ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

DOMATESTE (*Lycopersicum esculentum*) KAROTENOİD MADDE DAĞILIMI VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE

Hande Selen ERGE

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2007

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

DOMATESTE (*Lycopersicum esculentum*) KARATENOİD MADDE DAĞILIMI VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE

Hande Selen ERGE

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Feryal KARADENİZ

Bu çalışmada, 2003 ve 2004 yıllarında aynı tarlada yetişen 16 domates çeşidinin karotenoid madde içeriği ve antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Karotenoidlerin belirlenmesinde HPLC yöntemi kullanılırken, antioksidan aktivitenin belirlenmesinde TEAC ve DPPH yöntemleri uygulanmıştır. Bunun yanında, toplam fenolik madde ve L-askorbik asit miktarları sırasıyla Folin-Ciocelteau ve HPLC yöntemleri ile belirlenmiştir.

Likopen, bütün domates çeşitlerinde başlıca karotenoid olarak belirlenmiştir. Bunun yanında, β-karoten ve düşük miktarda lutein de saptanmıştır. Domateslerde ortalama likopen, β-karoten ve lutein içerikleri sırasıyla 17.6 mg/kg, 3.5 mg/kg ve 0.17 mg/kg bulunmuştur. Domateslerin TEAC ve DPPH yöntemleri ile belirlenen antioksidan aktiviteleri sırasıyla, 48.33 - 118.30 μmol TEAC/100g ve 41.7- 57.6 μmol TE/100g aralığında değişmektedir. Domateslerdeki toplam fenolik madde içeriği 188 - 819 mg kateşin/kg aralığında değişmekteyken; L-askorbik asit miktarı 2.2 mg/100g - 13.8 mg/100g arasında değişim göstermektedir.

Domateslerin antioksidan aktivitesi üzerine karotenoidler, toplam fenolik madde ve L-askorbik asidin etkisi de değerlendirilmiştir. Toplam fenolik madde ve karotenoid bileşikler ile domateslerin antioksidan aktiviteleri arasında bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık, L-askorbik asit ve TEAC yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivite arasında önemli bir korelasyon bulunmuştur.

Domateslerin CIE-L*a*b* renk parametreleri ile karotenoid madde içerikleri arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir. Ancak, bu parametreler arasında herhangi bir korelasyon saptanamamıştır.

2007, 91 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karotenoidler, domates, antioksidan aktivite, L-askorbik asit, toplam fenolik madde, renk

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

CAROTENOID DISTRIBUTION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN TOMATO (*Lycopersicum esculentum*)

Hande Selen ERGE

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Feryal KARADENİZ

In this study, the carotenoid content and antioxidant activity of 16 tomato varieties grown in the same field in the years of 2003 and 2004 were determined. Carotenoids were determined by HPLC and antioxidant activity was determined using TEAC and DPPH assays. Moreover, the content of total phenolics and L-ascorbic acid were determined by Folin-Ciocelteau and HPLC methods, respectively.

Lycopene was determined as the predominant carotenoid in all tomato varieties. Moreover, β-carotene and small amount of lutein were also found in all tomato varieties. The mean lycopene, β-carotene and lutein contents of tomatoes were found as 17.6 mg/kg, 3.5 mg/kg and 0.17 mg/kg, respectively. The antioxidant activity of tomatoes determined by TEAC and DPPH assays ranged between 48.33 - 118.30 μmol TEAC/100g and 41.7 - 57.6 μmol TE/100g, respectively. Total phenolics content of tomatoes ranged between 188 – 819 mg catechin/kg and L-ascorbic acid content ranged from 2.2 to 13.8 mg/100g.

The effects of carotenoids, total phenolic compounds and L-ascorbic acid on antioxidant activity of tomatoes were also evaluated. No correlation was found between carotenoids and phenolics, and antioxidant activity. On the other hand, a significant correlation was found between L-ascorbic acid and antioxidant activity as determined by TEAC assay.

The relationship between CIE-L*a*b* colour parameters and carotenoids of tomatoes were also evaluated. However, no correlation was found between these parameters.

