

# GIDALARDAKİ KAROTENOİDLERİN ÖNEMİ VE DAĞILIMI



**Yrd. Doç. Dr. Hande Selen Erge**  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Gıda Mühendisliği Bölümü  
Gölköy 14280 –Bolu  
e-mail: erge\_h@ibu.edu.tr

**Prof. Dr. Feryal Karadeniz**  
Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi  
Gıda Mühendisliği Bölümü  
Dışkapı 06110 ANKARA  
Tel : (312) 5961716  
e-mail: karadeni@eng.ankara.edu.tr



## Özet

Karotenoidler doğal pigmentlerin en önemli grubudur ve meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunmaktadır. Karotenoidler, bağışıklık sistemini geliştirmeleri yanında kanser, kalp rahatsızlığı ve katarakt gibi birçok kronik hastalığa karşı koruyucu etkiye sahiptir. Karotenoidler, serbest radikalleri bağlayan antioksidanlar olarak dikkate alınmaktadır. Bu makale kapsamında insan beslenmesinde önemli görülen karotenoidler ve gıda kaynakları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar kelimeler: karotenoidler, antioksidan aktivite, A vitamini, stabilite

## THE IMPORTANCE AND DISTRIBUTION OF CAROTENOIDS IN FOODS

### Abstract

Carotenoids are one of the most important group of natural pigments and widely distributed in fruits and vegetables. Carotenoids have a protective effect against several chronic disease such as cancer, heart disease and cataract as well as enhancing immune system. They are considered as antioxidants quenching of free radicals. This article included information about carotenoids considered important nutrients for human nutrition and food sources of carotenoids.

Key words: carotenoids, antioxidant activity, vitamin A, stability

### 1. Giriş

Karotenoidler, ilk olarak 1831 yılında Weckenroder tarafından havuçlardan izole edilmiştir (Woutersen et al. 1999). Ancak karotenoidler ile ilgili araştırmaların başlangıcını, 1837'de Berzelius'un sonbahar yapraklarındaki sarı renkli bileşiklerini ksantofiller olarak isimlendirmesi oluşturmuştur (Olson and Krinsky 1995). Karotenoidler, fotosentetik organizmaların tümünde bulunan ve yağda çözünen pigmentlerdir. Bitki pigmentleri arasında geniş bir dağılım gösteren karotenoidler, doğada 600'den fazla sayıda bulunmasına karşın bunlardan ancak 40 tanesinin düzenli olarak diyetle tüketildiği bildirilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006).

Karotenoidlerin fotosentezde rol oynadığı; bitkiyi ışıktan koruduğu bilinmektedir. Karotenoidler, klorofil içeren tüm bitki dokularının hepsinde ışık enerjisini depolayan ikincil bitki pigmentleridir. Bunun yanında, bazı karotenoidlerin kök ve yapraklarda bulunduğu ve büyüme düzenleyici bir bileşik olan absisik asidin ön maddesi olduğu belirtilmektedir (Von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerin, kalp-damar hastalıkları (Wu et al. 2003, Kopsell and Kopsell 2006) ile kanser oluşum riskini



## Gıdalardaki Karotenoidlerin Önemi ve Dağılımı

azaltmasındaki ve göz sağlığındaki rolünün (Brown et al. 1999, Mares-Perleman et al. 2001) belirlenmesiyle önemi giderek artmış ve bu konuda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

Bitkilerdeki karotenoid içeriği üzerine pek çok faktör etki etmektedir. Işık, karotenoidlerin biyosentezini teşvik ettiğinden, bitkinin ışığa maruz kalma düzeyi karotenoid konsantrasyonunu etkileyen önemli bir faktördür (Thompson et al. 2000, Omoni and Aluko 2005). Karotenoid oluşumuna iklim, pestisit kullanımı, toprak çeşidi gibi faktörlerin de etki ettiği bildirilmektedir (Von Elbe and Schwartz 1996).



### 2. Karotenoidlerin Yapısı ve Oluşumu

Lutein, zeaksantin, violaksantin gibi oksijen içeren ksantofiller ile  $\beta$ -karoten,  $\alpha$ -karoten, likopen gibi hidrokarbon karotenler olmak üzere iki gruba ayrılan karotenoidler, 40 karbonlu izoprenoid polien yapıdan oluşmaktadır (Simpson 1985). Ksantofiller, yapılarında en az bir OH grubu içermekte ve karotenlerden daha fazla polarite göstermektedir (Krinsky and Johnson 2005). Karotenler; petrol eteri, hekzan ve toluende çözünürken, ksantofiller metanol ve etanolde daha iyi çözünmektedir.

Karotenoidler, hayvanlar tarafından sentezlenememekle birlikte süt ürünleri, yumurta ve balıkta yaygın olarak bulunmaktadır. Nitekim, yumurta sarısı, somon balığı ve tavuk derisinin rengi karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, hayvanların kırmızı ve sarı renkteki karotenoidleri absorbe etmeleri ile açıklanmaktadır (Simpson 1985).

Bitki ve hayvanlarda bulunan bazı karotenoidlerin proteinlerle kompleks oluşturabildiği bilinmektedir. Örneğin; karides ve ıstakozun dış kabuğunda bulunan kırmızı renkli astaksantin proteinle kompleks oluşturduğunda, renk maviyeye dönmektedir. Isıtma ile kompleks bozulmakta ve pigment rengi maviden kırmızıya dönmektedir. Karotenoid-protein kompleksine verilen diğer bir örnek ise ıstakoz yumurtasında bulunan yeşil renkli oeverdin pigmentidir. Karotenoidler, karotenoid – protein etkileşimi dışında, bakteri ve diğer mikroorganizmalarda olduğu gibi glikozitler halinde de bulunmaktadır. Buna örnek olarak da safrandaki krosin verilmektedir (Von Elbe and Schwartz 1996).

