



# VISI

**Volume 21****Nomor 3****Oktober 2013**

Tinjauan Komposisi Kimia Buah dan Sayur: Peranan Sebagai Nutrisi dan Kaitannya dengan Teknologi Pengawetan dan Pengolahan

*Erika Pardede*

Pengaruh Pemotivasian dan Kepemimpinan terhadap Kinerja Pelayanan Pemerintah ( Studi tentang Pelayanan administrasi Kependudukan Kecamatan di Kabupaten Bandung)

*Marto Silalahi*

Analysis of Breakeven Point PTPN IV Adolina Oil Palm Plantation in Perbaurngan District of Serdang Bedagai Regency

*Albina Br Giuting dan Olivia Sitorus*

*Analysis of Breakeven Point PTPN IV Adolina Oil Palm Plantation in Perbau*

Analisis Perhitungan Pajak Penghasilan Pasal 21 Menurut UU No. 36 Tahun 2008 Sebuah Kajian Interpretive pada Kantor Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Toba Samosir

*Magdalena Judika Siringoringo dan Oloan Simanjuntak*

Analisis Dimensi Sosial Dan Ekonomi Kemiskinan di Kabupaten Samosir Dan Peran Komoditi Pangan Utamanya Sebagai Alternatif Penanggulangannya

*Hotden Leonardo Nainggolan*

Paradigma Good Government Dan Digital Society Dari Perspektif Single Identity Number (SIN)

*Poltak Sihombing dan Jonson Rajagukguk*

Pemanfaatan Ekstrak Buah Pare dalam Pengendalian Penyakit Vibrosis pada Budidaya Ikan

*Hasan Sitorus dan Syafrianto Pohan*

Impromptu Speaking By Lectures of English and Indonesian

*Maria Olivia Christina Sianipar*

**Majalah Ilmiah  
Universitas HKBP Nommensen**

**TINJAUAN KOMPOSISI KIMIA BUAH DAN SAYUR:  
PERANAN SEBAGAI NUTRISI DAN  
KAITANNYA DENGAN TEKNOLOGI PENGAWETAN DAN  
PENGOLAHAN**

*Erika Pardede*

**ABSTRACT**

*The paper discussed chemical composition of fruit and vegetables as a source of chemical compounds which contributed not only as nutrition to human but also had positive effects to health. Dietary fibre, polyphenolic compounds, as well as phytosterol had been found to be highly coorelated to the prevention of many degeneration-related illness and cancer. In another hand, chemical compounds in fruit and vegetables should also be considered during handling and processing. Pectins contributed in success of preserve making process. Polyphenols compounds caused browning during processing and storage. Care should also be taken to prevent destruction of many vitamins which were very sensitive to temperature, light, oxidation, and change of pH. Handling and processing of fruit and vegetable should be performed correctly in order to preserve the quality of fresh and processed fruit and vegetables, and to maintain optimum benefit of health related compounds.*

*Keywords: fruit and vegetables, vitamin, dietary fiber, phytosterol, pectin, antioxidant, browning, ripening*

**I. PENDAHULUAN**

Secara garis besar komponen kimia buah dan sayur terdiri dari: air, karbohidrat, protein, vitamin dan mineral, serta sedikit lipid. Buah dan sayur mengandung air yang cukup tinggi, berkisar antara 80 – 90%. Karbohidrat dalam bentuk fruktosa dan glukosa banyak dijumpai pada kelompok buah, sedangkan pati dijumpai pada sayuran yang berasal dari umbi. Buah dan sayur mengandung protein dan asam amino yang relatif cukup rendah sehingga tidak diposisikan sebagai sumber protein bagi manusia. Beberapa jenis buah seperti alpukat mengandung lipid yang cukup tinggi. Umumnya buah dan sayur dijadikan sebagai sumber vitamin dan mineral (Wills *et al.*, 1989; Aked, 2000).

Selain dari cara pengelompokan di atas, komponen kimia penting dalam pada buah dan sayur adalah pigmen sebagai komponen pembentuk warna, asam-asam organik bersama-sama dengan karbohidrat sebagai komponen pembentuk cita rasa serta aroma buah dan sayur. Komponen penting lainnya adalah komponen pembentuk dinding sel, seperti protopektin, sellulosa, hemisellulosa dan lignin, yang secara khusus berhubungan dengan struktur buah dan sayur.

