

Ulasan/Review

KAROTENOID DAN PENGGUNAANNYA DALAM INDUSTRI

Carotenoids and Its Use in Industries

Agus Sudibyo

Balai Penelitian Kemurgi dan Aneka Industri

Balai Besar Litbang Industri Hasil Pertanian

Jl. Ir.H. Juanda No. 11, Bogor 16122

Abstract - Carotenoids are widely distributed in nature. They are found in plants, insects, birds, and other animals producing a wide array of brilliant yellow to red colours. This paper reviewed the structure of carotenoids, their properties and their influence factors, production and application in industries.

PENDAHULUAN

Karotenoid adalah suatu kelompok pigmen yang berwarna kuning, jingga, atau merah jingga, mempunyai sifat larut dalam lemak atau pelarut organik, tetapi tidak larut dalam air. Karotenoid ditemukan secara alami baik pada tanaman seperti wortel, tomat, jeruk, pepaya, anato, cabe, minyak sawit (MEYER, 1960; BAUERNFEIND, 1975; EMODI, 1978), maupun pada hewan seperti udang, ikan salem, dan kuning telur (SIMPSON, 1982).

Kata karotenoid dipergunakan terhadap semua pigmen yang secara kimia berhubungan erat dengan kata "karotena", yaitu nama yang diberikan untuk pigmen kuning pada wortel (*Daucus carota*), yang diekstrak atau diisolasi pertama kali pada tahun 1831 oleh Wackenroder (MEYER, 1960; EMODI, 1978). Sekarang diketahui bahwa "karotena" adalah campuran atau gabungan tiga isomer alfa- karotena, beta-karotena dan gama-karotena.

Mula-mula zat pewarna karotena didapatkan dengan cara ekstraksi dari sumber-sumber alami, kemudian karotenoid ternyata dapat pula diperoleh melalui proses fermentasi oleh jasad renik maupun sintesis kimiawi (KLAUI dan BAUERNFEIND, 1981). Pada tahun 1950, HOFFMAN-LA ROCHE telah dapat mensintesis beta- karotena dari bahan dasar aseton. Sintesis karotena ini kemudian juga diikuti dengan sintesis apokarotenal dan "canthaxanthin"

secara komersial yang mempunyai sifat-sifat dan penggunaan yang hampir sama dengan beta-karotena (NOONAN, 1972; WINARNO, 1980).

Sampai sekarang ini, ada 20 macam karotenoid alami yang telah dikenal dan 200 macam karotenoid hasil sintesis atau modifikasi buatan manusia, sehingga jumlah total karotenoid yang sudah dikenal ada 400 macam (BAUERNFEIND, 1975; EMODI, 1978; PETERSON dan JOHNSON, 1978). Terdapatnya karotenoid-karotenoid alami pada tumbuhan biasanya merupakan campuran dari beberapa macam karotenoid (Tabel 1).

Karotenoid mempunyai peranan yang nyata dalam penyediaan bahan pangan, baik dalam penyediaan bahan baku (sebagai sumber pro-vitamin A), penyediaan bahan campuran makanan (food ingredients) ataupun sebagai bahan pewarna makanan (food colors). Selain itu, karotenoid juga berperan dalam bidang kosmetika dan obat-obatan. Berdasarkan peranan itulah maka karotenoid banyak dipergunakan pada industri pangan, farmasi, obat-obatan dan kosmetika.

Dalam tulisan ini akan dibahas mengenai struktur kimia karotenoid, pembuatan karotenoid, sifat-sifat fisiko-kimia karotenoid dan faktor-faktor yang mempengaruhi sifat-sifat tersebut serta penggunaannya dalam industri.

Tabel 1. Penyebaran karotenoid di dalam beberapa bahan pangan *

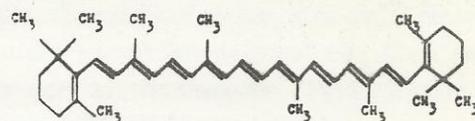
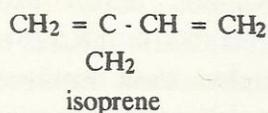
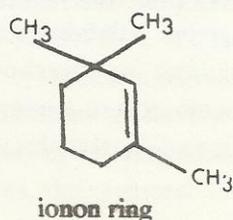
Jenis Bahan	Karotenoid
Wortel (<i>Daucus carota</i>)	alfa-karotena, beta-karotena, gama-karotena, xanthophyl dan 2 buah senyawa hidrokarbon yang tidak diketahui komposisinya
Jagung (<i>Zea mays</i>)	zeaxanthin, cryptoxanthin, xanthophyl, alfa-karotena, beta-karotena, gama-karotena, K-karotena, neo-cryptoxanthin, hidroksi-alfa-karotena
Apricot (<i>Prunus armeniaca</i>)	beta-karotena, gama-karotena dan lycopena
Kedelai (<i>Glycine max</i>)	alfa-karotena, beta-karotena
Buah persik (<i>Prunus persica</i>)	beta-karotena, cryptoxanthin, xanthophyl, zeaxanthin, karotena tak diketahui
Labu (<i>Cucurbita maxima</i>)	alfa-karotena, beta-karotena, xanthophyl, dan violaxanthin
Jeruk (<i>Citrus auranticum</i>)	zeaxanthin, beta-citraurin, citraxanthin
Cabe merah (<i>Capsicum frutescens</i>)	beta-karotena, lycopena, cryptoxanthin xanthophyl, violaxanthin.
	capsanthin, alfa-karotena, beta-karotena

*) MEYER, 1960

STRUKTUR KAROTENOID

Secara kimia, karotenoid dibagi menjadi 2 kelompok yaitu : (a) karotenoid yang hanya terdiri dari gugus karbon dan hidrogen, dan (b) karotenoid yang selain terdiri dari gugus karbon dan hidrogen, juga mempunyai atau terdiri dari gugus oksigen (BAUERNFEIND, 1975; EMODI, 1978 dan ESKIN, 1979).

