

Gıda İşleme ve Depolamanın Karotenoidler Üzerine Etkisi

Seda Ersus Bilek, Gülay Özkan

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 23.02.2012, Kabul Tarihi (Accepted): 16.04.2012

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): gulayozkann@gmail.com (G. Özkan)

☎ 0 232 311 20 61 📠 0 232 342 75 92

ÖZET

Meyve ve sebzelere sarıdan kırmızıya kadar değişik renk veren karotenoid grubu renk maddeleri hakkında genel bilgiler, sağlık üzerine etkileri, provitamin A etkinliği, antioksidan kapasiteleri, gıda işlenmesi, depolanması sırasında yapılarında meydana gelen değişimler ve stabiliteleri ile ilgili bilgiler bu çalışma kapsamında derlenmiştir. Çok sayıda çift bağ içeren yapılar nedeniyle karotenoidler kolaylıkla izomerizasyona veya oksidasyona uğrayabilmektedirler. Bu nedenle gıdalara verdikleri renk zamanla kayıplara uğramakta, gıda ürünlerinde istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna bağlı olarak bu durumun önlenmesi ile ilgili araştırma sonuçları kaliteli gıda üretimi açısından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Karotenoidler, Sağlık, Gıda işleme ve depolama

Effect of Food Processing and Storage on Carotenoids

ABSTRACT

Carotenoids are responsible from the unique colour of fruits and vegetables ranging from pale yellow through bright orange to deep red. The effects of dietary carotenoids on human health, their provitamin A and antioxidant activity, stability and chemical changes during food processing and storage were outlined in this review. Because food carotenoids are highly unsaturated, they are susceptible to isomerization and oxidation during processing and storage. Because of these reactions, food products may lose their colour attributes at the end of processing and storage. More studies are needed to minimize undesired colour changes in food products during processing and storage.

Key Words: Carotenoids, Health, Food processing and storage

GİRİŞ

Bitkiler, bazı bakteri, alg ve funguslar tarafından sentezlenen, meyve ve sebzelere sarıdan kırmızıya kadar değişen renkleri veren karotenoidler, geniş dağılımları, yapısal farklılıkları, çok çeşitli etki ve fonksiyonlarıyla doğada bulunan en önemli pigment gruplarından birisidir [1]. Doğal kaynaklardan tanımlanmış olan yaklaşık 600 karotenoid bulunmaktadır [2]. Hayvanlar kendileri karotenoid grubu maddeleri sentezleyemedikleri için diyetleri sırasında aldıkları

karotenoidleri modifiye ederek dokularında depolamaktadır [3].

Karotenoidler, gıdalarda renk maddesi olarak kullanılmalarının yanı sıra A vitamini aktivitesine sahip olmaları, antioksidan aktivite göstererek kanser ve kalp hastalıkları riskini azaltıcı etkileri olması nedeniyle, doğal renk maddeleri arasında önemli bir yere sahiptir [4, 5].

Karotenoidler, yenilebilir yağlar, dondurma ve çeşitli içeceklerde renk maddesi olarak kullanılabilir [6-8]. Ayrıca, karotenoidlerin yağda çözünme özelliğinden dolayı çeşitli et ürünlerinde kullanılması mümkün olabilmektedir [9].

Bu çalışmada karotenoid grubu renk maddeleri hakkında genel bilgiler, sağlık üzerine etkileri, provitamin A etkinliği, antioksidan kapasiteleri, gıda işleme ve depolama sırasında yapılarında meydana gelen değişimler ile stabiliteyi hakkındaki bilgiler derlenmiştir.

KAROTENOİDLERİN GENEL YAPISI

Karotenoidlerin merkezi iskeleti, 8 izoprenoid ünitesinin yan yana dizilmesiyle oluşmuştur. Genel formülü $C_{40}H_{56}$ 'dir [10,11]. Yapılarında çok sayıda çift bağ bulunmaktadır. Çift bağlar, cis ya da trans izomeri oluşturabilmelerine rağmen doğada genellikle trans izomeri formunda bulunmaktadır [11].