Selain sebagai komponen yang berkontribusi terhadap kesehatan konsumen, komponen kimia tersebut juga berpengaruh langsung dengan karakteristik mutu



produk seperti penampilan. Mutu segar produk buah dan sayur segar selalu diasosiasikan dengan kondisi produk yang tegar dan tidak lembek. Komponen kimia pembentuk dinding sel bertanggungjawab atas ketegaran buah dan sayur segar. Dengan demikian, kondisi penanganan serta metoda pengolahan yang mengharuskan ketegaran produk mempertimbangkan hal tersebut. Pengolahan juga harus dilakukan sedemikian rupa dengan tujuan meminimalkan kerusakan zat nutrisi produk buah dan sayur, serta tidak mendorong dan menimbulkan reaksi fisik, kimia maupun biokimia yang dapat berdampak merugikan terhadap atribut mutu.

## II. KOMPOSISI KIMIA BUAH DAN SAYUR

### A. Kontribusi Buah dan Sayur Terhadap Kesehatan

Ditinjau dari segi nutrisi, buah dan sayur lebih banyak dihubungkan dengan peranannya sebagai sumber vitamin, mineral-mineral baik makro dan mikro, serta sumber serat. Dalam perkembangannya dewasa ini, meskipun sebagian sudah diketahui sejak lama, telaah tentang hubungan buah dan sayur dengan kesehatan semakin luas dari peranannya sebagai sumber nutrisi vitamin dan mineral. Peran kelompok fitokimia antioksidan, fitosterol (*plant sterol*) dan serat mendapat perhatian yang semakin tinggi jika dihubungkan dengan kesehatan (Garcia-Alonso *et al.*, 2004; Piironen *et al.*, 2003, dan Terry *et al.*, 2001).

#### Vitamin dan mineral

Banyak reaksi di dalam tubuh membutuhkan vitamin, sehingga kekurangan atau kelebihan vitamin dapat mengganggu reaksi-reaksi tersebut. Karena vitamin tidak dapat disintesis oleh tubuh maka vitamin harus diasup setiap hari. Khusus vitamin B dan vitamin C yang bersifat tidak larut air, kelebihan asupan keduanya terlarut dalam air dan turut dikeluarkan dari tubuh sehingga harus dikonsumsi setiap hari untuk memenuhi kebutuhan harian. Vitamin A, D, E, dan K yang bersifat larut lemak, dicerna dan diserap serta disimpan dalam tubuh dengan bantuan lemak (Jones dan Beckett, 1995).

Buah dan sayur sudah lama dikenal sebagai sumber vitamin C, khususnya kelompok jeruk, nenas, tomat, sedangkan wortel dan buah dan sayur yang mengandung pigmen karotenoid dikenal sebagai sumber pro-vitamin A.

#### Fitokimia

Fitokimia secara harafiah berarti komponen kimia yang terkandung pada tanaman. Akan tetapi dalam perkembangannya istilah fitokimia dewasa ini yang merujuk pada komponen kimia pada tanaman yang memiliki kemampuan memberikan efek perlindungan terhadap penyakit. Fitokimia terbagi atas senyawa-senyawa fenolat yakni asam-asam fenolat dan flavonoids, serta lignan.

Senyawa fenolat terdiri dari kelompok flavonoid dan asam-asam fenolat. Flavonoids adalah senyawa polifenol yang memiliki 15 atom Carbon, dimana 2



cincin benzen dihubungkan oleh rantai lurus 3 atom carbon (2-phenol-benzo-dihydropyran), sehingga memiliki struktur rangka C6-C3-C6. Sifatnya larut dalam air dan banyak terdapat pada jus/cairan buah. Termasuk dalam kelompok flavonoids adalah Anthocyanidins, Flavones dan Flavanols, Flavanones, Catechins, Leucoanthocyanidins, dan Proanthocyanidins. Senyawa-senyawa tersebut ini banyak terdapat pada buah dan sayur berwarna ungu, merah dan biru seperti pada anggur, keluarga beri, plum, terung belanda, keluarga ceri, dan apel (Sumber: Lozano, 2006).

Kelompok senyawa asam fenolat terdiri dari dua kelompok besar yakni asam hidrogenoat (*Hydroxybenzoic acid*) dan asam hidrosinamat (*Hydroxycinnamic acid*). Termasuk dalam kelompok ini adalah asam firulat (ferulic acid), asam kafeinat (caffeic acid) dan asam kumarat (coumaric acid), yang secara alami jumlahnya sangat kecil dalam tanaman, juga asam d-kuinat (d-quinic acid) yang terdapat pada apel.