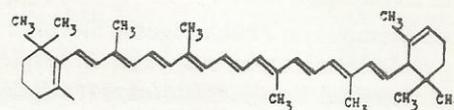
Rumus molekul karotena yang benar adalah $C_{40}H_{56}$ baru diberikan pada tahun 1907 (EMODI, 1978). Molekul karotena ini mempunyai gugusan ionon ring di kedua ujungnya yang dihubungkan oleh 11 ikatan karbon rangkap di tengah-tengahnya (MEYER, 1960; GOODWIN, 1976 dan EMODI, 1978) dengan rumus atau formula seperti terlihat pada Gambar 1. Adanya ikatan karbon rangkap tersebut memperbesar stabilitas dan warna karotenoid (PHILIP, 1975).



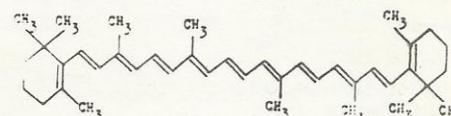
beta-(β)karotena

Gambar 1. Rumus bangun dari ionon ring, isoprene dan beta-(β)karotena (MEYER, 1960)

Karotenoid lain yang berfungsi sebagai prekursor vitamin A tetapi aktivitasnya hanya separuh atau setengahnya beta-karotena adalah alfa-karotena dan gama-karotena (EMODI, 1978).



alfa(α)-karotena

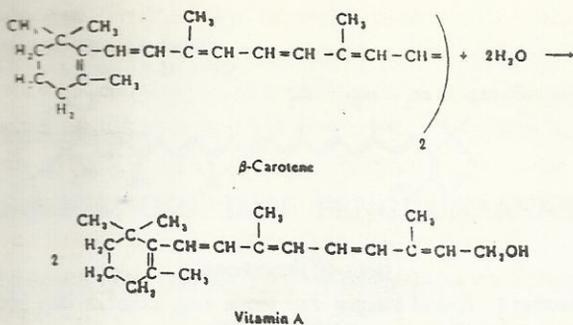


gama(δ)-karotena

Gambar 2. Rumus bangun alfa-karotena dan gama-karotena (MEYER, 1960)

Rumus bangun vitamin A mirip dengan karotena, bedanya yaitu pada vitamin A₁ terdapat gugusan hidroksil sedangkan pada beta-karotena tidak ada (lihat Gambar 3). Karena itu sesungguhnya beta-karotena merupakan pro-vitamin A, sehingga dari sebuah molekul beta-karotena dapat diperoleh 2 molekul vitamin A, sedangkan dari alfa-karotena dan gama-karotena masing-masing hanya diperoleh satu molekul vitamin A (MEYER, 1960; WINARNO dan SRI LAKSMI, 1973).

Karotenoid yang mengandung gugusan oksigen ditemui dalam bentuk gugus hidroksil, epoksi, karboksi atau karbonil (GOODWIN, 1976; ESKIN, 1979). Ada juga dalam bentuk gugus metoksi, keto dan ester (PETERSON dan JOHNSON, 1978).

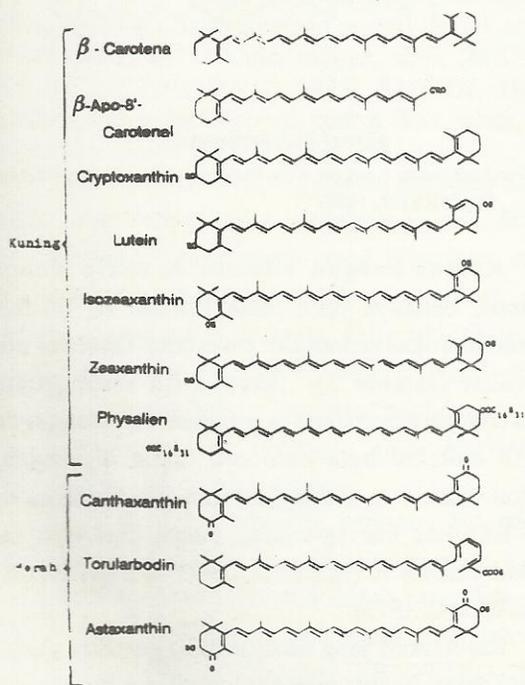


Gambar 3. Pembentukan vitamin A dari beta-karotena (MEYER, 1960)

Karotenoid yang mengandung gugus hidroksil disebut xanthophyl, dan berdasarkan banyaknya gugusan hidroksil pada molekulnya, xanthophyl dibagi menjadi 2 kelompok yaitu:

- (1) lutein mempunyai 2 buah gugusan hidroksil masing-masing pada setiap ionon ring, dan (2) cryptoxanthin hanya mempunyai 1 gugusan hidroksil (MEYER, 1960; WINARNO dan SRI LAKSMI, 1973).

Rumus struktur dari beberapa karotenoid baik yang mengandung pigmen kuning maupun merah dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rumus struktur beberapa jenis karotenoid (PETERSON dan JOHNSON, 1979)

PEMBUATAN KAROTENOID

Pembuatan karotenoid dapat dilakukan melalui dua cara yaitu secara fermentasi dan sintesis kimiawi. Namun, pembuatan karotenoid secara sintesis kimiawi perkembangannya lebih cepat daripada secara fermentasi.