Karotenoidler yapılarına göre "hidrokarbon karotenoidler" ve "ksantofiller" olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. "Karotenler" olarak da adlandırılan apolar özellikteki hidrokarbon karotenoidlerin başlıcaları; α -karoten, β -karoten ve likopendir. Ksantofiller ise, daha polar özellikte olup yapısında metoksi, hidroksi, keto, karkoksi ve epoksi formunda oksijen içermektedir. Ksantofillere örnek olarak; β -kriptoksantin, zeaksantin ve lutein verilebilir. Karotenoidler, bitkisel dokularda serbest halde kristal veya amorf yapıda ya da yağlı ortamlarda çözünmüş olarak bulunurlar. Ayrıca yağ asitleriyle esterleşmiş halde, şeker ve proteinlerle kompleks halinde de bulunabilirler [12,13]. Kaynama noktaları yüksek olup 130-220 °C arasında değişmektedir [14].

Karotenoidler lipofilik bileşikler olduğundan yağda ve kloroform, benzen, petrol eter, karbon disülfid gibi organik çözücülerde çözünmekte, alkolde ise çözünmemektedir. Çoklu doymamış bir yapıya sahip olan karotenoidler, ısıya karşı stabil olmakla birlikte proses ve depolama sırasında izomerizasyona uğramaktadır [15]. Çoğu karotenoid grubu maddeler, doğal olarak *all-trans* formda bulunmakla birlikte; klorofil gibi bileşiklerin, ışık, organik çözücü, asit ve ısı etkisi ile *cis*-konfigürasyona dönüşmektedirler. Karotenoidlerin çift bağ sisteminde meydana gelen izomerizasyonlar ile biyolojik ve fiziksel açıdan farklılıklar gösteren çok sayıda konfigürasyon söz konusu olabilmektedir [12].

Karotenoidlerin renkleri, molekülün yapısında bulunan çok sayıdaki konjuge (C=C) çift bağlarından kaynaklanır. Karotenoid bileşiklerde konjuge çift bağların sayısı arttıkça renk koyulaşır. Örneğin, yapısında 9 tane konjuge çift bağ içeren β -karoten'in rengi sarı-turuncu iken, yapısında 11 tane konjuge çift bağ içeren likopenin rengi kırmızıdır [16].

KAROTENOİDLERİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Epidemiyolojik çalışmalar, karotenoidce zengin meyve ve sebze tüketiminin kanser [17], kalp-damar hastalıkları ve göz hastalıkları riskini azalttığını bildirmektedir [18]. Nitekim β -karoten alımı ile akciğer ve mide kanserleri

gibi bazı kanser türlerinin görülme sıklığı arasında zıt bir ilişki olduğu belirlenmiş ve karotenoidlerin antikarsinojenik özellikleri ortaya konmuştur [19]. Karotenoidlerin kanser oluşum riskini azaltma yönündeki etkileri hücre oluşumunu ve hücre transformasyonunu engelleyerek, belirli kanser türlerini önlemede rol oynayan gen ifadesini düzenlemeleri ile açıklanmaktadır [20].

Karotenoidlerin kanseri önleyici etkisinin, antioksidan özelliklerinin yanı sıra hücrelerarası boşluk bağlantı iletimlerini uyarıcı ve bağışıklık sistemini güçlendirici etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir [18].

Karotenoidlerin, kalp-damar hastalıklarını, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) oksidasyonunu ve plak oluşumunda oksidatif stresi engelleyerek sağladığı belirtilmektedir [20]. Yapılan bir çalışmada koroner kalp hastalarının plazmasında α -karoten ve γ -tokoferolün önemli derecede düşük bulunduğu bildirilmiştir [21].

Göz retinasında bulunan lutein ve zeaksantin, gözü serbest radikallerin ve ışığın zararlı etkilerinden koruyarak [22] katarakt ve yaşa bağlı makula bozuklukları gibi göz hastalıklarının oluşumunu engellemektedir [23]. Bu etkinin, lutein ve zeaksantin göze gelen zarar verici mavi ışığı absorbe etmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir [24].