Tabel 1: Kandungan senyawa fenolat beberapa komoditi buah dan sayur

KOMODITI	Aktifitas antioksidan (%)	Total fenolat (mg (100 g) <sup>-1</sup> )
<b>KANDUNGAN TINGGI</b>		
Kunyit ( <i>Curcuma domestica</i> )	92,45	175,5
Broccoli ( <i>Brassica oleracea var. italica</i> )	78,4	87,5
Beet root ( <i>Beta vulgaris</i> )	73,3	323,0
Black carrot ( <i>Daucus carota</i> )	73,0	350,5
Jahe ( <i>Zingiber officinale</i> )	71,8	221,3
Batang Teratai ( <i>Nelumbium nelumbo</i> )	71,8	85,7
Coriander ( <i>Coriandrum sativa</i> )	71,8	82,5
Tomat ( <i>Lycopersicum esculenta</i> )	70,8	68,0
<b>KANDUNGAN SEDANG</b>		
Palak ( <i>Beta vulgaris</i> )	69,5	196,3
Kol ( <i>Brassica oleracea var. Capitata</i> )	69,3	92,5
Paprika ( <i>Capsicum annum</i> )	68,5	55,0
Wortel ( <i>Daucus carota</i> )	67,0	55,0
Sawi ( <i>Brassica juncea</i> )	65,0	62,0
Kacang ercis ( <i>Pisum sativum</i> )	64,0	85,5
Bawang prei ( <i>Allium ceva</i> )	63,0	63,3
Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> )	62,3	149,8
Bawang putih ( <i>Allium sativum</i> )	62,1	145,0
<b>KANDUNGAN RENDAH</b>		
Bawang merah ( <i>Allium ceva</i> )	57,5	56,8
Ercis ( <i>Pisum sativum</i> )	57,0	39,8
Kacang panjang ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	49,8	97,0
Mentimun ( <i>Cucumber sativus</i> )	34,3	48,0
Bunga kol ( <i>Brassicaoleracea var. botyris</i> )	19,5	96,0

Sumber: Kaur dan Kapoor (2002)



Senyawa fenolat, khususnya kelompok flavonoids diketahui memiliki sifat sebagai antioksidan yang berperan sebagai anti kanker (Terry *et al.* 2001), anti mikrobial dan memiliki sifat melindungi terhadap penyakit jantung (Gorinstein *et al.*, 2002). Bagaimana senyawa ini dapat berperan sebagai anti oksidan menjadi bahan kajian yang berkembang dewasa ini.

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menghambat atau menghentikan proses oksidasi, sehingga dapat menyeimbangkan aktifitas radikal bebas. Kaur dan Kapoor (2002) menyimpulkan dalam kajiannya bahwa sifat redox yang dimiliki oleh senyawa antioksidan memungkinkannya berperan sebagai agen pereduksi, donor hidrogen, pemerangkap singlet oxygen dan pengkelat metal.

Aktifitas radikal bebas yang berlebihan pada tubuh manusia dapat ditandai dari keadaan patologis seperti: penyakit pembuluh jantung, komplikasi pre-natal, arthritis, katarak, parkinson, alzheimer, dan penyakit penuaan. Salah satu cara untuk mencegah kondisi tersebut adalah dengan mengkonsumsi antioksidan secara optimal. Senyawaan pada buah dan sayur yang sudah lama dikenal sebagai zat gizi dan sekaligus memiliki aktifitas antioksidan adalah vitamin C, vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol),  $\beta$ -karotenoids (pro-vitamin A) (Garcia-Alonso *et al.*, 2004; Kaur dan Kapoor, 2002). Senyawa-senyawa fenolat dewasa ini semakin populer oleh aktifitasnya sebagai anti oksidan (Garcia-Alonso *et al.*, 2004; Terry *et al.*, 2001; Cieslik *et al.*, 2006).

#### Fitosterol

Fitosterol adalah senyawa sterol yang terdapat pada tanaman. Beberapa jenis buah dan sayur yang mengandung sterol disajikan pada Tabel 2. Menurut Piironen *et al.* (2000) jumlah fitosterol dalam diet berkorelasi secara negatif dengan absorpsi kolesterol serta kandungan kolesterol jenis Low Density Lipoprotein (LDL) dalam serum darah. Hal ini didukung oleh hasil penelitian bahwa konsumsi 1,5 – 2 gr fitosterol setiap hari ditambahkan kedalam bahan makanan dapat menurunkan total kolesterol dan kolesterol tipe LDL. Ditemukan juga bahwa penambahan fitosterol berkorelasi terbalik dengan kejadian kanker lambung (Piironen *et al.*, 2003).