Yüksek bitkilerde kloroplastlarda bulunan karotenoidler, genellikle klorofil ile maskelenmektedir. Sonbaharda bitkinin yaşlanmasıyla kloroplastlar parçalanmakta ve sarı-portakal renkteki karotenoidler ortaya çıkmaktadır. Plastidlerde yarı-kristal yapılar halinde bulunan karotenoidler tetraterpen olarak da sınıflandırılmaktadır. (Kopsell and Kopsell 2006). Karotenoidler, plastidlerde izopentenildifosfattan (IPP) oluşmaktadır. Biyosentezin ilk aşamasında IPP, dimetilallildifosfata (DMAPP) izomerize olmakta; DMAPP'den, geranilgeranildifosfatsentaz (GGPPsentaz) enzimi ile 20 karbonlu geranilgeranildifosfat (GGPP) meydana gelmektedir. Fitoen sentaz enzimi ile 2 molekül GGPP'nin kondensasyonu sonucu fitoen oluşmaktadır. Fitoen de bir seri desatürasyon reaksiyonuna uğramakta ve sırasıyla fitofluen,  $\xi$ -karoten, nörosperen ve son olarak da likopen oluşmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz 2003). Likopen,  $\beta$ -karotenin yapısında bulunduğu gibi 2 adet  $\beta$ -iyonon halkası veya  $\alpha$ -karoten ve luteinin yapısında olduğu gibi bir adet  $\beta$ -iyonon halkası ve bir adet  $\epsilon$ -halkası içeren karotenoid oluşumu için iki farklı halkalaşma reaksiyonuna uğramaktadır. Zeinoksantin ve  $\beta$ -kriptoksantin gibi ksantofiller ise  $\alpha$ -karoten ve  $\beta$ -karoten gibi hidrokarbonların oksijen ile reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Kopsell and Kopsell 2006).

### 3. Karotenoidlerin stabilitesi

Karotenoidlerin; meyve ve sebzelerin ambalajlanması, taşınması, normal koşullarda depolanması ve ısıtma sırasında kayba uğrayabildiği ve bu kaybın, izomerizasyon ve oksidasyondan kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Anguelova and Warthesen 2000).

#### 3.1. Karotenoidlerin oksidasyonu

Karotenoidlerin oksidasyona uğraması yapılarındaki çift bağlardan kaynaklanmakta ve oksidasyon sonucu ilk olarak epoksit ve apokarotenoidler oluşmaktadır. Epoksit oluşumu genellikle karotenoid zincirinin sonunda meydana gelmektedir. Provitamin A karotenoidlerinin halka yapısında epoksit oluşumu, provitamin A aktivitelerinde kayba neden olmaktadır. İleri oksidasyon aşamasında ise karotenoid renginde açılma ve kayıp görülmektedir. Oksidasyonun son aşamasında düşük molekül ağırlığındaki bileşikler meydana gelmektedir. Karotenoidlerin oksidasyona duyarlılığı, ortam



koşullarına bağlı olup dokudaki fiziksel zararlanma veya ekstraksiyon gibi işlemlerle artmaktadır (Von Elbe and Schwartz 1996). Örneğin; hava, ışık ve sıcaklık gibi parametrelerin, domates tozundaki likopenin otooksidasyonuna etki eden en önemli faktörler arasında yer aldığı belirtilmektedir. Karotenoidlerdeki oksidatif değişimler; haşlama, dondurma, kurutma gibi işlemlerde meydana gelebilmektedir (Simpson 1985). Örneğin, havuç ve patates dilimlerinin kurutulmasında olduğu gibi, yüzey alanının artmasıyla hava ile temasın arttığı ve böylece karotenoidlerin oksidasyona daha duyarlı olduğu belirtilmektedir (Von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerin oksidasyona duyarlılığının farklılık gösterdiği ve  $\beta$ -karoten, lutein ve violaksantin oksidasyona karşı daha duyarlı olduğu bildirilmektedir (Rodriguez-Amaya 2001).

Lipoksigenaz gibi enzimlerin de karotenoidlerin oksidatif parçalanmasını teşvik ettiği belirtilmektedir. Ancak, bu etkinin doğrudan olmadığı ileri sürülmektedir. Lipoksigenazın öncelikle yağ asidinin oksidasyonunu katalize ettiği ve daha sonra oluşan peroksitlerin karotenoidlerle reaksiyona girdiği aktarılmaktadır (Von Elbe and Schwartz 1996). Oksijen, su aktivitesi ( $a_w$ ), ısı ve bazı metaller, peroksit radikal oluşumunu katalizlediğinden, bu faktörlerin karotenoid oksidasyonunda rol oynadığı bildirilmektedir (Simpson 1985). Karotenoidlerdeki oksidatif değişimlerde lipoksigenaz dışında rol oynayan enzimler arasında katalaz ve peroksidazın da bulunduğu aktarılmaktadır. Bu enzimlerin doku içinde inaktif olarak bulunduğu; proses sırasındaki farklı işlemler ile enzim-substrat ilişkisinin aktive olmasıyla karotenoidlerin oksidatif parçalanmasına neden olduğu belirtilmektedir (Simpson 1985).

### 3.2. Karotenoidlerin izomerizasyonu

Karotenoidler, doğada yaygın olarak all-trans formunda bulunmaktadır (Von Doering et al. 1995). Isı, ışık, klorofil gibi triplet sensitizerler ve kinonlar gibi elektrofilik bileşikler karotenoidlerin izomerizasyonuna neden olmaktadır. Örneğin; 4 °C'de karanlıkta depolanan domates sularında all-trans likopenin kayba uğradığı ve başlıca 15-cis-likopenin oluştuğu, aynı sıcaklıkta ışıkta depolanan örneklerde ise 15-cis-likopen ile birlikte 13-cis-likopenin de meydana geldiği saptanmıştır (Lin and Chen 2005). Bununla birlikte yüksek bitkilerde bulunan izomeraz enziminin de cis-trans dönüşümünü düzenlediği bilinmektedir.