Provitamin A Aktivitesi

Sağlık açısından birçok önemli fonksiyonu bulunan karotenoidlerin başlıca fonksiyonları A vitamini ön maddesi olmasıdır. Yapısında iki tane β -iyonon halkası bulunan β -karoten en yüksek provitamin A aktivitesine sahip olmakla birlikte α -karoten, γ -karoten ve β -kriptoksantin gibi diğer bazı karotenoidler de bu aktiviteye sahiptir [12].

Tablo 1'de karoten stereoizomerlerinin A vitamini aktiviteleri verilmiş olup *all-trans* izomerlerin daha yüksek A vitamini aktivitesine sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Karoten izomerlerinin A vitamini aktivitesi [25]

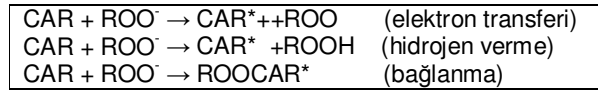
Izomer	A vitamini aktivitesi (%)
All- <i>trans</i> - β -karoten	100
9- <i>cis</i> - β -karoten	38
13- <i>cis</i> - β -karoten	53
All- <i>trans</i> - α -karoten	53
9- <i>cis</i> - α -karoten	13
3- <i>cis</i> - α -karoten	16

Provitamin A aktivitesi gösteren karotenoidlerin bir bölümü başta β -karoten olmak üzere ince bağırsaklarda karoten oksijenaz enzimiyle retinol, retinal ve retinoik aside dönüşerek bağışıklık sistemi, görme olayı ve epitelyum dokunun sentezlenmesi ve yenilenmesinde etkinlik göstermektedir. E vitamini karotenoidlerin oksidasyonunu önleyerek biyoyararlılığını yükseltmekte, çinko retinol bağlayan proteinin sentezindeki rolü nedeniyle karotenoidlerin provitamin A etkinliğini arttırmaktadır [26].

Antioksidan Kapasite

Karotenoidler, reaktif oksijen türlerini ve serbest radikalleri yakalama özelliği bulunan antioksidan maddeler arasında önemli bir yere sahiptir [12]. Bu aktivite esas olarak, molekülün içerdiği çok sayıda konjuge çift bağlar ve bir ölçüde de halkalı uç gruplarla ilişkilidir [27]. Karotenoidler içerisinde en etkili antioksidanın likopen olduğu ve bunu sırasıyla β -kriptoksantin ve β -karotenin izlediği, ksantofillerin ise minimum aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir [28].

Karotenoidler, aktif radikalleri elektron transfer ederek, hidrojen vererek ya da radikale bağlanarak üç farklı şekilde inhibe edebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Karotenoidlerin aktif radikalleri önleme yolları [29]

KAROTENOİDLERİN İŞLEME VE DEPOLAMA SIRASINDA STABİLİTESİ

Karotenoidlerin meyve ve sebzelerin ambalajlanması, taşınması, normal koşullarda depolanması ve ısıl işlem sırasında kayba uğrayabildiği ve bu kaybın, izomerizasyon ve oksidasyondan kaynaklandığı ileri sürülmektedir [30]. Oksidasyon oksijen, metal iyonları, enzimler, doymamış yağlar, prooksidan madde, ışık, karotenoidin tipi ve fiziksel durumu, uygulanan işlemin şiddeti, ambalaj materyali ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir [3]. 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 kayıplarda artış 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 [12]. Gıdalara değişik amaçlarla uygulanan parçalama, öğütme [31], ısıl işlem [32], haşlama [33], pişirme [34], kurutma [35], dondurma [36], ışınlama [37], depolama [38] gibi işlemler esnasında karotenoid kayıpları ortaya çıkmaktadır.