Secara Fermentasi

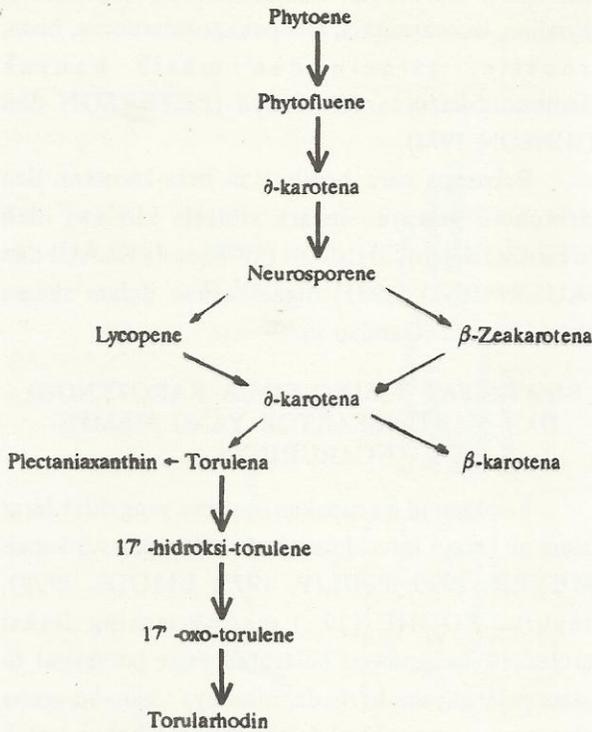
Pembuatan karotenoid secara fermentasi untuk pertama kalinya dilakukan oleh BONNER *et.al.* pada tahun 1946 dengan menggunakan ragi (*yeast*) dalam serangkaian percobaan biosintesis untuk mensintesis karotenoid (SIMPSON, 1972). Pada saat itu struktur karotenoid lain selain beta dan gama-karotena belum diketahui, dan baru diketahui setelah VILLOUTREIX (SIMPSON, 1972) mendapat sejumlah "mutant" oleh pengaruh irradiasi sinar UV (Ultra Violet) *Rhodotorula mucilaginosa*.

Menurut laporan "Chemical Engineering News" pada tahun 1966 yang dikutip oleh KLAUI dan BAUERNFEIND (1981), dinyatakan bahwa pembuatan beta-karotena dengan cara fermentasi menggunakan *Blakeslea trispora* telah dilakukan dalam industri. Jamur *Blakeslea trispora* ini akan mensintesis karotenoid, jika dua buah yang berlawanan diolah atau ditanam pada lemak khusus, hanya saja jenis lemak khusus yang digunakan tidak disebutkan.

LILY *et al.*, 1960 (KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981) dalam percobannya mendapatkan 4 mg beta-karotena per gram mycelium kering dari *Phycomyces blakesleanus*, sedangkan NINET *et. al.*, 1969 (KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981) menyatakan bahwa penambahan beberapa senyawa tertentu seperti amida, imida, laktam, hidrazida atau substitusi piridin akan meningkatkan 2-3 kali jumlah beta-karotena yang ada pada media kultur *Blakeslea trispora*.

Pembuatan karotenoid dengan cara fermentasi di dalam ragi *Rhodotula glutinis* bisa dilakukan dengan menggunakan metil heptenona dan beta-ionon (SIMPSON, 1972). Pembentukan pigmen yang mungkin terjadi pada ragi ini adalah betadan gama-karotena, torulena dan torularhodin. Kemungkinan transformasi pembentukan karotenoid melalui proses fermentasi pada ragi dapat dilihat pada Gambar 5.

Menurut KLÄUI dan BAUERNFEIND (1981), beberapa metode atau cara-cara pembuatan karotenoid secara fermentasi beserta mikro-organisme yang digunakan, ada yang telah dipatenkan.



Gambar 5. Transformasi karotenoid di dalam ragi (yeast) (SIMPSON, 1972)

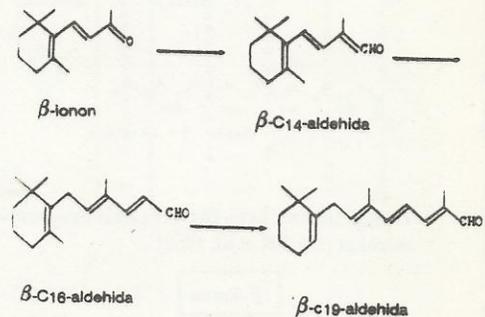
Secara Kimiawi

Pembuatan karotenoid secara kimiawi dimulai setelah KARRER dan JUCKER serta INHOFFEN *et al* berhasil mensintesis beta-karotena (PETERSON dan JOHNSON, 1978). Sintesis ini kemudian diikuti oleh keberhasilan HOFFMAN-LA ROCHE pada awal tahun 1950 dalam mensintesis beta-karotena dari bahan dasar aseton (NOONAN, 1972) serta keberhasilan ISLER beserta teman-teman sekerjanya pada tahun 1953-1956, yang memungkinkan membuat atau memproduksi beta-karotena dalam bentuk kristal murni secara sintesis kimiawi dalam skala komersial dan mempunyai sifat yang identik dengan beta-karotena yang didapat dari alam (PETERSON dan JOHNSON, 1978).

Menurut KLÄUI dan BAUERNFEID (1981), pembuatan karotenoid secara sintesis kimiawi hingga sekarang ini telah dilakukan oleh beberapa industri kimia, dan menurut ISLER *et al* (1962), pembuatan karotenoid beta-karotena, vitamin A dan karotenoid

lainnya secara sintesis kimiawi dimulai dari beta-ionon. Beta-ionon ini dipersiapkan dari senyawa sitral yang dikondensasikan dengan aseton, atau dapat diperoleh dari ekstraksi minyak "lemon grass" atau dibuat secara sintesis dari asetilen/aseton (PETERSON dan JOHNSON, 1978; ISLER *et al*, 1962).

Pembuatan karotenoid beta-karotena, canthaxanthin, beta-apo-karotenal, ester-apokarotenal, torularhodin dan torulin dapat diperoleh atau dimulai dari senyawa beta-C₁₄-aldehida (ISLER *et al*, (1962). Dalam hal ini, senyawa beta-ionon diubah menjadi senyawa beta-C₁₄-aldehida melalui proses kondensasi dengan glycidic ester. Selanjutnya diasetilasi dan diberi perlakuan vinil eter dengan katalis seng klorida (Zn Cl₂). Kemudian jika dihidrolisis akan diperoleh senyawa beta-C₁₆-aldehida. Dengan cara yang sama dan melalui tahap perpanjangan rantai karbon dengan propenil eter akan menghasilkan senyawa beta-C₁₉-aldehida, seperti yang terlihat pada Gambar 6.