Cis izomerlerin genellikle trans izomerlerine kıyasla daha az stabil olduğu; düşük kristalizasyon eğiliminden dolayı daha düşük erime noktasına sahip olduğu ve karotenoidlerin renk yoğunluğunda da azalmaya neden olduğu belirtilmektedir. Cis izomerlerin trans izomerine kıyasla, hekzan ve petrol eteri gibi polar olmayan çözücülerde daha iyi çözüldüğü bildirilmektedir. Karotenoidlerin izomerik yapıları, A vitamini aktivitesi yönünden de farklılık göstermektedir. All-trans  $\beta$ -karotenin provitamin A aktivitesi % 100'dür. Buna karşılık, 13-cis- $\beta$ -karoten ve 9-cis- $\beta$ -karotenin sırasıyla % 53 ve % 38 düzeyinde provitamin A aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. Trans-cis izomerizasyonu antioksidan kapasiteyi de etkilemektedir.  $\beta$ -karotenin cis izomerinin tekli oksijeni yakalama kapasitesinin all-trans izomerine kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca, reaktif oksijen türlerine maruz bırakıldıklarında 9-cis- $\beta$ -karotenin all-trans izomere kıyasla daha hızlı parçalandığı belirlenmiştir (Schieber and Carle 2005).

Cis ve trans izomerlerinin bağırsaktaki absorpsiyonu farklılık göstermektedir. Vücutta, trans  $\beta$ -karoten atımının taze ve işlem görmüş havuç sindiriminden sonra cis-izomerine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (Kopsell and Kopsell 2006). Birçok araştırmada da; all-trans  $\beta$ -karotenin cis izomere kıyasla insanlarda (Stahl et al. 1993, Gaziano et al. 1995) ve hayvanlarda (Deming et al. 2002) tercihen absorbe edildiği saptanmıştır. Karotenoidler kanda daha çok all-trans izomeri olarak bulunmasına karşın, bazı karotenoidlerin cis izomer miktarı % 50'ye kadar çıkabilmektedir. Örneğin likopen, gıdada daha çok trans formda, vücutta ise plazma ve dokularda yaklaşık % 50'si cis olmak üzere izomerik karışım halinde bulunmaktadır (Kopsell and Kopsell 2006). İnsan ve hayvan dokularında daha çok likopenin cis izomerinin bulunması, cis-izomerin bağırsak absorpsiyonunda daha fazla tercih edildiği şeklinde yorumlanmaktadır. Bu durum, yüksek oranda cis-izomeri içeren ısıtılmış domates ürünlerinin tüketimine bağlanmaktadır. Birçok çalışma, domates ürünlerinin ısıtılması ile cis-izomer miktarının arttığını belirtmektedir (Mortensen and Skibsted 2000).





## Gıdalardaki Karotenoidlerin Önemi ve Dağılımı

### 4. Karotenoidlerin Sağlık Üzerine Etkileri

Epidemiyolojik çalışmalar, karotenoidlerin kalp-damar rahatsızlıkları ile kanser oluşum riski arasında ters bir ilişki olduğunu göstermektedir. Karotenoidlerin, kalp-damar hastalıklarını, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) oksidasyonunu ve plak oluşumunda oksidatif stresi engelleyerek sağladığı belirtilmektedir. Kanser oluşum riskini azaltma yönündeki etkileri ise hücre oluşumunu ve hücre transformasyonunu engelleyerek, belirli kanser türlerini önlemede rol oynayan gen ekspresyonunu düzenlemeleri ile açıklanmaktadır (Kopsell and Kopsell 2006).

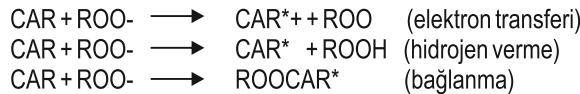
Karotenoidlerin bağışıklık sistemini kuvvetlendirdiği ve gözdeki dokuları koruduğu belirtilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Göz sağlığındaki rolü dolayısıyla lutein ve zeaksantin tüketiminin ve serumdaki miktarının yaşa bağlı makular dejenerasyonu içine alan oküler hastalık riski (Mares-Perlman et al. 2001) ve katarakt (Brown et al. 1999) ile ters ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu etkinin, lutein ve zeaksantin göze gelen zarar verici mavi ışığı absorbe etmelerinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Krinsky and Johnson 2005). Ayrıca, karotenoid alımı ile kalp damarı tıkanıklığı, kemik kalsifikasyonu ve sinirsel rahatsızlıklar gibi bazı hastalıklar ile birçok kanser türünün oluşum riskinin azaltılması arasında kuvvetli ilişkinin olduğu bildirilmektedir (Barba et al. 2006, Kopsell and Kopsell 2006). Karotenoidlerin sağlık üzerine olumlu etkilerinin, provitamin A aktivitesi ve antioksidan özelliklerinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir.