Yapılan bir çalışmada kırmızı biberin toplam karotenoid miktarı kaybının kurutma sıcaklığının yükselmesiyle arttığı, ayrıca 60°C'nin altındaki sıcaklıklarda sarı, üzerindeki sıcaklıklarda ise kırmızı pigmentlerin bozulmasının hızlandığı bildirilmiştir [39]. Likopen içeren taze havuçlar üzerine yapılan bir çalışmada ise, 1°C'de ve %97 nem içeren ortamda 8 hafta depolama sonunda, likopen miktarında %60 gibi önemli bir kayıp olduğu belirlenmiştir [40]. Diğer bir çalışmada, pembe renkli greyfurtlar 137 Cs (sezyum-137) ışın kaynağı ile 0, 70, 200, 400 ve 700 Gy dozunda ışınlanmış ve ışınlandıktan

sonra, önce 4 hafta süreyle 10°C'de ve daha sonra 20°C'de %90–95 bağıl nemde 1 hafta süreyle depolanmıştır. Bu çalışmada, 70 Gy'lik ısınlamaya maruz bırakılan greyfurtların 700 Gy düzeyinde ışınlananlara kıyasla daha fazla likopen içerdiği saptanmıştır [41].

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 [12]. Oksijen, su aktivitesi, ısı ve bazı metaller, peroksit radikal oluşumunu katalizlediğinden, bu faktörlerin karotenoid oksidasyonunda rol oynadığı bildirilmektedir [29].

Lipoksigenaz enziminin karotenoidler üzerine etkisi ile ilgili bir çalışmada 20°C'de 24 saat süre bekletilen biber örneklerinde karotenoidlerin %30'unun bozulduğu, bu kaybın %22'sinin doğrudan enzim etkisiyle olduğu belirtilmiştir [39]. Karotenoidlerde oksidatif değişimlerde lipoksigenaz dışında rol oynayan enzimler arasında katalaz ve peroksidazın da bulunduğu aktarılmaktadır. Bu enzimlerin doku içinde inaktif olarak bulunduğu; gıdaların işlenmesi sırasındaki farklı işlemler ile enzim-substrat ilişkisinin aktive olmasıyla karotenoidlerin oksidatif parçalanmasına neden olduğu belirtilmektedir [29].

Karotenoidler, doğada yaygın olarak trans formda bulunmaktadır [42]. Isı, ışık, klorofil ile 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 [43]. Shi ve ark. [44] farklı kurutma yöntemleri ile domatesleri %50–55 ile %3–4 nem düzeyine kadar kurutmuşlar ve bu örneklerde all-trans ve cis izomerlerin miktarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada domatesler sıcak hava ile 95°C'de 6–10 saat, vakum altında 55°C'de 4–8 saat ve 65° Brix'teki sakkaroz çözeltisi ile 25°C'de 4 saat ozmotik olarak ve daha sonra da vakum altında 55°C'de 4–8 saat süreyle kurutulmuşlardır. En fazla likopen kaybı ve cis izomer oluşumu sıcak hava ile kurutulan domateslerde saptanmıştır. Buna karşın, ozmotik ve vakum kurutma birlikte uygulandığında, vakum ve sıcak hava ile kurutmaya göre daha az likopen ve cis izomer oluşumu gözlenmiştir. Bunun başlıca nedeni, ozmotik kurutma sırasında şeker çözeltisinin, oksijenin likopen ile temas etmesini engellemesi ve böylece likopen oksidasyonunu önlemesi şeklinde belirtilmiştir.

Ön işlem olarak ultrason ve haşlama işlemi uygulanan havuç diskleri, sıcak hava ve dondurularak kurutman işlemine tabi tutulmuş, işlemlerin karotenoidler üzerine etkisi incelenmiştir. Ön işlem olarak ultrason uygulanmış dondurularak kurutulan örneklerde en düşük dalga boyunda (24.4 µm), en yüksek toplam karotenoid ve CIE L* değerleri elde edilmiştir. Renk pigmentlerinde en fazla kaybın yüksek sıcaklık ve oksijen nedeniyle sıcak hava ile kurutma işlemi sonrasında meydana geldiği

belirlenmiştir. Ayrıca yüksek sıcaklıktaki havaya maruz kalan havuçlarda, sıcaklığın etkisi ile daha stabil olan *trans* formun, *cis* formdaki izomerlerine dönüştüğü ve renk yoğunluğunda azalma meydana geldiği tespit edilmiştir [45].