2007, 91 pages

Key Words: Carotenoids, tomatoes, antioxidant activity, L-ascorbic acid, total phenolics, colour

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Feryal KARADENİZ'e, değerli fikirleri ile katkıda bulunan Tez İzleme Komitesi'nin üyeleri Prof. Dr. Nevzat Artık ve Prof. Dr. Sevinç YÜCECAN'a, laboratuvar aşamasında birlikte çalıştığım sevgili arkadaşım Nuray KOCA'ya, yardımlarından dolayı laborant Önder YALÇIN'a, sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde yardımcı olan Arş Grv. Özgür KOŞKAN'a, domates çeşitlerinin teminini sağlayan Tat Tohumculuk A.Ş.'ye, fedakarlıklarını ve desteklerini hiçbir zaman unutmayacağım aileme, anlayışı ve ilgisiyle her zaman yanımda olan eşime sonsuz teşekkürler.

Bu araştırma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından 20030711077 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Hande Selen ERGE
Ankara, Temmuz 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
TEŞEKKÜR ..... **iii**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **viii**
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ 3
2.1 Karotenoidlerin Yapısı ve Oluşumu **3**
2.2 Gıdalarda Yaygın Olarak Bulunan Karotenoidler **7**
2.2.1 β-karoten **7**
2.2.2 α-karoten **7**
2.2.3 Likopen **13**
2.2.4 Lutein ve Zeaksantin **13**
2.3 Karotenoidlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri **14**
2.3.1 Karotenoidlerin Işık absorbsiyonu **14**
2.3.2 Karotenoidlerin stabilitesi **16**
2.3.2.1 Karotenoidlerin oksidasyonu **18**
2.3.2.2 Karotenoidlerin *cis-trans* izomerizasyonu **19**
2.4 Karotenoidlerin Sağlık Üzerine Etkileri **23**
2.5 Karotenoidlerin Metabolize Edilmesi **26**
2.5.1 Karotenoidlerin A vitaminine dönüşümü **26**
2.5.2 Karotenoidlerin absorbsiyonu ve biyoyararlılığı **28**
2.6 Domatesteki Başlıca Biyoaktif Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri **29**
2.7 Domates ve Domates Ürünlerindeki Karotenoid Bileşikler **31**
2.8 Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesinde Uygulanan Başlıca Yöntemler **32**
3. MATERYAL ve YÖNTEM **38**
3.1 Materyal **38**
3.2 Yöntem **38**
3.2.1 Örnek hazırlama **38**
3.2.2 Suda çözünür kuru madde **38**
3.2.3 pH ve titrasyon asitliği **38**
3.2.4 Reflektans kolorimetresi ile renk ölçümü **39**
3.2.5 Karotenoid madde ekstraksiyonu **39**
3.2.6 HPLC ile karotenoidlerin analizi **39**
3.2.7 Standart karotenoid madde çözeltilerinin hazırlanması **40**
3.2.8 Karotenoid piklerinin tanımlanması ve karotenoid miktarının hesaplanması. **41**
3.2.9 Antioksidan madde ekstraksiyonu **42**
3.2.10 Antioksidan aktivite analizi **42**

3.2.10.1 TEAC yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi……..... 43
3.2.10.2 DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi……..... 44
3.2.11 L-Askorbik asit ekstraksiyonu..... 45
3.2.12 L-Askorbik asit analizi..... 46
3.2.13 Toplam fenolik madde ekstraksiyonu..... 47
3.2.14 Toplam fenolik madde analizi..... 47
3.2.15 İstatistiksel analiz..... 47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA..... 48
4.1 Domates Çeşitlerinin Bazı Genel Özellikleri..... 48
4.2 Domateslerin Karotenoid Madde Dağılımı..... 53
4.3 Domateslerde CIE-L*a*b* Renk Değerleri..... 60
4.4 Domateslerde L-Askorbik Asit Miktarı..... 61
4.5 Domateslerde Toplam Fenolik Madde Miktarı..... 63
4.6 Domateslerde Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi..... 66
5. SONUÇ……..... 73
KAYNAKLAR..... 76
EKLER……...
....85
EK 1 2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a* b* renk değerleri.....85
EK 2 2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a* b* renk değerleri.....86
ÖZGEÇMİŞ……...88

SİMGELER DİZİNİ

AAPH	2,2’-azobis- (2-amidinopropan) dihidroklorid
ABAP	2,2’-diazobis-(2-amidinopropan) dihidroklorid
CVD	Kalp-damar hastalıkları
DNA	Deoksiribonükleikasit
DMAPP	Dimetilallildifosfat
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
ET	Elektron transferi
FCR	Folin-Cioceltau reagent
FRAP	Demir indirgeyici antioksidan güç
GGPP	Geranilgeranildifosfat
HPLC	Yüksek performans sıvı kromatografisi
HAT	Hidrojen transferi
IPP	İzopentenildifosfat
LDL	Düşük yoğunluklu lipoprotein
ODS	Oktadesilsilan
ORAC	Oksijen radikali absorbans kapasitesi
TEAC	Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite
TRAP	Toplam radikal yakalama antioksidan parametresi
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Likopenin oluşum mekanizması..... 5

