,
- khlorofil menghilang,
- kandungan protein menurun,
- kegiatan pernafasan dan fotosintesis menurun,
- sifat permeabilitas membran sel berubah.

Gejala kelayuan tanaman:

- menguningnya daun,
- perontokan daun, buah, dan bagian bunga,
- pematangan buah, serta
- pengurangan daya tahan terhadap penyakit.
- Beberapa hormon yang berperan mempengaruhi proses *senescence* : auksin, etilen, giberellin, asam absisat dan sitokinin.