Mikrodalga ısıtmanın portakal suyunda bulunan karotenoidler üzerine etkisi ile ilgili bir çalışmada, 70°C'de 1 dakika mikrodalga ısıtma işlemi uygulanan portakal suyundaki toplam karotenoid madde miktarının %10'unun, 75°C'de 1 dakika mikrodalga ısıtma işlemi uygulanan portakal suyundaki toplam karotenoid madde miktarının %40'ünün, 85°C'de 1 dakika mikrodalga ısıtma işlemi uygulanan portakal suyundaki toplam karotenoid madde miktarının ise %50'sinin bozulduğu belirlenmiştir. Violaksantin ve anteraksantin miktarında 60 ve 70°C'de 10 dakika ısıtma sonunda kayıp tespit edilirken, provitamin A aktivitesi gösteren bileşiklerin (β -karoten, α -karoten ve β -kriptoksantin) ve luteinin bu sıcaklıklarda daha stabil yapıda olduğu saptanmıştır [46].

Domates sularında bulunan karotenoid maddeler üzerinde, yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan uygulaması (HIPEF) ile geleneksel ısıtma uygulamalarının etkileri karşılaştırılmıştır. En yüksek toplam karotenoid madde miktarı yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan uygulaması sonucu elde edilmiştir. Ayrıca, depolama sonrasında da yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan uygulanan domates sularındaki toplam karotenoid madde miktarı, ısısal işlem uygulanmış domates sularına göre daha iyi korunmuştur. Bu nedenle HIPEF teknolojisinin, yüksek antioksidan özellikte domates suyu elde etmek amacıyla ısısal işlemlere alternatif olarak kullanılabileceği belirlenmiştir [47].

Ispanaktan β -karoten, domatesten β -karoten ve likopen madde ekstraksiyonunda elektroliz ve su banyosunda ısıtma işlemlerinin ekstraksiyon verimi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Elektroliz uygulamasında, üç farklı voltaj gradyanı (40, 60, 80 V/cm) ve üç farklı uygulama süresi (4,8 ve 12 saniye) kullanılmıştır. Su banyosunda ısıtma işlemi ise örnekler 90°C'lik su banyosunda, sıcaklıkları 40, 60, 80°C'ye ulaşana dek bekletilmiştir. Ispanakta β -karoten için en yüksek ekstraksiyon verimi su banyosunda ısıtma ile elde edilirken; domateste β -karoten ve likopen için en yüksek ekstraksiyon verimleri 80 V/cm'de 4 sn'lik elektroliz uygulamasıyla elde edilmiştir [48].