Tabel 2: Kandungan sterol beberapa komoditi buah dan sayur

KOMODITI	Total fitosterol (mg kg <sup>-1</sup> berat kering)
SAYUR	
Broccoli ( <i>Brassica oleracea var. italica</i> )	3408
Wortel ( <i>Daucus carota</i> )	1361
Bunga kol ( <i>Brassica oleracea var. botrytis</i> )	4100
Kol cina ( <i>Brassica pekinensis</i> )	2790
Mentimun ( <i>Cucumber sativus</i> )	2051
Daun bawang ( <i>Allium porrum</i> )	865
Bawang putih ( <i>Allium sativum</i> )	603
Ercis ( <i>Pisum sativum</i> )	1337
Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> )	246



Selada ( <i>Lactuca sativa</i> var. <i>crispa</i> L)	2131
Beet root ( <i>Beta vulgaris</i> )	1023
Paprika, merah ( <i>Capsicum annuum</i> )	2583
Tomat ( <i>Lycopersicum esculenta</i> )	1167
Kol ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> )	1500
Bayam ( <i>Amaranthus</i> sp.)	1677
BUAH	
Apel ( <i>Malus domestica</i> )	1499
Alpukat ( <i>Persea americana</i> )	2929
Pisang ( <i>Musa paradisiaca</i> )	171
Anggur, hijau ( <i>Vitis</i> spp.)	1390
Kiwi ( <i>Actinidia deliciosa</i> )	1302
Jeruk ( <i>Citrus sinensis</i> )	1854
Persik, merah ( <i>Prunus domestica</i> )	913
Strawberi ( <i>Fragaria ananassa</i> )	1100
Kacang ( <i>Arachis hypogaea</i> )	1251

Sumber: Piironen (2003)

### Serat

Yang termasuk sebagai kelompok serat pangan (*dietary fibre*) adalah bagian dari tanaman dalam makanan yang resistan terhadap pencernaan secara enzimatik, yang terdiri dari selulosa dan non selulosa seperti hemiselulosa, protopektin, pektin, gom, serta lignin yang semuanya merupakan komponen pembentuk dinding sel tanaman (Rodríguez, 2006; Dhingra *et al.*, 2012). Dengan demikian sesungguhnya semua tanaman mengandung serta dengan komposisi yang berbeda-beda. Serat pangan tidak berkontribusi sebagai sumber nutrisi tetapi konsumsi serat berpengaruh positif terhadap kesehatan.

Dengan karakteristiknya yang dapat mengikat air komponen serat ini berkontribusi dalam membentuk massa sisa pencernaan yang memungkinkan pergerakannya yang lebih teratur dalam saluran pencernaan. Konstipasi atau kesulitan buang air besar sering dihubungkan dengan kurangnya konsumsi serat, meskipun bukanlah satu-satunya faktor penyebabnya. Kemampuannya mengencerkan massa feses menyebabkan masa transit feses dalam saluran pembuangan juga semakin pendek sehingga potensi kanker saluran pembuangan karena serat memiliki kemampuan menyerap zat-zat yang bersifat karsinogen dan toksik. Kemampuan serat mengabsorpsi gula dan kolesterol LDL juga berpotensi menurunkan resiko penyakit jantung dan diabetes (Rodríguez, 2006; Dhingra *et al.*, 2012).

Dari beberapa penelitian, manfaat serat juga dihubungkan dengan adanya peningkatan ekskresi lemak, sterol dan asam empedu ketika suplement serat ditambahkan pada diet. Ekskresi asam empedu pada feses yang meningkat oleh tubuh akan diseimbangkan dengan proses pembentukan asam empedu. Asam empedu dibentuk dari kolesterol, dengan demikian pembentukan asam empedu ini



menurunkan jumlah kolesterol yang akan disirkulasikan dalam darah (Rodríguez, 2006; Dhingra *et al.*, 2012).

### B. Hubungan komposisi buah dan sayur dengan pengawetan dan pengolahan

Untuk memperpanjang masa simpan buah dan sayur dan juga untuk mendapatkan keanekaragaman bentuk yang tersedia dilakukan proses pengawetan dan pengolahan buah dan sayur. Pemilihan teknologi pengawetan maupun pengolahan buah dan sayur haruslah mempertimbangkan komposisi buah dan sayur. Sebagai contoh tidak semua jenis buah-buahan cocok untuk dibekukan atau pun dikeringkan. Bahkan pemilihan metode pengeringan pada beberapa komoditi dapat berbeda satu sama lain akibat pertimbangan komposisinya. Selain itu, proses pengawetan dan pengolahan buah dan sayur juga membawa konsekuensi terhadap komposisi buah dan sayur secara alami.