#### 4.1. Provitamin A aktivitesi

Karotenoidlerin en önemli fonksiyonu, A vitamininin önmaddesi olmalarıdır. Provitamin A karotenoidleri; sağlıklı epitel hücre farklılaşmasını sağlamakta, üreme ve görme fonksiyonlarını düzenlemektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Retinol, retinal, retinoik asit ve bunlarla ilgili bileşikler retinoidler olarak tanımlanmakta ve A vitamininin ön maddesi olarak bilinmektedir.  $\beta$ -karoten ve diğer karotenoidler vücutta retinole dönüşmektedir ve provitamin A karotenoidi olarak adlandırılmaktadır (Woutersen et al. 1999). A vitaminine metabolize olan yaklaşık 50 farklı karotenoidden  $\beta$ -karoten, en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir. Bunun nedeni yapısında bulunan 2 adet  $\beta$ -iyonon halkası ile açıklanmaktadır (Von Elbe and Schwartz 1996).  $\beta$ -karotenin, vücutta retinole dönüşümünün gıdadan gıdaya değişim gösterdiği belirtilmektedir. Tang et al. (2005), ıspanak  $\beta$ -karoteninin retinale dönüşüm oranının ortalama 21:1; havuç  $\beta$ -karoteninin retinole dönüşümü oranının ise 15:1 olduğunu belirlemişlerdir.  $\beta$ -karotenin retinoid bileşiklere dönüşümünde 2 ayrı basamak bulunmaktadır. Bunlardan ilki; 15,15'-dioksigenaz enziminin etkisiyle  $\beta$ -karotenin 15,15' çift bağının parçalanması ve retinalin oluşmasıdır. Retinal de daha sonra retinole indirgenmekte veya retinoik aside okside olmaktadır. Diğer bir yol ise  $\beta$ -karotenin  $\beta$ -apokarotenollere parçalanması ve bu aldehitlerin önce  $\beta$ -apokarotenolik aside daha sonra da retinoik aside okside olmalarıdır (Woutersen et al. 1999).

#### 4.2. Antioksidan kapasite

Karotenoidler, reaktif oksijen türlerini ve serbest radikalleri yakalama özelliği bulunan antioksidanlar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Nitekim, karotenoidlerin tekli oksijeni yakaladığı ve hücreyi oksidatif zarara karşı koruduğu bildirilmektedir (Von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerin tekli oksijeni yakalama kapasitesinin özellikle konjuge karbon-karbon çift bağ sisteminden kaynaklandığı ve bu nedenle bütün karotenoidlerin radikal yakalama kapasitesinin eşit olmadığı belirtilmektedir. Örneğin, likopenin tekli oksijeni yakalama özelliğinin  $\beta$ -karotenden 2;  $\alpha$ -tokoferolden 10 kez daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Rao and Agarwal 1999). Bunun nedeni, likopenin diğer karotenoidlere kıyasla yapısında iki tane daha çift bağ bulundurması ile açıklanmaktadır (Di Mascio et al. 1989). Karotenoidler, aktif radikalleri elektron transfer ederek, hidrojen vererek ya da radikale bağlanarak inhibe edebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Karotenoidlerin aktif radikalleri önleme yolları (Simpson 1985)

### 5. Başlıca Karotenoidler ve Gıdalardaki Dağılımı

Meyve ve sebzelerde en yaygın bulunan karotenoidler arasında  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten, lutein, zeaksantin ve likopen yer almaktadır.  $\alpha$ -kriptoksantin,  $\beta$ -kriptoksantin, neoksantin, violaksantin ve anteraksantin ise gıdalarda düşük miktarlarda bulunan karotenoidler arasındadır.

## 5.1. Gıdalardaki başlıca karotenoidler

### **β-karoten**

β-karoten, doğada en yaygın bulunan pigmentlerdendir. Üzerinde en fazla çalışılan karotenoidlerden birisi olan β-karoten, vücutta kan ve dokularda bulunan temel karotenoidler arasında yer almaktadır. β-karotenin en fazla böbrek üstü bezinde bulunduğu ve bunu sırasıyla testis, karaciğer, yumurtalık, meme, böbrek, pankreas, akciğer, deri ve kalın bağırsağın takip ettiği aktarılmaktadır (Stahl and Sies 1996).

β-karotenin temel kaynağı havuçtur ve havuçta bulunan toplam karotenoid madde miktarının % 44-79'unu oluşturmaktadır (Woutersen et al. 1999). Havuç dışında β-karotenin içeren başlıca gıdalar arasında maydanoz, tatlı patates, hindiba, kırmızı biber, tatlı kabak, kıvırcık, ıspanak, marul ve pazı gibi sebzeler sayılırken, mango ve kayısı gibi meyveler de β-karotenin diğer kaynakları arasında yer almaktadır (Çizelge 1,2).

### **α-karoten**

Provitamin A aktivitesi olan α-karoten ise en fazla havuç, domates ve kırmızıbiberde bulunmaktadır (Çizelge 1).

### **Likopen**

Likopen, halka yapısı göstermeyen düz zincir yapıda bir hidrokarbon bileşiktir ve 13 adet çift bağ içermektedir. Konjuge çift bağ sayısı 11 olan likopenin, 211 adet geometrik konfigürasyonu bulunmaktadır (Shao and Hathcock 2006). Likopen, domateste en fazla bulunan karotenoid olup domateste bulunan pigmentlerin % 80-90'nını oluşturmaktadır. Ancak, taze domateste likopen miktarının çeşide (Burdurlu 2007) ve olgunluk durumuna göre değiştiği bilinmektedir (Omoni and Aluko 2005). Örneğin; domateste likopenin ham yeşil ve rengin hafif pembeye döndüğü evrelerde sırasıyla 10 ve 370 µg/100g; sert kırmızı dönemde (% 90'ın kırmızı olduğu dönem) 4600 µg/100g; ileri olgun evrede ise 7050 µg/100g olarak belirlendiği aktarılmaktadır. Domates çeşitlerinde likopen miktarının araştırıldığı başka bir çalışmada, Crimson geni bulunan domates çeşitlerinin bu geni içermeyenlere kıyasla daha fazla likopen içerdiği saptanmıştır (Thompson et al. 2000). Karpuz, kuşburnu, pembe guava, papaya, pembe greyfurt, havuç ve balkabağı ise likopenin diğer kaynakları arasında yer almaktadır (Çizelge 1,2).