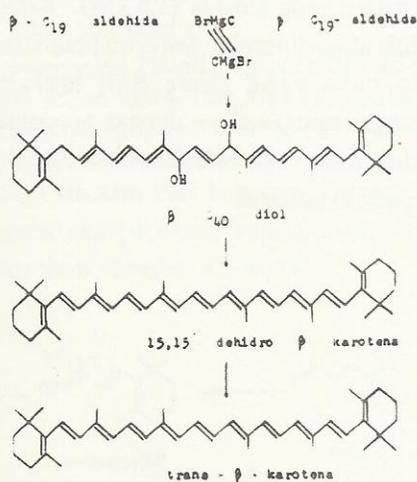


Gambar 6. Sintesis pembuatan senyawa beta-C₁₉-aldehida dari beta-ionon (ISLER *et al*, 1962)

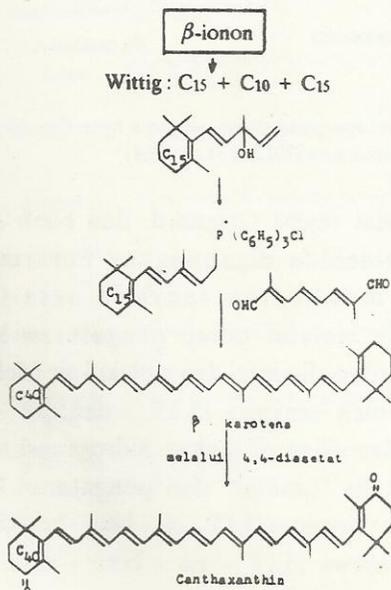
Melalui reaksi Grignard, dua buah senyawa beta-C₁₉-aldehida digabungkan bersama-sama sehingga membentuk senyawa beta-C₄₀-diol. Selanjutnya melalui tahap pengaturan kembali persekutuan dan eliminasi dua molekul air (dehidrasi), akan diperoleh senyawa 15,15'-dehidro-beta-karotena. Kemudian dilakukan hidrogenasi sebagian dengan katalis "Lindlar" dan pengaturan kembali menghasilkan senyawa 15,15'-cis-beta-karotena, dan terakhir senyawa 15,15'-cis-beta-karotena diisomerisasi membentuk beta-karotena.

Tahap-tahap pembuatan B-karotena secara sintesis kimiawi dari senyawa B-C₁₉-aldehida melalui reaksi Grignard, digambarkan oleh ISLER *et al* (1962) seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Alternatif lain untuk pembuatan beta-karotena secara sintesis kimiawi dilukiskan oleh SURMATIS dan OFFER (KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981) seperti yang terlihat pada Gambar 8, hanya saja dalam hal ini sebagai dasar sintesis pembuatan, digunakan beta-C₁₅-aldehida. Dengan melalui reaksi Wittig dan penggabungan dua buah beta-C₁₅-aldehida, akhirnya juga diperoleh senyawa beta-karotena.



Gambar 7 Teknik sintesis beta-karotena dari senyawa beta-C₁₉-aldehida (ISLER *et al*, 1962)



Gambar 8. Pembuatan beta-karotena dan canthaxanthin (KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981)

Pembuatan beta-karotena secara sintesis kimiawi yang berhasil tersebut, akhirnya mendorong pembuatan karotenoid-karotenoid lain secara sintesis dan berhasil pula seperti: beta-karotena, beta-apo-8'-karotenal, canthaxanthin, zeaxanthin, physalien, isozeaxanthin, lycopena, torularhodin, bixin, crocetin, astacin dan masih banyak karotenoid-karotenoid lainnya (PETERSON dan JOHNSON, 1978).

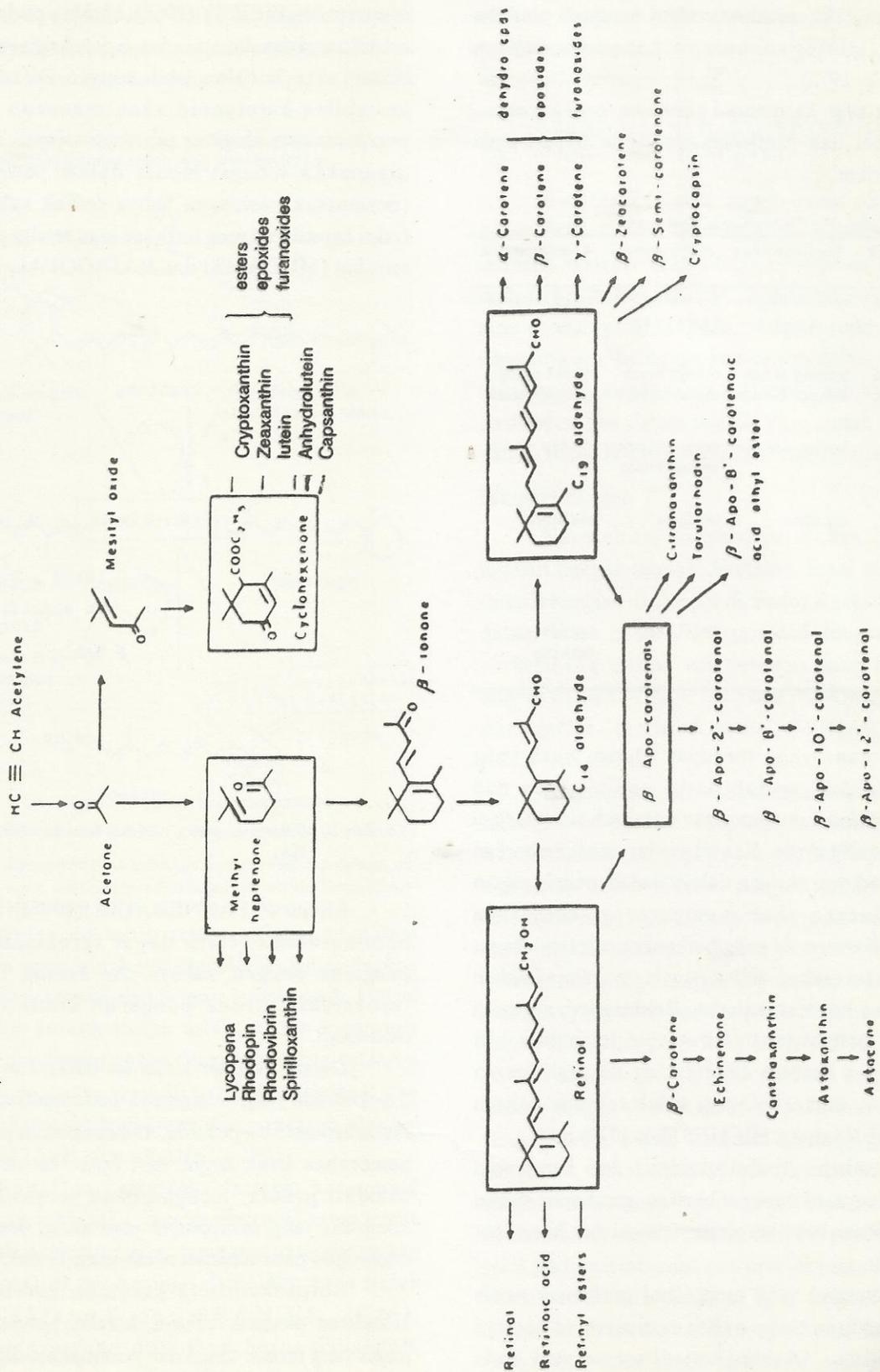
Beberapa cara pembuatan beta-karotena dan karotenoid lainnya secara sintesis kimiawi oleh PETERSON dan JOHNSON (1978) serta KLÄUI dan BAUERNFEIND (1981) digambarkan dalam skema sebagai berikut (Gambar 9).