Kerusakan komponen-komponen tertentu mengakibatkan kondisi yang tidak menguntungkan ditinjau dari segi mutu. Misalnya saja pemanasan dapat mengakibatkan kerusakan vitamin pada buah dan sayur. Dengan demikian tindakan pengawetan dan pengolahan yang dilakukan serta aspek-aspek yang berhubungan dengan teknologi yang terlibat harus dikelola sedemikian rupa untuk mendapatkan hasil awetan maupun olahan yang bermutu dan dapat diterima konsumen dengan baik (Harris dan Karmas, 1989; Jones dan Beckett, 1995).

### Vitamin

Vitamin pada buah dan sayur mendapat perhatian khusus dalam penanganan buah dan sayur karena umumnya buah dan sayur dikonsumsi sebagai sumber vitamin. Setiap jenis vitamin memiliki kesensitifan yang berbeda terhadap faktor-faktor lingkungan seperti pH, oksigen, cahaya dan panas.

Tabel 3: Kestabilan vitamin terhadap beberapa pH, oksigen, cahaya dan panas

Vitamin	Kestabilan					
	Netral	Asam	Basa	Udara atau Oksigen	Cahaya	Panas
Vitamin A	S	T	S	T	T	T
Asam askorbat (Vit. C)	T	S	T	T	T	T
Biotin	S	S	S	S	S	T
Karotein (pro Vit. A)	S	T	S	T	T	T
Kolin	S	S	S	T	S	S
Kobalamin (Vit. B-12)	S	S	S	T	T	S
Vitamin D	S	-	T	T	T	T
Asam folat	T	T	S	T	T	T
Inositol	S	S	S	S	S	T
Vitamin K	S	T	T	S	T	S
Niasin	S	S	S	S	S	S
Asam pantotenat	S	T	T	S	S	T



Piridoksin (Vit. B-6)	S	S	S	S	T	T
Riboflavin (Vit. B-2)	S	S	T	S	T	T
Tiamin (Vit. B-1)	T	S	T	T	S	T
Tokoferol (Vit. E)	S	S	S	T	T	T

Sumber: Harris dan Karmas (1989)

S = Stabil (tidak mengalami kerusakan penting)

T = Tidak stabil (mengalami kerusakan berarti)

Untuk meminimalkan kerusakan vitamin selama proses penanganan baik untuk industri maupun dalam usaha penyiapan makanan di rumah tangga harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut. Termasuk di dalamnya metode penyimpanan baik untuk buah dan sayur segar ataupun hasil olahannya. Sebagai contoh hampir semua jenis vitamin mudah mengalami kerusakan ketika terpapar panas kecuali kolin, kobalamin, vitamin K dan niasin. Vitamin C dan vitamin E termasuk jenis yang sangat mudah rusak oleh oksigen, cahaya, panas (Davey *et al.*, 2000). Sementara vitamin E sensitif terhadap perubahan pH (Bramley *et al.*, 2000), vitamin C tidak stabil pada suasana alkalis (Davey *et al.*, 2000). Yang cukup stabil terhadap faktor-faktor tersebut hanyalah niasin, diikuti biotin dan inositol (Harris dan Karmas, 1989).

### Pigmen

Warna pada buah dan sayur ditentukan oleh kelompok pigment yang terdapat secara alami dalam buah dan sayur, yang dapat dikelompokkan atas: *klorofil*, *karotenoids*, *flavonoids* (*antocyanin* dan *anthoxantins*). Penampilan buah dan sayur segar maupun olahannya sangat ditentukan oleh warna. Persepsi tentang kesegaran buah dan sayur berhubungan erat dengan kecerahan warna. Memudarnya warna pada buah segar berhubungan dengan kestabilan pigmen warna yang dikandungnya. Kesensitifan pigmen ini juga berhubungan erat dengan warna produk olahan buah dan sayur (Wills *et al.*, 1989).