Şekil 2.2 Likopenden karoten ve ksantofillerin oluşum mekanizması 6

Şekil 2.3 13-cis-β-karoten 20

Şekil 2.4 15-cis-β-karoten..... 20

Şekil 2.5 Karotenoidlerin radikal aktivitesini önleme yolları..... 24

Şekil 2.6 Oksijen konsantrasyonu ile karotenoidin antioksidan etkisi arasındaki ilişki..... 25

Şekil 2.7 β-karotenin A vitamini ön maddelerine dönüşümü..... 27

Şekil 3.1 Likopen standart kurvesi..... 41

Şekil 3.2 β-karoten standart kurvesi..... 41

Şekil 3.3 Lutein standart kurvesi..... 41

Şekil 3.4 Domateste karotenoid madde dağılımına ilişkin tipik bir HPLC kromatogramı..... 42

Şekil 3.5 ABTS* radikalinin Trolox standardına ait % inhibisyon kurvesi..... 44

Şekil 3.6 ABTS* radikalinin domates ekstraktına ait % inhibisyon kurvesi..... 44

Şekil 3.7 Domates ekstraktı ilavesinden sonra DPPH* radikalinin absorbansındaki değişim..... 45

Şekil 3.8 DPPH* radikalinin Trolox standardına ait % inhibisyon kurvesi..... 45

Şekil 3.9 L-Askorbik asit standart kurvesi..... 46

Şekil 3.10 Domatesteki L-askorbik asit dağılımına ilişkin HPLC kromatogramı..... 47

Şekil 3.11 Kateşin standart kurvesi..... 48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1	Bazı sebzelerin karotenoid madde dağılımı.....	8
Çizelge 2.2	Bazı meyvelerin karotenoid madde dağılımı.....	11
Çizelge 2.3	Bazı karotenoidlerin UV ve görünür bölgedeki maksimum absorbsiyon dalga boyları, λ_{max}.....	15
Çizelge 2.4	Bazı karotenoidlerin absorbsiyon katsayısı ($A_{1cm}^{\%\,1}$).....	16
Çizelge 2.5	Bazı sebzelerde belirlenen karotenoidlerin *cis*-*trans* dağılımı..	20
Çizelge 2.6	Domates ve domates ürünlerindeki likopen miktarı.....	32
Çizelge 4.1	2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin bazı genel özellikleri.....	49
Çizelge 4.2	2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin bazı genel özellikleri.....	51
Çizelge 4.3	Domates çeşitlerinin bazı genel özelliklerinin yıllara göre değişimi.....	53
Çizelge 4.4	2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinde karotenoid madde dağılımı.....	55
Çizelge 4.5	2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinde karotenoid madde dağılımı.....	57
Çizelge 4.6	Domateste belirlenen likopen, β-karoten ve lutein miktarları...	58
Çizelge 4.7	Domates çeşitlerinde karotenoid madde miktarının yıllara göre değişimi.....	60
Çizelge 4.8	Domateslerde belirlenen L-askorbik asit miktarının çeşitlere ve yıllara göre değişimi.....	63
Çizelge 4.9	Domateslerde belirlenen toplam fenolik madde miktarının çeşitlere ve yıllara göre değişimi.....	65
Çizelge 4.10	Domateslerde TEAC yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitenin çeşitlere ve yıllara göre değişimi.....	68
Çizelge 4.11	Domateslerde DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitenin çeşitlere ve yıllara göre değişimi.....	70

1. GİRİŞ

Karotenoidler, doğada bulunan pigmentler arasında geniş bir dağılım göstermekte ve birçok fonksiyonu nedeniyle önemli bir bileşik grubu olarak dikkat çekmektedir. Karotenoidler, ilk olarak 1831 yılında Weckenroder tarafından havuçlardan izole edilmiştir (Woutersen *et al*. 1999). 1837'de Berzelius'un sonbahar yapraklarındaki sarı renkli bileşikleri ksantofiller olarak isimlendirmesi, karotenoidler ile ilgili araştırmaların başlangıcını oluşturmuştur (Olson and Krinsky 1995).