Likopen, vücuttaki dokularda da geniş bir dağılım göstermektedir. Likopenin dokulardaki miktarının homojen olmadığı; özellikle testis (4.34-21.36 nmol/g yaş ağırlık) ve böbrek üstü bezinde (1.90-21.60 nmol/g yaş ağırlık) daha fazla bulunduğu bildirilmektedir. Bu dokuların likopen bakımından zengin olmalarının nedeni, fazla miktarda lipoprotein reseptörleri içermeleri ile açıklanmaktadır. Likopen ayrıca; karaciğer, böbrek, yumurtalık, akciğer, bağırsak, meme ve deride de bulunmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz 2003).

### **Lutein ve Zeaksantin**

Lutein ve stereoisomeri zeaksantin, ksantofil ailesinin üyeleridir. Lutein, serumda en yaygın bulunan karotenoidlerden birisi olup lens ve sarı bölge gibi oküler dokuda yoğun olarak bulunmaktadır (Landrum and Bone 2001, Garcia-Casal 2006). Lutein ve zeaksantin, retinada makular pigment olarak belirtilen sarı pigment oluşumundan sorumludurlar. Sarı pigmentler gözü ışıktan korumada etkin rol oynamakta ve retinal zararlanmayı engelleyebilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Bu pigmentler, koyu yeşil yapraklı sebzelerde bulunmaktadır (Holden et al. 1999). Kıvırcık marul, maydanoz, ıspanak, marul, brokoli, tatlı mısır, fasulye, yeşil biber, hindiba, kivi, avakado, erik, ravent, yaban mersini, ahududu, böğürtlen, siyah frenk üzümü, lutein ve zeaksantin kaynakları arasında sayılmaktadır (Çizelge 1, 2).

## 5.2. Karotenoidlerin gıdalardaki dağılımı

Karotenoidlerin gıdalardaki dağılımları, sebze (Çizelge 1) ve meyvelere (Çizelge 2) göre farklılık göstermektedir. Havuç, α-karoten (1.34-5.30 mg/100g) ve β-karoten (4.16-13.0 mg/100g), bakımından en zengin sebzedir. α-karotenin en fazla bulunduğu meyve muz (0.012-0.15 mg/100g) iken, mango (13.1 mg/100g) ve kuşburnu (7.2 mg/100g) yüksek β-karoten içeriği ile dikkat çekmektedir. Domates (2.73-11.44 mg/100g) likopenin başlıca bulunduğu sebzedir ve bunu balkabağı izlemektedir. Karpuz (2.3-7.3 mg/100g), kuşburnu (11.12-22.93 mg/100g) ve pembe guava (5.23 - 5.50 mg/100g) ise likopen bakımından zengin meyvelerdir. Sebzelerin lutein+zeaksantin içeriği genellikle meyvelere kıyasla daha yüksektir. Lutein ve zaksantin miktarı en yüksek sebzeler kıvırcık marul (3.04-39.55 mg/100g) ve maydanoz (0.11-14.12 mg/100g) iken, meyveler kuşburnu (0.92 mg/100g) ve böğürtlendir (0.3-0.65 mg/100g). (Çizelge 1, 2).



## Gıdalardaki Karotenoidlerin Önemi ve Dağılımı

Çizelge 1. Bazı sebzelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g)

Sebzeler	$\beta$ -karoten	$\alpha$ -karoten	Lutein +Zeaks.	Likopen	Diğer karot. <sup>1</sup>	
Domates	0.89	0.15	0.21	11.44	-	Müller (1997)
	0.42	-	0.078	2.94	-	Hart and Scott (1995)
	0.66	-	0.10	3.10	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.6-1.2	-	-	2.8-7.1	-	Barba <i>et al.</i> (2006)
	0.28	-	0.13	3.92	-	Khachik <i>et al.</i> (1992)
	0.38	-	0.05	2.73	-	Konings and Roomans (1997)
	0.39	-	0.13	3.03	-	Alves Rodrigues and Shao (2004)
	0.32	-	0.10	3.54	-	Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)
	0.74	-	0.21	4.44	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
	4.65-9.02	3.06-4.89	0.36-0.56	-	0.032-0.054	Müller (1997)
Havuç	7.60	5.3	0.30	0.015	0.028	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	13.00	4.87	0.298	-	-	Konings and Roomans (1997)
	6.3-9.6	-	-	-	-	Barba <i>et al.</i> (2006)
	-	-	-	0.65-0.78	-	Omoni and Aluko (2005)
	4.16-7.16	1.34-3.01	0.002-0.144	-	-	Koca (2006)
	8.84	4.96	0.49	0.022	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Kabak	0.20	-	1.33	-	0.215	Müller (1997)
	0.47	-	2.26	0.046	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Brokoli	0.28	-	0.80	-	0.221	Müller (1997)
	1.00	Çok az	1.80	-	0.024	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.78	0.001	2.45	-	-	Holden <i>et al.</i> (1999)
	0.37-2.42	0-0.007	-	-	-	Kurilich <i>et al.</i> (1999)
	1.24-1.92	-	2.42-3.5	-	-	De Sa and Rodriguez-Amaya (2004)
Fasulye	0.63	-	1.05	-	-	Zhang and Hamauzu (2004)
	0.55	-	0.78	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
	0.25	0.03	0.76	0.024	0.156	Müller (1997)
	0.306	-	0.479	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.18	0.039	0.44	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Patlıcan	0.49	0.065	0.76	-	0.019	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
	1.11	-	0.17	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Soğan	0.002	-	0.015	-	0.004	Müller (1997)
Yeşil biber	0.10	0.01	0.41	-	0.164	Müller (1997)
	0.24	-	0.66	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.24	Çok az	0.70	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.20	-	-	-	-	Barba <i>et al.</i> (2006)
	0.27	-	0.77	-	0.77	Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)
Karnabahar	0.002	-	0.015	-	0.011	Müller (1997)
	0.011	Çok az	0.033	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.07-0.08	-	-	-	-	Kurilich <i>et al.</i> (1999)
Kırmızı biber	3.25	0.51	2.20	0.13	1.297	Müller (1997)
	0.22	0.167	2.111	-	0.090	Hart and Scott (1995)
	2.90	-	-	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.50-1.0	-	-	-	-	Barba <i>et al.</i> (2006)
Patates	0.005	-	0.116	-	0.327	Müller (1997)
	0.032	-	0.013	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.077	Çok az	0.060	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)