Klorofil, yang merupakan pigmen warna hijau, secara alami berangsur hilang selama proses penuaan buah dan sayur. Klorofil juga bersifat sensitif terhadap panas, sehingga proses pengolahan yang melibatkan panas menyebabkan kerusakan warna sayur hijau. Untuk mempertahankan warna hijau sayuran penambahan garam sodium sering dilakukan. Bentuk garam klorofil yakni *Sodium copper chlorophyll*, yang diperoleh lewat hidrolisis klorofil dengan NaOH dan penggunaan tembaga (copper) menggantikan magnesium, merupakan bentuk warna yang stabil.

Pigmen karotenoid bertanggungjawab terhadap variasi warna dari kuning hingga oranye pada buah dan sayur. Terdapat 600 jenis yang tergolong senyawa karotenoid. Karotein bersifat sangat sensitif terhadap oksigen dan cahaya, khususnya apabila logam-logam besi, tembaga dan mangan tersedia maka selama proses penyimpanan dan pengolahan kelompok karotein akan mengalami degradasi.

Variasi warna merah, biru hingga ungu pada buah dan sayur ditentukan oleh kandungan antocyanin. Anthocyanin diketahui mengandung hingga 20 jenis



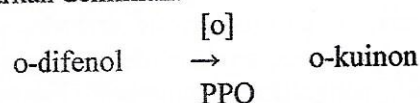
senyawaan yang berpotensi memberi efek pewarnaan, 6 jenis yang paling penting adalah: pelargonidin, cyanidin, delphinidin, peonidin, petunidin, malvidin. Pada struktur antocyanin terikat berbagai macam gula sederhana, juga sering terdapat berbagai macam flavonoids. Anthocyanin juga termasuk kelompok yang memiliki stabilitas rendah dalam produk olahan buah dan sayur, dimana temperatur, cahaya termasuk faktor yang mempercepat kerusakan antocyanin (Wills et al., 1989; Lozano, 2006).

#### Kelompok senyawa fenol

Kandungan senyawa fenol berhubungan dengan reaksi pencokelatan. Pada buah dan sayur segar, dimana sel masih utuh tidak terjadi reaksi pencoklatan enzimatik. Ketika buah mengalami kerusakan mekanis atau terluka seperti akibat gesekan, tusukan, benturan atau tumbukan reaksi pencokelatan segera terjadi akibat terpaparnya fenol dengan oksigen.

Reaksi oksidasi dari senyawa fenol dengan bantuan enzim polifenol oksidase (PPO) yang berperan sebagai katalis menghasilkan kuinon yang menimbulkan warna coklat pada bahan. Reaksi pencoklatan ini secara umum tidak dikehendaki pada buah dan sayur serta produk olahannya kecuali misalnya pada kurma kering atau pisang sale. Enzim utama yang terlibat dalam reaksi adalah catechol oksigenase (dikenal juga sebagai polifenol oksidase = PPO, EC 1.10.3.1), yang letaknya pada organella khusus dalam sel, yang mana organella ini dapat berbeda dari satu jenis tanaman ke tanaman lainnya. Selain itu masih terdapat enzim-enzim golongan oksigenase yang dapat berperan seperti monofenol monooksigenase (tirosinase, EC 1.14.18.1), laktase (EC 1.10.3.2), peroksidase (EC 1.11.1.7) dan fenol hidroksilase (EC 1.14.13.7). Ketika ada jaringan tanaman yang terluka sehingga sel mengalami kerusakan maka enzim yang berada dalam organella akan terlepas. Pertemuan enzim-enzim polifenoloksidase dengan substrat yang tepat menimbulkan reaksi yang dapat menyebabkan pencoklatan (Eskin, 1971).

Secara umum substrat untuk reaksi pencoklatan enzimatik adalah senyawa-senyawa monofenol dan difenol (o-fenol dan m-fenol), seperti tirosin, asam klorogenat, katekin, tannin, flavanol, dll. Senyawa m-fenol sangat jarang ditemukan sebagai substrat, bahkan ditengarai memiliki efek inhibitor. Sementara senyawa mono-fenol meskipun sangat jarang, tetapi dalam reaksi memiliki mekanisme yang agak sedikit berbeda. Mono fenol harus terlebih dahulu menjadi di-fenol (o-fphenol) lalu kemudian dioksidasi menjadi o-kuinon padanannya. Secara umum digambarkan demikian:



Enzim PPO mengkatalisa reaksi oksidasi senyawa fenolik kelompok katekol yang memiliki 2 buah group o-dihidroksi, menjadi o-kuinon padanannya. Pada reaksi ini 2 buah atom hidrogen dilepas dari o-difenol. Selanjutnya o-



kuinonakan mengalami polimerisasi menjadi senyawa melanin yang berwarna coklat atau coklat kemerahan. Contoh yang paling jelas adalah pada permukaan kentang atau apel yang dipotong. Reaksi pembentukan o-kuinon hanya akan terjadi ketika oksigen dan enzim tersedia secara bersama-sama, sedangkan reaksi polimerisasi terjadi secara spontan dan tidak berhubungan dengan kehadiran oksigen maupun enzim (Eskin 1971; Lozano, 2006).