SIFAT-SIFAT FISIKO-KIMIA KAROTENOID DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPE-NGARUHINYA

Karotenoid merupakan senyawa yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam lemak dan pelarut lemak (MEYER, 1960; PHILIP, 1975; EMODI, 1978). Menurut ROCHE (19..) masing-masing fraksi karotenoid mempunyai kelarutan yang bervariasi di dalam pelarut yang berbeda, misalnya: beta-karotena kelarutannya sangat kecil dalam pelarut alkohol, lemak dan minyak tetapi sedikit larut dalam kloroform dan benzena; sedangkan apokarotenal dan ester apokarotenal sedikit larut dalam eter dan aseton serta mudah larut dalam kloroform maupun benzena.

Kristal karotenoid bisa terdapat dalam beberapa bentuk (PETERSON dan JOHNSON, 1978) dan beberapa warna mulai dari warna merah, ungu (violet), coklat sampai hitam (EMODI, 1978; KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981). Sedangkan warna karotenoid di dalam larutan lemak adalah beta-karotena berwarna kuning hingga orange, beta-apo-8'-karotenal berwarna orange hingga merah-oranye dan canthaxanthin berwarna merah (KLÄUI, 1981). Ukuran kristal karotenoid sendiri mempengaruhi terhadap warna khas (spesifik) pigmen yang dimilikinya (KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981).

Karotenoid mudah sekali teroksidasi oleh oksigen dari udara. Oksidasi ini dipercepat oleh adanya cahaya, katalis logam dan peroksida (MEYER, 1960; STUCKEY, 1972; EMODI, 1978) serta panas (BORENSTEIN, 1972), sehingga semua faktor-faktor tersebut akan mengakibatkan kerusakan pada struktur



Gambar 9. Skema pembuatan β -karotena dan beberapa jenis karotenoid lain secara sintesis kimiawi

pigmen dan menyebabkan hilangnya atau pudarnya warna yang dimiliki karotenoid (ESKIN, 1979). Misalnya perubahan warna pigmen beta- karotena dari warna orange kemerah-merahan menjadi abu-abu kekuning-kuningan karena pengaruh cahaya (STUCKEY, 1972).

Sifat-sifat karotenoid terutama beta-karotena, apokarotenal dan canthaxanthin dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat-sifat Fisiko-Kimia Karotenoid

Karakteristik	Beta-karotena	Apokarotenal	Canthaxanthin
Warna kristal	merah ungu	hitam keunguan	ungu-coklat
Warna dalam larutan lemak	kuning cerah sampai orange	orange cerah - merah orange	merah orange sampai merah
Penyebaran warna	kuning-orange	orange sampai merah tomat	orange merah
Kelarutan (9/100ml larutan suhu 20°C) Air	tak larut	tak larut	tak larut
Nilai aktivitas biologi vit. A	1667 IU/mg	120 IU/mg	tak ada aktivitas

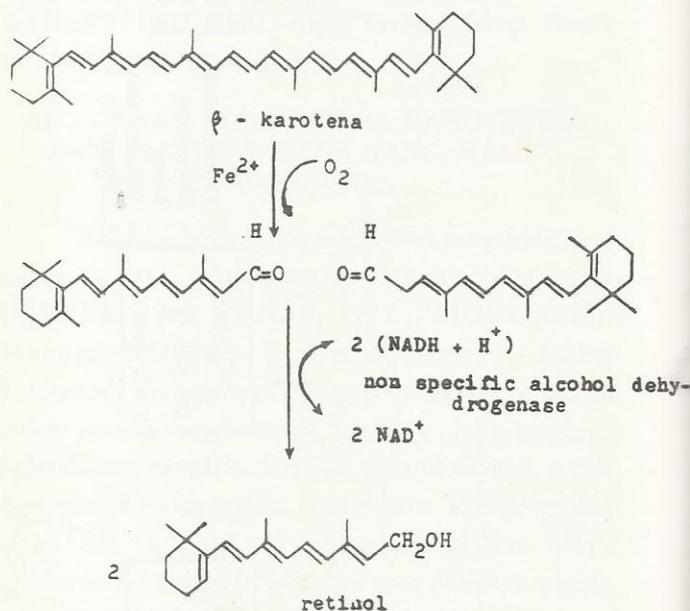
^{a)} EMODI (1978)

Karotena yang terdapat dalam buah yang disimpan dalam wadah berisi gas nitrogen dan kemudian disinari dengan sinar matahari, tidak terjadi penurunan yang nyata. Kenyataan ini menggambarkan bahwa kehadiran oksigen dalam wadah penyimpanan dan penyinaran akan mempercepat kerusakan karotena. Karotenoid yang berbentuk cair lebih cepat mengalami kerusakan akibat penyinaran dibandingkan dengan yang berbentuk padat. Berdasarkan uraian di atas maka penyimpanan karotenoid lebih baik bila diberikan gas lembam (inert) yang disertai dengan penggunaan kemasan yang tidak tembus cahaya (MCFEETERS dan CHICHESTER 1970).