Karotenoidlerin büyük bir çoğunluğu algler tarafından sentezlenmektedir. Yüksek bitkilerde kloroplastlarda bulunan karotenoidlerin fotosentezde rol oynadığı; bitkiyi ışıktan koruduğu bilinmektedir. Karotenoidler, klorofil içeren tüm bitki dokularında 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 (cardiovasculer diseases, CVD) (Wu *et al.* 2003, Kopsell and Kopsell 2006) ile kanser oluşum riskini azaltmasındaki ve göz sağlığındaki rolünün (Brown *et al*. 1999, Mares-Perlman *et al.* 2001) belirlenmesiyle önemi giderek artmış ve bu konuda yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

Bitkilerdeki karotenoid içeriği üzerine pekçok faktör etki etmektedir. Bazı meyvelerde olgunlaşma, karotenoid içeriğinde önemli değişikliğe neden olmaktadır. Örneğin, domateste olgunlaşma süresince özellikle likopenin artış gösterdiği bildirilmektedir (Thompson *et al.* 2000, Omoni and Aluko 2005). Işık, karotenoidlerin biyosentezini teşvik ettiğinden, bitkinin ışığa maruz kalma derecesi karotenoid konsantrasyonunu etkileyen diğer bir faktördür. Karotenoid oluşumuna iklim, pestisit kullanımı, toprak çeşidi gibi faktörlerin de etki ettiği bildirilmektedir (von Elbe and Schwartz 1996).

Domates, havuç, kımızı biber ve kayısı gibi meyve ve sebzelerin sarı, turuncu ve kırmızı rengi karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. İlk akla gelen örnekler arasında da domates, havuç, kırmızı biber, kayısı gibi sebze ve meyveler gelmektedir (von Elbe and Schwartz 1996). Son yıllarda yüksek likopen içeriği nedeniyle domatesin önemi giderek artmıştır.

Çünkü domateste yüksek miktarda bulunan likopenin diğer karotenoidlere kıyasla antioksidan kapasitesinin daha fazla olduğu (Di Mascio *et al.* 1989, Stahl *et al.* 1998, Rao and Agarwal 1999) ve özellikle de prostat kanseri oluşum riskini engellediği bildirilmektedir (Chan *et al.* 2005, Giovannucci 2005).

Domates, taze tüketiminin yanısıra; domates püresi, domates sosu, domates suyu ve salçası gibi ürünlere de işlenmektedir. Domates, ülkemizin hemen her bölgesinde yetişen, son yıllarda da üretimi özellikle sera koşullarında kesintisiz yaz-kış devam eden bir sebzedir. Yurtiçinde en çok tüketilen sebzelerin başında gelen domates, ihraç ettiğimiz taze sebzeler arasında yer almaktadır. İlk kez Peru'da üretilen domates, Türkiye'de ilk olarak Adana'da yetiştirilmeye başlanmıştır. Ege, Marmara ve Akdeniz bölgeleri, Türkiye toplam domates üretiminin dörtte üçünü gerçekleştirmektedir. Ülkemizde domates üretimi Mayıs-Ekim aylarında tarlada, Ekim-Haziran aylarında ise, serada yapılmaktadır. Dünyada toplam domates üretiminin % 8.6'sı ülkemiz tarafından karşılanmaktadır. 2003 yılı itibariyle Türkiye'de üretilen sebzelerin başında 9 820 000 ton ile domates gelmektedir. Patates (5 300 000 ton), biber (1 790 000 ton), hıyar (1 780 000 ton), kuru soğan (1 750 000 ton) ve patlıcan (935 000 ton) ise domatesten sonra en fazla üretimi yapılan sebzeler arasında yer almaktadır (Anonim 2007)

Ülkemizde domates çeşitlerinin karotenoid madde dağılımına ve antioksidan aktivitesine ilişkin bir çalışma bulunmadığından bu araştırmada, aynı tarladan hasat edilen 16 domates çeşidinin karotenoid madde dağılımı ile antioksidan aktivitesinin 2 yıl süreyle belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, domateslerde bulunan diğer biyoaktif bileşiklerden L-askorbik asit ve toplam fenolik madde içerikleri de saptanmış ve başta karotenoidler olmak üzere biyoaktif bileşiklerin antioksidan aktivite üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, domateslerde CIE-L*a*b* renk sistemi ile belirlenen renk değerleri ile karotenoid madde miktarları arasındaki ilişki de araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Karotenoidlerin Yapısı ve Oluşumu