<sup>1</sup>  $\alpha$ -kriptoksantin +  $\beta$ -kriptoksantin + violaksantin + anteraksantin + neoksantin

Çizelge 1. Bazı sebzelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g) (devamı)

Sebzeler	$\beta$ -karoten	$\alpha$ -karoten	Lutein +Zeaks.	Likopen	Diğer karot. <sup>1</sup>	
Tatlı patates (pişmiş)	9.5	-	-	-	-	Krinsky and Johnson (2005)
Pazı	3.9	-	-	-	-	Krinsky and Johnson (2005)
Ispanak	3.40	-	5.869	-	-	Hart and Scott (1995)
	3.30	-	4.40	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	3.25	0.09	9.89	-	3.65	Müller (1997)
	0.9	-	5.00	-	-	Konings and Roomans (1997)
	4.81	-	5.93	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Maydanoz	3.51	-	5.81	-	-	Hart and Scott (1995)
	5.50	0.17	14.12	-	4.82	Müller (1997)
	5.60	-	10.20	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	4.62	-	6.40	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Iceberg marul	0.33	-	0.69	-	0.369	Müller (1997)
	0.074	-	0.11	-	-	Hart and Scott (1995)
Mısır	0.05	-	0.514	-	-	Konings and Roomans (1997)
	(cis+trans)					
Bezelye	0.25	-	1.91	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Turp	0.072	Çok az	Çok az	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Beyaz lahana	0.051	-	0.08	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.066	Çok az	0.15	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.021	-	0.084	-	0.088	Müller (1997)
	0.41	-	0.45	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Kıvırcık marul	7.28	0.15	18.63	-	7.30	Müller (1997)
	9.23	-	39.55	-	-	Holden <i>et al.</i> (1999)
	3.65-6.08	0.05-0.07	-	-	-	Kurilich <i>et al.</i> (1999)
	2.84-4.38	-	3.04-5.26	-	-	De Sa and Rodriguez-Amaya (2004)
Kırmızı lahana	0.015	Çok az	0.026	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.05	-	0.15	-	0.153	Müller (1997)
Marul	1.29	0.04	2.92	-	2.53	Müller (1997)
	0.52-2.96	-	1.0-3.09	-	0.66-3.73	De Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya (2005)
Brüksel lahanası	0.63	0.05	2.71	-	1.35	Müller (1997)
	0.43	-	0.92	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.45	0.006	1.59	-	-	Holden <i>et al.</i> (1999)
	0.77-1.02	0-0.01	-	-	-	Kurilich <i>et al.</i> (1999)
Pırasa	1.00	-	1.90	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.069	-	0.161	-	-	Hart and Scott (1995)
	3.19	-	3.68	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Hıyar	0.13	Çok az	0.47	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.22	-	0.67	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.27	-	0.84	-	-	Murkovic <i>et al.</i> (2000)
Hindiba	3.53	-	5.37	-	-	Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)
	0.89	-	2.08	-	0.43	Müller (1997)
	1.34-1.79	-	2.06-2.51	-	0.49-0.99	De Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya (2005)
	3.78-4.35	-	4.94-6.15	-	2.00-2.88	De Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya (2005)
Balkabağı	-	-	-	0.50	-	Lugasi <i>et al.</i> (2003)
	-	-	-	0.38-0.46	-	Omoni and Aluko (2005)
	0.07-1.02	-	0.07-5.99	0.079	0.003-0.008	Murkovic <i>et al.</i> (2000)

<sup>1</sup>  $\alpha$ -kriptoksantin +  $\beta$ -kriptoksantin + violaksantin + anteraksantin + neoksantin



## Gıdalardaki Karotenoidlerin Önemi ve Dağılımı

Çizelge 2. Bazı meyvelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g)