Mekanisme reaksi oksidasi dari karotenoid dengan adanya oksigen, diberikan gambaran dalam reaksi oksidasi beta-karotena sebagai berikut (lihat Gambar 10).

Karotenoid yang mengalami perlakuan panas disertai kehadiran oksigen akan mempercepat jalannya reaksi oksidasi. Oksidasi terjadi secara acak pada rantai karbon yang mengandung ikatan rangkap

(MCFEETERS dan CHICHESTER, 1970), tetapi pemanasan pada suhu 60°C masih belum menimbulkan kerusakan terhadap karotenoid (WORKER, 1957). Menurut MCWEENY (1968), oksidasi pada suhu yang relatif tinggi dan disertai adanya peroksida yang bersifat reaktif akan berjalan lebih cepat. Di samping itu, kestabilan karotenoid akan menurun bila suhu pemanasan meningkat; misalnya minyak sawit yang digunakan sebagai media dalam penggorengan (pemanasan), sehingga hanya sedikit sekali jumlah fraksi karotenoid yang tertahan atau tersisa pada media tersebut (MUDAMBI dan RAJAGOPAL, 1977).



Gambar 10. Mekanisme reaksi oksidasi beta-karotena (MARTIN, 1985)

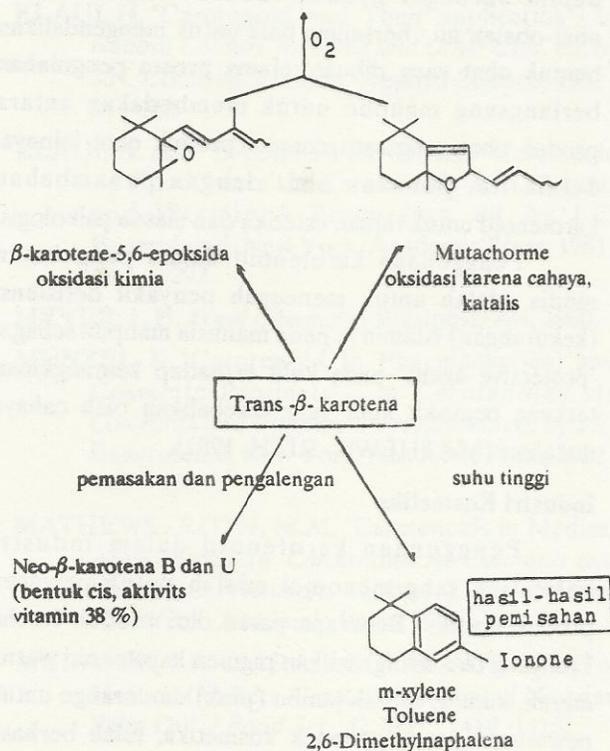
Menurut TANNEBAUM (1976), karotenoid beta-karotena selain dapat teroksidasi karena pengaruh oksigen, cahaya dan katalis, dapat pula teroksidasi karena pengaruh kimia (chemical oxidation).

Dalam oksidasi kimia ini dihasilkan senyawa 5,6-epoksida yang selanjutnya berisomerisasi menjadi mutachrome-5,8-epoksida. Dikemukakan pula bahwa, pemecahan lebih lanjut dari beta- karotena karena oksidasi primer, menghasilkan senyawa-senyawa kompleks yang menyerupai atau mirip dengan yang ditemukan pada oksidasi asam-asam lemak.

Kerusakan beta-karotena karena adanya kehadiran oksigen, cahaya, katalis, pengaruh kimia, panas yang terlalu tinggi dan pemasakan, digambarkan sebagai berikut (Gambar 11).

Di dalam lemak atau minyak, karotenoid yang sudah teroksidasi akan dipercepat oksidasinya oleh adanya katalis-katalis logam terutama tembaga, mangan dan besi (KLÄUI, 1981), sedangkan senyawa peroksida yang terbentuk dan mempercepat oksidasi adalah hidroperoksida dan senyawa karbonil (ESKIN, 1979).

Senyawa polimer, senyawa yang mudah menguap, senyawa-senyawa ikatan pendek yang larut dalam air



Gambar 11. Kerusakan beta-karotena karena pengaruh cahaya, oksigen, suhu tinggi, pemanasan dan oksidasi kimia (TANNEBAUM, 1976).

Karotenoid lebih tahan disimpan dalam lingkungan asam lemak tidak jenuh jika dibandingkan dengan penyimpanan dalam asam lemak jenuh. Hal ini disebabkan karena lemak lebih mudah menerima radikal bebas dibandingkan dengan karotena, sehingga oksidasi pertama terjadi pada asam lemak dan akibatnya karotena terlindung dari pengaruh oksidasi (CLYDESDALE dan FRANCIS, 1976).

Dilihat dari sifat oksidasinya, karotenoid karotena memiliki sifat yang menyerupai asam lemak tidak jenuh, sehingga bahan pengawet yang digunakan adalah pengawet yang umum digunakan pada lemak (CLYDESDALE dan FRANCIS, 1976). Anti-oksidant yang diberikan harus memenuhi persyaratan bahwa bahan tersebut dengan konsentrasi

kecil tidak menimbulkan keracunan (SIMS dan FRIORITI, 1980). Bahan pengawet yang banyak digunakan antara lain butylated-hydroxy-anisole (BHA), butylated-hydroxy-toluene (BHT), tokoferol, tetra-butyl-hydroxy-quinone (TBHQ) dan anti-oksidant lainnya.