Selama pemanenan, penanganan dan pada jalur distribusi, buah dan sayur segar sangat rentan terhadap kerusakan, baik secara mekanis yang menyebabkan kerusakan fisik dari buah dan sayur. Luka pada jaringan yang menyebabkan kerusakan sel seperti ini, selain menyebabkan penampilan buah yang jelek, juga memicu terjadinya pencoklatan, dan menjadi jalur masuknya mikroorganisme ke bagian dalam jaringan. Khusus untuk komoditi yang sangat rentan terhadap reaksi pencoklatan seperti kentang, apel, pir, pisang, alpukat maupun mangga, reaksi pencoklatan menyebabkan warna menjadi tidak menarik (Tabil dan Sokhansanj, 2005).

Pada produk olahan antara (*intermediate products*), seperti daging buah atau pulp buah yang dibekukan, proses pengambilan pulp atau daging buah merupakan proses yang memerlukan perhatian sehubungan dengan aktifitas enzim yang akan meningkat ketika pulp terpapar oksigen selama proses. Demikian juga halnya selama proses penyimpanan beku, pencoklatan masih terjadi meskipun dengan laju yang sangat lambat. Dalam tahapan ini berbagai usaha pencegahan pencoklatan harus dilakukan mengingat penyimpanan beku terkadang memerlukan waktu yang agak lama (Lozano, 2006).

### Pektin

Senyawa pektin (*pectic*) adalah polimer yang terutama terdiri dari unit-unit(1→4) $\alpha$ -D galakturonopyranosil. Protopektin adalah senyawa pektinat yang terdapat pada daging buah dan sayur yang belum ranum yang berperan dalam menentukan struktur dan tekstur selama proses peranakan hingga penuaan. Protopektin tidak larut dalam air, tetapi selama proses penuaan protopektin dengan bantuan enzim-enzim pektin akan berubah menjadi pektin yang koloidal dan asam pektinat yang bersifat larut dalam air, yang menyebabkan struktur dinding sel yang melemah atau pelembehan. Termasuk dalam kelompok enzim yang berperan dalam perubahan kelompok pektin ini adalah protopektinase, pektin metilesterase (pektase), polygalakturonase (Wills *et al.*, 1989; Walter dan Taylor, 1991).

Protopektin merupakan bentuk senyawa pektin yang teresterifikasi sangat tinggi. Tingkat esterifikasi tergantung banyaknya metil-ester yang terdapat pada strukturnya, dan sangat menentukan sifat protopektin. Dengan bantuan protopektinase, protopektin dirobah menjadi asam pektinat yang bersifat koloidal dimana sebagian kecil rantai panjangnya masih teresterifikasi. Tergantung tingkat DE-nya asam pektinat bersifat sedikit larut air. Pektinmetilesterase (pektase) akan melanjutkan reaksi dengan memotong bagian metylester dari pektinat yang menghasilkan asam poly D-galakturonase (asam pektat) yang bersifat larut air dan



tidak memiliki lagi bagian yang teresterifikasi. Oleh enzim polygalakturonase asam pektat akan dirobah menjadi asam D-galakturonat (Walter dan Taylor, 1991).

Kondisi kelompok pektin dalam buah dan sayur segar mempengaruhi ketegaran sel sekaligus tingkat kekerasan buah dan sayur. Secara alami selama proses penyimpanan buah dan sayur akan mengalami pelembehan akibat perubahan pada kelompok pektin dari yang semula bentuk tidak larut air menjadi larut. Demikian halnya proses penanganan baik untuk tujuan pengawetan maupun pengolahan, dapat mempengaruhi kondisi pektin yang menyebabkan struktur dan tekstur ikut berubah. Khusus dalam proses pengolahan jam, jelli dan marmalade, tingkat esterifikasi pektin baik alami maupun yang ditambahkan akan mempengaruhi mutu jam, jelli dan marmalade (Bowler *et al.*, 1995).