SONUÇ

Yapılan çalışmalar karotenoid bileşiklerin, provitamin A aktivitesi ve antioksidan özellik göstererek pek çok hastalığın önlenmesinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Karotenoidler çok sayıda çift bağ içermeleri nedeniyle, gıdalara uygulanan işlemler sırasında kolaylıkla izomerizasyona veya oksidasyona uğrayabilmektedirler. Ancak her bir karotenoidin stabilitesi gıdaya ve uygulanan işleme göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle gıda işleme ve depolama için optimum işlem koşullarının belirlendiği çalışmaların gerekliliği artmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Oliver, J., Palou, A. 2000. Chromatographic determination of carotenoids in foods. *Journal of Chromatography A* 881: 543–555.
- [2] Olson, J.A., 1994. Absorption, transport, and metabolism of carotenoids in humans. *Pure and Applied Chemistry* 66: 1011–1016.
- [3] Rodriguez-Amaya, D.B., 2001. A guide to carotenoid analysis in foods, <http://www.ilsa.org/publications>. Erişim tarihi: 28.02.2005.
- [4] Rock, C.L., 1997. Carotenoids: biology and treatment. *Pharmacology Ther.* 75(3): 185-197.
- [5] Chaudhry, Y., 2003. Carotenoids-Natural Food Colors and Health Benefits, *Symposium 12, Interaction of Natural Colors with Other Ingredients* 7(19): 1-11s.
- [6] Haan, A.-De, Burke, R.M., Bont, J.-De, 1991. Microbial production of food colorants. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent*, 56(4b): 1655-1660s.
- [7] Vandamme, E.J., 1992. Production of vitamins, coenzymes and related biochemicals by biotechnological processes. *Journal of Chemical Technical Biotechnology* 53: 313-327s.
- [8] Vandamme, E.J., 1993. Production of vitamins and related biofactors via microorganisms. *Agro-Food Industry Hi Tech.* 9/10: 29-31.
- [9] Bloukas, J.G., Arvanitoyannis, I.S., Siopi, A.A., 1999. Effect of natural colourants and nitrites on colour attributes of frankfurtes. *Meat Science* 52: 257-265.
- [10] Bağdatlıoğlu, N., Demirbükler, B., 1999. Gıda işlemede karotenoidlerde meydana gelen gelişmeler. *Gıda* 9: 48-51.
- [11] Denizci, A., 1990. *Phaffia rhodozyma* NRRLY-10921 Mayası ile Astaksantin Pigmentinin Üretimi ile İlgili Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 50s.
- [12] Von Elbe, J.H. and Schwartz, S.J. 1996. Colorants. In "Food Chemistry", O.R. Fennema (Ed). Chapter 10. pp: 651–722. Marcel Dekker Inc., New York.
- [13] Parker, R.S. 1996. Absorption, metabolism, and transport of carotenoids. *FASEB Journal* 10: 542–551.
- [14] Britton, G. 1992. Carotenoids, In: Natural Food Colorants. Hendry, G.A.F. and Houghton, J.D. (eds), Blackie and Sons Ltd., pp. 141–182, New York.
- [15] Anon, 1951. Methods of vitamin assay. The Association of Vitamin Chemists Inc. Interscience Publishers, 301 p., New York.
- [16] Özkan, M., Cemeroğlu, B. 1997. Karotenoidler: özellikleri ve gıdalarda uygulanmaları. *Gıda Teknolojisi* 2(11): 34-42.
- [17] Sharoni, Y., Danilenko, M., Walfisch, H.A., Amir, H., Nahum, A., Ben-Dor, A., Hirsch, K., Khanin, M., Steiner, M., Agemy, L., Zango, G., Levy, J., 2002. Role of gene regulation in the anticancer activity of carotenoids. *Pure and Applied Chemistry* 74: 1469–1477.