PENGGUNAAN KAROTENOID DALAM INDUSTRI

Karotenoid telah cukup lama digunakan di dalam beberapa industri baik pada industri pangan, industri farmasi atau obat-obatan maupun pada industri kosmetika. Bentuk karotenoid yang digunakan atau diperdagangkan pada industri-industri tersebut umumnya ada beberapa jenis, yaitu dalam bentuk cair (suspensi), minyak atau minyak-air yang mudah terdispersi dan dalam bentuk yang sudah kering atau padat (KLÄUI dan BAUERNFEIND, 1981).

Industri Pangan

Karotenoid digunakan secara luas dalam industri pangan setelah diketahui dapat dibuat secara sintesis kimiawi dan dapat diproduksi secara komersial dalam skala besar. Penggunaan karotenoid lebih berkembang setelah zat pewarna yang larut dalam minyak FD & C Yellow No.3 dan FD & C No. 4 dicoret dari daftar "certified color" (WINARNO, 1980; NOONAN, 1972).

Penggunaan karotenoid dalam industri pangan terutama sebagai bahan pewarna makanan olahan. Berdasarkan penggunaannya, karotenoid yang digunakan dalam industri pangan terbagi dalam dua kelompok yaitu: (a) karotenoid yang banyak digunakan untuk produk makanan olahan yang berlemak dan (b) karotenoid yang banyak digunakan untuk produk makanan yang tidak berlemak atau mengandung lemak sedikit (EMODI, 1978; BAUERNFEIND, 1975).

Penggunaan karotenoid baik pada makanan olahan yang berlemak maupun pada makanan olahan yang tidak berlemak, terutama dijumpai pada produk margarine, lemak (butter), saus lemak (butter sauce), minyak, shortening, keju, minyak salad, produk susu dan hasil olahannya, roti (bakery product), yogurt, selai, puding, makaroni, dan produk pasta serta produk kuning telur (EMODI, 1978). Selain itu, banyak dijumpai atau digunakan pada es krim, serbat (sherbet), gelatin, kembang gula, minyak jagung, soup, sphageti, pizza, orange juice, minuman berkarbonat

(beverage) dan juice buah-buahan (BAUERNFEIND, 1975; KLÄUI, 1981).

Jenis karotenoid yang digunakan pada makanan olahan yang berlemak pada umumnya beta-karotena dan apo-karotenal (EMODI, 1978); sedangkan jenis karotenoid yang digunakan pada makanan olahan yang tidak berlemak, selain beta-karotena dan apo-karotenal, juga digunakan karotenoid canthaxanthin (BAUERNFEIND, 1975). Penggunaan ketiga jenis karotenoid tersebut dalam pemakaiannya sering dikombinasikan satu dengan lainnya, dengan tujuan untuk mendapatkan warna-warna yang sesuai atau dikehendaki. Hal ini banyak diterapkan pada industri pangan pembuat keju, saus dan minuman (beverages).

Penggunaan karotenoid dalam industri pangan sebagai pewarna makanan olahan beserta jumlah pemakaian karotenoid yang disarankan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Penggunaan Karotenoid Sebagai Pewarna Makanan Olahan dan Jumlah Pemakaian Yang Disarankan *)

Produk Makanan	Karotenoid	Jumlah Karotenoid yang disarankan mg/lb
Margarine	suspensi beta-karotena	2 - 4
Butter	suspensi beta-karotena	2 - 6
Keju	suspensi, larutan beta-karotena/campuran beta-karotena & apokarotenal	2 - 6
Keju yang diolah lebih lanjut	suspensi, larutan beta-karotena/campuran beta-karotena & apokarotena	1 - 5
Popcorn	suspensi 22% beta-karotena	10 - 15
Kue-kue basah (frozen desert)	2,4% & 10% beta-karotena dicampur dengan vit. A	2 - 5
Produk susu imitasi	beta-karotena	2 - 5
Produk daging dan daging tiruan	10% canthaxanthin	5 - 10
Produk tomat	10% canthaxanthin	4 - 8
Produk kuning telur kering & beku	suspensi beta-karotena	2 - 18
Minuman (beverages) & juice	beta-karotena	1 - 6
Produk rototian (bakery products)	beta-karotena	1 - 10
Produk pelapis kue	beta-karotena dan canthaxanthin	1 - 6
Kuah salad	beta-karotena dan canthaxanthin	1 - 3

*) EMODI (1978).

Industri Farmasi dan Obat-obatan

Dalam industri farmasi dan obat-obatan, karotenoid digunakan sebagai "coloring agent" untuk berbagai jenis tablet yang berlapis gula, obat perangsang (suppositoria), kapsul lunak ataupun keras dan untuk pewarna jenis obat-obatan yang bersifat khusus/spesifik (MUNZEL, 1981).

Penggunaan karotenoid sebagai "coloring agent" dalam berbagai produk industri farmasi dan obat-obatan ini, bertujuan baik untuk mengendalikan bentuk obat yang dibuat selama proses pengolahan berlangsung maupun untuk membedakan antara produk obat yang satu dengan produk obat lainnya. Selain itu, pewarna obat dengan penambahan karotenoid untuk tujuan estetika dan alasan psikologis.

Penggunaan karotenoid dalam pengobatan medis adalah untuk mencegah penyakit defisiensi (kekurangan) vitamin A pada manusia maupun sebagai "protective agent" pada kulit terhadap kemungkinan terkena penyakit kulit yang disebabkan oleh cahaya matahari (MATHEWS - RITH, 1981).

Industri Kosmetika

Penggunaan karotenoid dalam industri kosmetika yang menonjol adalah untuk pewarna produk lipstik. Beberapa paten dari produk Roche Ltd. yang bisa menghasilkan pigmen karotenoid warna merah, kuning, merah jambu (pink) dan orange untuk pewarnaan produk-produk kosmetika, telah berhasil dibuat dalam berbagai produk kosmetika seperti : krim pelembab, lotion dan lain-lain (MUNZEL, 1981).