### III. PENUTUP

Buah dan sayur mengandung mengandung banyak senyawaan kimia yang dapat berkontribusi positif terhadap kesehatan. Jika dahulu buah dan sayur lebih diketahui sebagai sumber vitamin, ternyata kandungan kimia lainnya seperti serat dan fitokimia dapat mencegah berbagai penyakit sehubungan dengan aktifitasnya sebagai antioksidan maupun sebagai penurun kolesterol. Dalam penanganan dan pengolahan buah dan sayur komposisi kimia ini harus menjadi pertimbangan untuk mendapatkan manfaat yang optimum serta mutu yang baik. Sebagian ada yang mengalami kerusakan selama pengolahan sebagian lagi menimbulkan efek negatif terhadap mutu selama pengolahan. Dengan demikian konsumsi buah dan sayur sangat baik bagi kesehatan, akan tetapi dalam penanganan maupun pengolahannya haruslah mendapatkan perlakuan yang baik untuk mendapatkan manfaat yang optimum.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aked, J. 2000. *Fruits and Vegetables*, in Kilcast. K and Subramaniam, P (Eds.): *The Stability and Shelf-life of Food*, CRC Press.
- Bowler, P., Loh, V.Y. and Marsh, R.A. 1995. *Preserves and jellies*, in Beckett, S.T. (Ed.). *Physico-Chemical Aspects of Food Processing*. Blackie Academic & Professional.
- Bramley, P.M., Elmadfa, I., Kafatos, A., Kelly, F.J., Manios, Y., Roxborough, H. E., Schuch, W., Sheely, P.J.A. dan Wagner, K-H. 2000. Vitamin E. *J. Sci. Food Agric.* 80: 913-938
- Cieslik, E., Greda, A. and Adamus, W. 2006. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry* 94: 135-142



- Davey, M.W., Montagu, M.V., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I.J.J., Strain, J.J., Favell, D. Dan Fletcher, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailabilty and effect of processing. *J. Sci. Food Agric.* 80: 825-860
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. and Patil, R.T. 2012. Dietary fibre in food: a review. *J. Food Science and Technology* 49(3):255-266
- Eskin, N.A.M., Henderson, H.M. and Townsend, R.J. 1971. *Biochemistry of Foods*. Academic Press: New York and London.
- Garcia-Alonso, M., Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J.C. 2004. *Evaluation of the antioxidant properties of fruits*. *Food Chemistry* 84: 13 – 18
- Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Lojek, A., Ciz, M., Soliva-Furtuny, R., Park, Y., Caspi, A., Libman, I. and Trakhtenberg, S. 2002. *J. Sci. Food Agric.* 82: 1166-1170
- Harris, R.S. dan Karmas, E. 1989. *Evaluasi Gizi Pada Pengolahan Pangan* (Penerjemah Achmandi, S.). Penerbit ITB: Bandung
- Jones, H. F. and Beckett, S.T. 1995. *Fruits and vegetables*, in Beckett, S.T. (Ed.). *Physico-Chemical Aspects of Food Processing*. Blackie Academic & Professional.
- Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2002. *Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables*. *International Jour. of Food Science and Technology* 37, 153-161
- Lozano, J.E. 2006. *Fruit Manufacturing: Scientific basis, Engineering properties, and deteriorative reaction of technological importance*. Springer Science + Business Media LLC.
- Piironen, V., Lindsay, D.G., Miettinen, A.A., Toivo, J. and Lampi, A. 2000. *Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition*. *J. Sci. Food Agric.* 80: 939 - 966
- Piironen, V., Toivo, J., Puupponen-Pimia, R. and Lampi, A. 2003. *Plant sterols in vegetables, fruits and berries*. *J. Sci. Food Agric.* 83: 330-337
- Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R. and Heredia, A. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trend in Food Science & Technology* 17(1): 3-15



- Tabil, G. T. and Sokhansanj. 2001. *Mechanical and Temperature Effects on Shelf Life stability of fruits and Vegetables*, in Eskin, NAM and Robinson, D.S. *Food Shelf Life Stability*, CRC Press LLC.
- Terry, P., Terry, J.B. and Wolk, A. 2001. Fruit and vegetable consumption in the prevention of cancer: an update. *Journal of Internal Medicine* 250: 280-290
- Walter, R. and Taylor, S. 1991. *The Chemistry and Technology of Pectin*. Academic Press. Inc.
- Wills, RBH., McGlasson, W.B., Graham, D., Lee, T.H. and Hall, E.G. 1989. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and handling of fruit and vegetables*. New South Wales University Press:Sydney