- [18] Basu H.N., Del Vecchio A.J., Flider F., Orthoefer F.T., 2001. Nutritional and potential disease prevention properties of carotenoids. *Journal of the American Oil Chemistry Society* 78: 665-667.
- [19] Di Mascio, P., Murphy, M.E., Sies, H. 1991. Antioxidant defence system: the role of carotenoids, tocopherols and thiols. *American Journal of Clinical Nutrition* 53:194S-200S.
- [20] Kopsell, A.D., Kopsell, D.E., 2006. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. *Trends Plant Sci.* 11: 499-507.
- [21] Kontush, A., Spranger, T., Reich, A., Baum, K., Beisiegel, U., 1999. Lipophilic antioxidants in blood plasma as markers of atherosclerosis: the role of α -carotene and γ -tocopherol. *Atherosclerosis* 144: 117-122.
- [22] Mozaffarieh, M., Sacu, S., Wedrich, A., 2003. The role of the carotenoids, lutein, zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: a review based on controversial evidence. *Nutrition Journal* 11: 20–28.
- [23] Sommerburg, O., Keunen, J.E.E., Bird, A.C., van Kuijk, F.J.G.M., 1998. Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin: the macular pigment in human eyes. *British Journal of Ophthalmology* 82: 907–910.
- [24] Krinsky, N.I., Johnson, E.J., 2005. Carotenoids actions and their relation to health and disease. *Mol. Aspects Med.* 26: 459-516.
- [25] Gregory, J.F., 1996. Vitamins. In "Food Chemistry", O.R. Fennema (Ed). Chapter 8. pp: 531–616. Marcel Dekker Inc., New York.
- [26] Baysal, A., 1994. Karotenoidler: beslenme ve sağlık açısından önemi. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 153-159s.
- [27] Paiva, S.A.R., Russell, R.M., 1999. β -Carotene and other carotenoids as antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition* 18: 426–433.
- [28] Miller, N.J., Sampson, J., Candeias, L.P., Bramley, P.M., Rice-Evans, C.A., 1996. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Letters*, 384, 240–242.
- [29] 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.
- [30] Anguelova, T., Warthesen, L., 2000. Lycopene stability in tomato powders. *J. Food Sci.* 65; 67-70.
- [31] Yemiş O., 2001. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [32] Lessin, W.J., Catigani, G.L., Schwartz, S.J., 1997. Quantification of cis-trans isomers of provitamin A carotenoids in fresh and processed fruits and vegetables *J. Agric. and Food Chem.* 45: 3728-3732.
- [33] Orak H. 1999. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [34] Su, O., Rowley, K., Balazs, N.D.H., 2002. Carotenoids: separation methods applicable to biological samples. *Journal of Chromatography B* 781: 393–418.
- [35] Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Chatzidakis, P.C., Nikas, V.A., 2006. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp *J.Food Engineering*, 74:37–46.
- [36] Çınar, İ., 2004. Carotenoid pigment loss of freeze-dried plant samples under different storage conditions. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.* 37: 363–367.
- [37] Topuz, A., Özdemir, F., 2003. Influences of γ -irradiation and storage on the carotenoids of sun-dried and dehydrated paprika. *J. Agric. and Food Chem.* 51: 4972–4977.
- [38] Morais, H., Ramos, A.C., Cserhati, T., Forgacs, E., 2001. Effects of fluorescent light and vacuum packaging on the rate of decomposition of pigments in paprika (*Capsicum annuum*) powder determined by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromatography A* 936: 139–144.
- [39] Jaren-Galan, M., Minguez-Mosquera, M.I. 1999. Quantitative and qualitative changes associated with heat treatments in the carotenoid content of paprika oleoresins. *J. Agric. and Food Chem.* 47: 4379-4383.
- [40] Miebach, M.E., Spiess, L.E.W., 2003. Influence of cold storage and blanching on the carotenoid content of Kintoki carrots. *Journal of Food Engineering* 56(2-3): 211-213.
- [41] Patil, S.B., Vanamala, J., Hallman, G., 2004. Irradiation and storage influence on bioactive components and quality of early and late season 'Rio Red' grapefruit. *Postharvest Biology and Technology* 34(1): 53-64.
- [42] Von Doering, W.E., Sotiriou-Leventis, C., Roth, W.R., 1995. Thermal interconversions among 15-cis, 13-cis and all-trans- β -carotene. *J. Am. Chem. Soc.* 117: 2747-2757.
- [43] Lin, C.H., Chen, B.H., 2005. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. *Food Chem.* 90: 837-846.
- [44] Shi, J., Maguer, L.M., Kakuda, Y., Liptay, A. and Niekamp, F., 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International* 32(1): 15-21.
- [45] Rawson, A., Tiwari, B.K., Tuohy, M.G., Donnell, C.P., Brunton, N., 2011. Effect of ultrasound and blanching pretreatments on polyacetylene and carotenoid content of hot air and freeze dried carrot discs. *Ultrasonics Sonochemistry* 18: 1172–1179.
- [46] Fratianni, A., Cinquanta, L., Panfili, G., 2010. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. *LWT - Food Science and Technology* 43: 867–871.
- [47] Serrano, I.O., Fortuny, R., Jover, T., Belloso, O., 2008. Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments. *Food Chemistry* 112: 258–266.
- [48] Aktas, E.T., Yıldız, H., 2011. Effects of electropulsation treatment on chlorophyll and carotenoid extraction yield from spinach and tomato. *Journal of Food Engineering* 106: 339–346.