DAFTAR PUSTAKA

- BAUERNFEIND, J.C. "Carotenoid As Food Colors". *Food Technol.*, 29 (5) 1975 : 48-49.
- BORNSTEIN, B. "Vitamin and Amino Acids". In *Handbook of Food Additives*, 2nd ed. ed. by Thomas E. Furia. Cleveland, CRC, 1972 : 85 - 114.
- CLYDESDALE, F.M. and FRANCIS, F.J. "Pigments". In *Principles of Food Science, Part I Food Chemistry*, ed. by Owen R. Fenema. New York, Marcel Dekker, 1976 : 386 - 425.
- EMODI, A. "Carotenoids : Properties and Applications". *Food Technol.*, 32 (5) 1978 : 38 - 42.
- ESKIN, N.A.M. *Plant Pigments, Flavours and Textures : The Chemistry and Biochemistry of Selected Compounds*. New York, Academic Press, 1979.

- GOODWIN, T.W. *Chemistry and Biochemistry of Plants Pigments*, vol. I, 2nd ed. New York, Academic Press, 1976.
- ISLER, O.; RUEG, R. and SCHUDEL, P. "Recent Developments in Carotenoid Field". In *Recent Progress in The Chemistry of Natural and Synthetic Colouring Matters and Related Fields*. ed. by T.S. Gore; B.S. Joshi; S.V. Sunthakar and B.D. Tilak. New York, Academic Press, 1962 : 38 - 56.
- KLÄUI, H. "Carotenoid and Their application". In *Natural Colours for Food and Other Uses*. ed. by J.N. Counsell. London, Applied Science, 1981 : 91 - 122.
- KLÄUI, H. and BAUERNFEIND, J.C. "Carotenoid As Food Colors" in *Carotenoids As Colorants and Vitamin A Precursors*. ed. by J.C. Bauernfeind. New York, Academic Press, 1981 : 48- 292.
- MEYER, L.H. *Food Chemistry*. Westport, Avi, 1960.
- MUNZEL, K. "Carotenoid In Pharmaceutical and Cosmetic Products", in *Carotenoids As Colorants and Vitamin A Precursors*, ed. by J.C. Bauernfeind. New York, Academic Press, 1981 : 745 -754.
- MATHEWS - ROTH, M.M. "Carotenoids in Medical Applications" in *Carotenoids As Colorants and Vitamin A Precursors*, ed. by J.C. Bauernfeind. New York, Academic Press, 1981 . 775 -781.
- MUDAMBI, S.R. and RAJAGOPAL, M.V. "Effect of Heat on the Beta-Carotene Content of Nigerian Palm Oil". *J. Food Sci.* 42, 1977 : 1414 -1415.
- MCWEENY, D.J. "Deterioration of Beta-Carotene by Certain Hydrogenated Fats". *J. Sci. Food Agr.*, 4 (5) 1968 : 259 -265.
- MCFEETERS, R. and CHICHESTER, C.D. "Pigment Degeneration during Processing and Storage". In *The Biochemistry of Fruits and Their Products*, vol. I, ed. by A.C. Hulme. London, Academic Press, 1970 : 707 - 717
- MARTIN, D.W. "Vitamin Yang Larut Dalam Lemak" di dalam *Biokimia* (judul asli Harper's Review of Biochemistry oleh Mayer et.al. alih bahasa oleh Iyan Darmawan). Jakarta, EGC Penerbit Buku Kedokteran, 1985 : 132 - 142.
- NOONAN, J.E. "Color Additives in Food" in *Handbook of Food Additives*, 2nd ed. ed. by Thomas E. Furia. Cleveland, CRC, 1972 : 587 - 616.
- PHILIP, T. "Carotenoid Esters in Plant Products". *Food Technol.*, 29 (5) 1975 : 50 - 54.
- PETERSON, M.S. and JOHNSON, A.H. *Encyclopedia of Food Science*. Westport, Avi, 1978.
- ROCHE. *Vitamin Compendium, The Properties of Vitamin and Their Importance in Human and Animal Nutrition*. Switzerland, F. Hoffman, La Roche & Co Ltd., 19.. : 59 - 61.
- SIMPSON, K.L. "The Biosynthesis of Yeast Carotenoids" in *The Chemistry of Plant Pigments*, ed. by C.O. Chichester. New York, Academic Press, 1972 : 8 - 20.
- SIMPSON, K.L. "Carotenoid Pigment in Seafood" in *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products*, ed. by Roy E. Martin et. al. Westport, Avi, 1982 : 115 - 135.
- STUCKEY, B.N. "Antioxidants as Food Stabilisers" in *Handbook of Food Additives*, 2nd ed. ed. by Thomas E. Furia. Cleveland, CRC 1972 : 185 - 224.
- SIMS, R.J. and FRIORITI, J.A. "Antioxidants as Stabilizers for Fats, Oils and Lipid Containing Foods" in *Handbook of Food Additives*, 2nd ed. ed. by Thomas E. Furia. Cleveland, CRC, 1980 : 13 - 52.
- TANNEBAUM, S.R. "Vitamins and Minerals" in *Principles of Food Science, Part I Food Chemistry*, ed. by Owen R. Fennema. New York, Marcel Dekker, 1976 : 348 - 381.
- WINARNO, F.G. *Kimia Pangan*. Bogor, Pusbangtepa, 1980.
- WINARNO, F.G. dan SRI LAKSMI, B. *Pigmen Dalam Pengolahan Pangan*. Bogor, Fatemeta - IPB, 1973.
- WORKER, N.A. "A Rapid Procedure for Chromatographic Separation and Spectrophotometric Estimation of Certain Pasture Lipoids I, Carotene, Xanthophyll and Chlorophyll". *J. Sci. Food Agr.*, 8 (7) 1957 : 442 - 444.