Meyveler	$\beta$ -karoten	$\alpha$ -karoten	Lutein +Zeaks.	Likopen	Diğer karot. <sup>1</sup>	
Çilek	0.0049	-	0.021	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.0089	-	0.031	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.005	0.0002	0.04	-	0.0063	Müller (1997)
Kırmızı frenküzüm	0.013	-	0.0318	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.025	-	0.047	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.009	0.003	0.072	-	0.01	Müller (1997)
Siyah frenk üzümü	0.062	-	0.2157	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.099	Çok az	0.44	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.014	-	0.18	-	0.037	Müller (1997)
Yaban mersini	0.049	-	0.244	-	0.0051	Marinova and Ribarova (2007)
	0.009	-	0.14	-	0.019	Müller (1997)
	0.047	Çok az	0.26	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Böğürtlen	0.10	0.0092	0.299	-	0.030	Marinova and Ribarova (2007)
	0.11	0.02	0.65	-	0.042	Müller (1997)
Ahududu	0.0093	0.024	0.331	-	0.0059	Marinova and Ribarova (2007)
	0.0064	0.013	0.076	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Armut	0.017	-	0.110	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Portakal	0.038	0.019	0.027	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Mandalina	0.038	0.020	0.020	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	-	-	-	-	0.92	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Greyfurt	0.0023	Çok az	0.0095	-	0.0033	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Pembe greyfurt	-	-	-	0.75	-	Lugasi <i>et al.</i> (2003)
	-	-	-	0.35-3.36	-	Omoni and Aluko (2005)
Limon	0.0034	-	0.012	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Erik	0.43	-	0.24	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
Şeftali	0.086	Çok az	0.014	-	0.051	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	2.6	-	-	-	-	Krinsky and Johnson (2005)
Muz	0.014	0.012	0.0033	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.042-	0.068-0.15	0.086-0.192	-	-	Wall (2006)
Avakado	0.034	-	0.32	-	0.038	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.04	0.010	0.23	-	0.035	Müller (1997)
Kivi	0.043	-	0.18	-	0.0037	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.012	-	0.14	-	0.02	Müller (1997)
Üzüm	0.033	Çok az	0.072	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.003	0.0003	0.013	-	0.0075	Müller (1997)
Karpuz	0.23	Çok az	0.014	4.5	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)
	0.1-1.1	-	-	6.5-7.3	-	Barba <i>et al.</i> (2006)
	-	-	-	2.3-7.2	-	Omoni and Aluko (2005)
	-	-	-	4.77	-	Lugasi <i>et al.</i> (2003)
Pembe guava	-	-	-	5.23-5.50	-	Omoni and Aluko (2005)
Papaya	-	-	-	0.11-5.3	-	Omoni and Aluko (2005)
	0.081-	-	0.093-0.318	1.35-3.67	0.288-1.034	Wall (2006)
	0.38	0.05	0.017	2.07	0.097	Müller (1997)
Mango (konserve)	13.1	-	-	-	-	Krinsky and Johnson (2005)
Kuşburnu	-	-	-	12.9-22.93	-	Böhm <i>et al.</i> (2003)
	7.2	-	0.92	11.12	2.15	Razungles <i>et al.</i> (1989)
Kızılcık	0.022	Çok az	0.028	-	-	Heinonen <i>et al.</i> (1989)

<sup>1</sup>  $\alpha$ -kriptoksantin +  $\beta$ -kriptoksantin + violaksantin + anteraksantin + neoksantin



## KAYNAKLAR

- Alves-Rodrigues, A. and Shao, A. 2004. The science behind lutein. *Toxicol. Lett.*, 150; 57-83.
- Anguelova, T. and Warthesen, J. 2000. Lycopene stability in tomato powders. *J. Food Sci.*, 65; 67-70.
- Barba, A.I.O., Hurtado, M.C., Mata, M.C.S., Ruiz, V.F. and de Tejada, M.L.P. 2006. Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. *Food Chem.*, 95; 328-336.
- Böhm, V., Fröhlich, K. and Bitsch, R. 2003. Rosehip-a "new" source of lycopene?. *Mol. Aspects Med.*, 24; 385-389.
- Brown, L., Rimm, E.B., Seddon, J.M., Giovannucci, E.L., Chasan-Taber, L., Spiegelman, D., Willett, W.C. and Hankinson, S.E. 1999. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 70; 517-524.
- Burdurlu, H.S.E. 2007. Domateste (*Lycopersicum esculentum* L.) karotenoid madde dağılımı ve antioksidan aktivite. Doktora tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 91 s.
- Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2003. Likopen ve Sağlık. *Standard*, 42 (500): 21-27.
- De Azevedo-Meleiro, C.H., and Rodriguez-Amaya, D.B. 2005. Carotenoids of endive and New Zeland spinach as effected by maturity, season and minimal processing. *J. Food Comp. Anal.*, 18; 845-855.
- Deming, D.M., Teixeira, S.R. and Erdman, J.W. 2002. All-trans  $\beta$ -carotene appears to be more bioavailable than 9-cis or 13-cis  $\beta$ -carotene in gerbils given single oral doses of each isomer. *J. Nutr.*, 132; 2700-2708.,
- De Sa, M.C. and Rodriguez-Amaya, D.B. 2004. Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables-Comparison of analytical and calculated data. *J. Food Comp. Anal.*, 17; 37-51.
- Di Mascio, P., Kaiser, S. and Sies, H. 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch. Biochem. Biophys.*, 274; 532-538.
- Garcia-Casal, M.N. 2006. Carotenoids increase iron absorbtion from cereal-based food in the human. *Nutr. Res.*, 26; 340-344.
- Gaziano, J.M., Johnson, E.J., Russell, R.M., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Rodker, P.M., Frei, B., Hennekens, C.H. and Krinsky, N.I. 1995. Discrimination in absorbtion or transport of  $\beta$ -carotene isomers after oral supplementation with either all-trans- or 9-cis- $\beta$ -carotene. *Am. J. Clin. Nutr.*, 61; 1248-1252.
- Hart, D.J. and Scott, K.J. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chem.*, 54; 101-110.
- Heinonen, M.I., Ollilainen, V., Linkola, E.K., Varo, P.T. and Koivistoinen, P.E. 1989. Carotenoids in Finnish foods: vegetables, fruits, and berries. *J. Agric. Food Chem.*, 37; 655-659.
- Holden, J.M., Eldridge, A.L., Beecher, G.R., Buzzard, I.M., Bhagwat, S., Davis, C.S., Douglass, L.W., Gebhardt, S., Haytowitz, D. and Schakel, S. 1999. Carotenoid content of U.S foods: an update of the database. *J. Food Comp. Anal.*, 12; 169-196.
- Khachik, F., Goli, M.B., Beecher, G.R., Holden, J., Lusby, W.R., Tenorio, M.D. and Barrera, M.R. 1992. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 40; 390-398.
- Koca, N. 2006. Havuçlarda (*Daucus carota* L.) karotenoidler ve antioksidan aktivite. Doktora tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 81 s., Ankara.
- Konings, E.J.M. and Roomans, H.H. 1997. Evaluation and validation of an LC method for the analysis of carotenoids in vegetables and fruit. *Food Chem.*, 59; 599-603.
- Kopsell, D.A. and Kopsell, D.E. 2006. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. *Trends Plant Sci.*, 11; 499-507.
- Krinsky, N.I. and Johnson, E.J. 2005. Carotenoid actions and their relation to health and disease. *Mol. Aspects Med.*, 26; 459-516.
- Kurilich, A.C., Tsau, G.J., Brown, A., Howard, L., Klein, B.P. and Jeffery, E.H. 1999. Carotene, tocopherol and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleacea*. *J. Agric. Food Chem.*, 47; 1576-1581.
- Landrum, J.T. and Bone, R.A. 2001. Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. *Arch. Biochem. Biophys.*, 385; 28-40.
- Lin, C.H. and Chen, B.H. 2005. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. *Food Chem.*, 90; 837-846.
- Lugasi, A., Biro, L., Hovarie, J., Sagi, K.V., Brandt, S. and Barna, E. 2003. Lycopene content of foods and lycopene intake in two groups of the Hungarian population. *Nutr. Res.*, 23; 1035-1044.
- Mares-Perlman, J.A., Fisher, A.I., Klein, R., Palta, M., Block, G. Millen, A.E. and Wright, J.D. 2001. Lutein and zeaxanthin