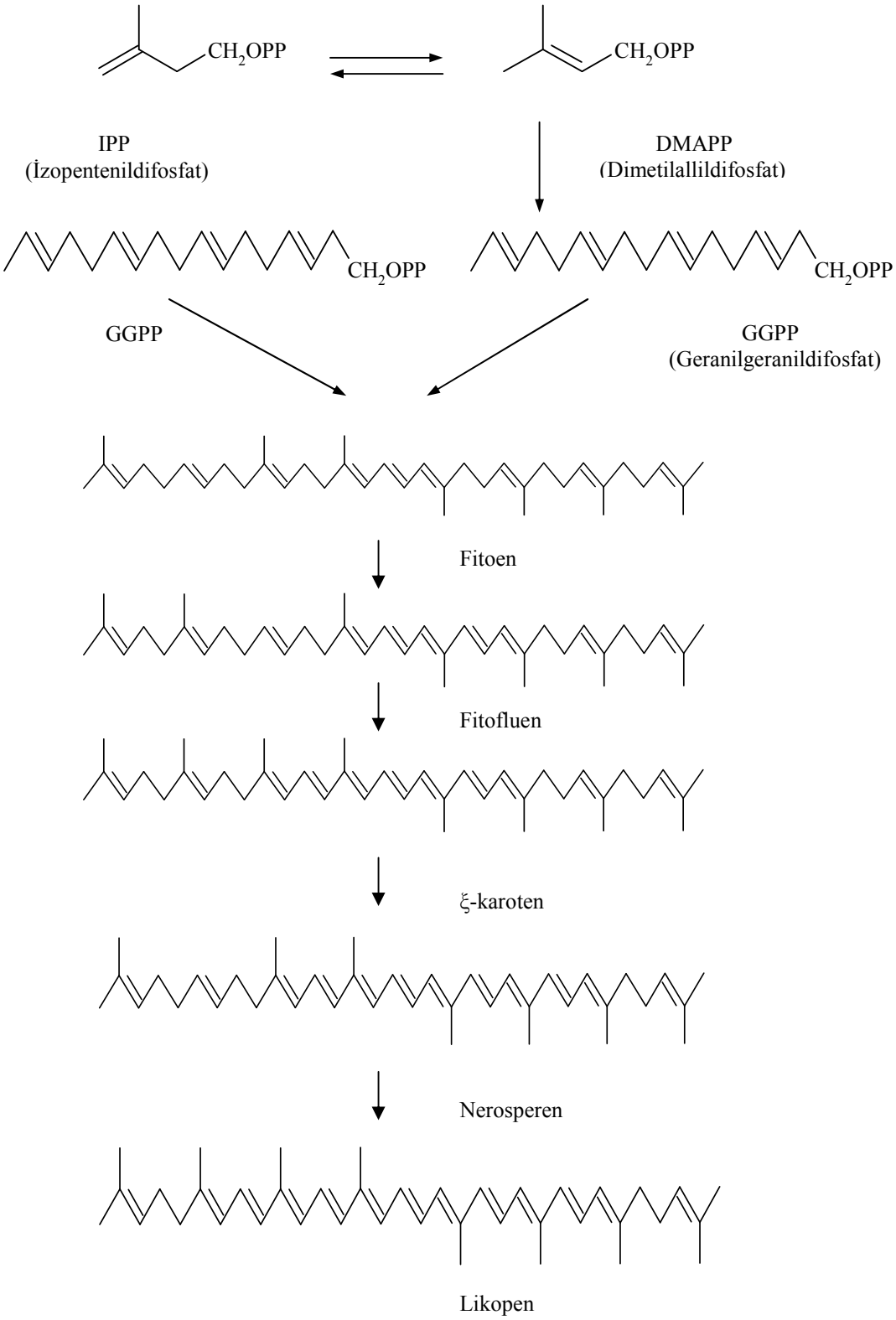
Meyve ve sebzeler, sağlık için gerekli olan vitamin ve minerallerin yanında; beslenmede önem taşıyan diğer gıda bileşenlerini veya fitokimyasalları da içermektedir. Bu fitokimyasallar arasında yer alan gruplardan birisi ise karotenoidlerdir. Karotenoidler, bütün fotosentetik organizmalarda bulunan ve yağda çözünen pigmentlerdir. Doğal bitki pigmentleri arasında, biyolojik yapılarındaki değişmeler ve yüksek seviyedeki yapısal farklılıklarla karotenoidler geniş dağılım göstermektedir. Doğada 600'den fazla karotenoid bulunmasına karşın bunlardan ancak 40 tanesinin düzenli olarak diyetle tüketildiği bildirilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006).