## Gıdalardaki Karotenoidlerin Önemi ve Dağılımı

- in the diet and serum and their relation to age-related maculopathy in the third national health and nutrition examination survey. *Am. J. Epidemiol.*, 153; 424-432.
- Marinova, D. and Ribarova, F. 2007. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *J. Food Comp. Anal.*, 20; 370-374.
- Mortensen, A. and Skibsted, L.H. 2000. Kinetics and mechanism of the primary steps of degradation of carotenoids by acid in homogenous solution. *J. Agric. Food Chem.*, 48; 279-286.
- Murkovic, M., Gams, K., Draxl, S. and Pfannhauser, W. 2000. Development of an Austrian carotenoid database. *J. Food Comp. Anal.*, 13; 435-440.
- Müller, H. 1997. Determination of the carotenoid content in selected vegetables and fruit by HPLC and photodiode array detection. *Z Lebensm. Unters. Forsch. A*, 204; 88-94.
- Niizu, P.Y. and Rodriguez-Amaya, D.B. 2005. New data on the composition of raw salad vegetables. *J. Food Comp. Anal.*, 18; 739-749.
- Olson, J.A. and Krinsky, N.I. 1995. Introduction: The colorful, fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators. *FASEB J*, 9; 1547-1550.
- Omoni, A.O. and Aluko, R.E. 2005. The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene a review. *Trends Food Sci. Technol.*, 16; 344-350.
- Rao, A.V. and Agarwal, S. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. *Nutr. Res.*, 19; 305-323.
- Razungles, A., Oszmianski, J. and Sapis, J.-C. 1989. Determination of carotenoids in fruits of *Rosa* sp. (*Rosa Canina* and *Rosa Rugosa*) and of chokeberry (*Aronia Melanocarpa*). *J. Food Sci.*, 54; 774-775.
- Rodriguez-Amaya, D.B. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods, <http://>. Erişim tarihi: 28.02.2005.
- Schieber, A. and Carle, R. 2005. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: technological, analytical, and nutritional implications. *Trends Food Sci. Technol.*, 16; 416-422.
- Shao, A. and Hathcock, J.N. 2006. Risk assessment for the carotenoids lutein and lycopene. *Regul. Toxicol. Pharm.*, 45; 289-298.
- Simpson, K.L. 1985. Chemical changes in natural food pigments. In: *Chemical changes in food during processing*. Richardson, T. and Finley, J.W. (eds), pp. 409-443., New York.
- Stahl, W., Schwartz, W. and Sies, H. 1993. Human serum concentrations of all-trans- $\beta$ - and  $\alpha$ -carotene but not 9-cis- $\beta$ -carotene increase upon ingestion of a natural mixture obtained from *Dunaliella salina* (Betatene). *J. Nutr.*, 123; 173-177.
- Stahl, W. and Sies, H. 1996. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans. *Arch. Biochem. Biophys.*, 336; 1-9.
- Tang, G., Ferreira, A.L.A., Grusak, M.A., Quin, J., Dolnikowski, G.G., Russell, R.M. and Krinsky, N.I. 2005. Bioavailability of synthetic and biosynthetic deuterated lycopene in humans. *J. Nutr. Biochem.*, 16; 229-235.
- Thompson, K.A., Marshall, M.R., Sims, C.A., Wei, C.I., Sargent, S.A. and Scott, J.W. 2000. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *J. Food Sci.*, 65; 791-795.
- Von Doering, W.E., Sotiriou-Leventis, C. and Roth, W.R. 1995. Thermal interconversions among 15-cis, 13-cis, and all-trans- $\beta$ -carotene: Kinetics, Arrhenius parameters, thermochemistry, and potential relevance to anticarcinogenicity of all-trans- $\beta$ -carotene. *J. Am. Chem. Soc.*, 117; 2747-2757.
- Von Elbe, J.H. and Schwartz, S.J. 1996. Colorants. In: *Food Chemistry*, O. R. Fennema (ed), Marcel Dekker, pp. 651-765, New York.
- Wall, M.M. 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *J. Food Comp. Anal.*, 19; 434-445.
- Woutersen, R.A., Wolterbeek, A.P.M., Appel, M.J., Van der Berg, H., Goldbohm, R.A. and Feron, V.J. 1999. Safety evaluation of synthetic  $\beta$ -carotene. *Crit. Rev. Toxicol.*, 29; 515-542.
- Wu, K., Schwartz, S.J., Platz, E.A., Clinton, S.K., Erdman, J.W. and Ferruzzi, M.G. 2003. Variations in plasma lycopene and specific isomers over time in a cohort of US men. *J. Nutr.*, 133; 1930-1936.
- Zhang, D. and Hamazu, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chem.*, 88; 503-509.