Karotenoidler, ikincil bitki pigmentleridir ve 40 karbonlu izoprenoid polien yapıdan oluşmaktadır. Karotenoidler; lutein, zeaksantin, violaksantin gibi oksijen içeren ksantofiller ile β-karoten, α-karoten, likopen gibi hidrokarbon karotenler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (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.

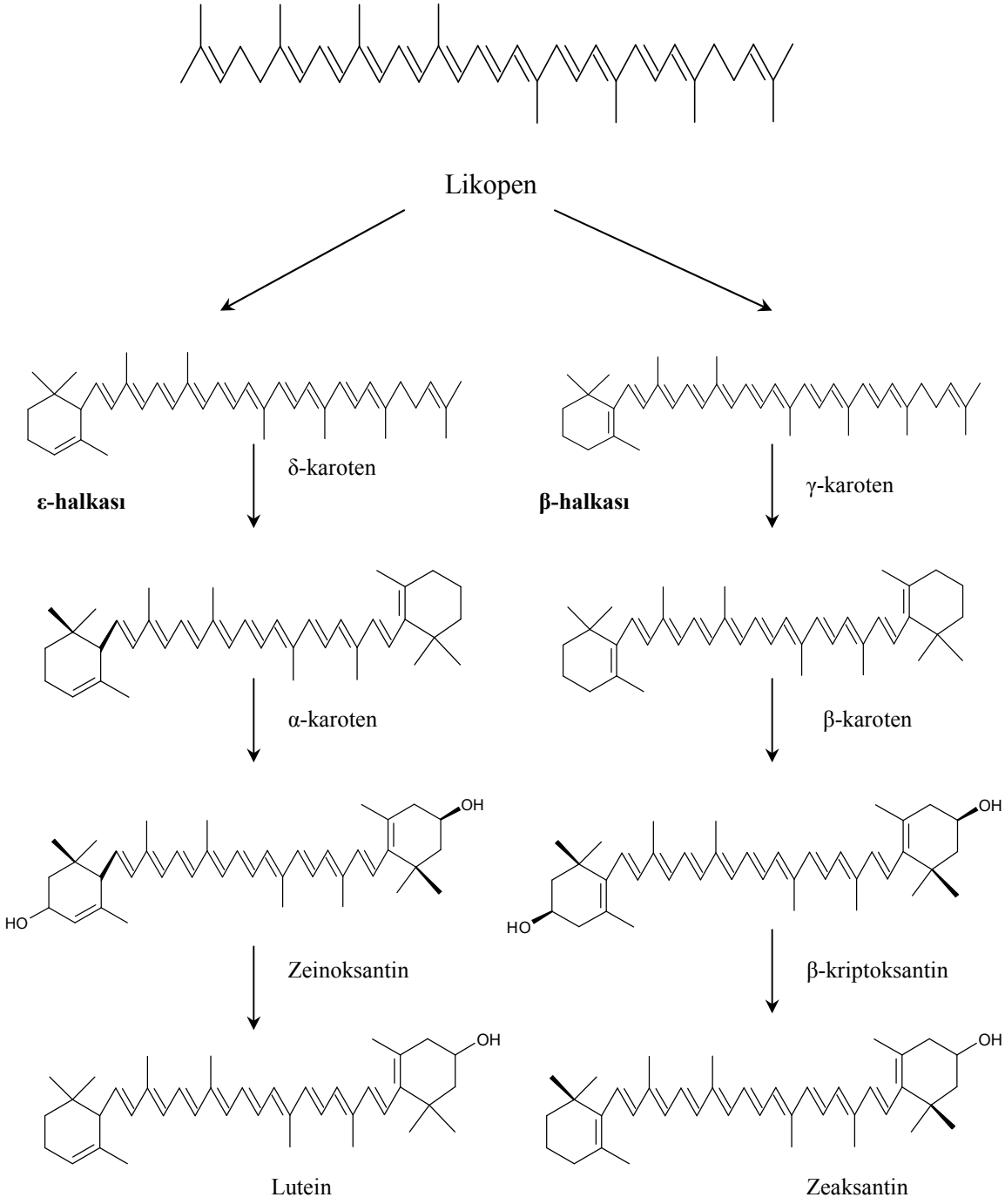
Karotenoidler, hayvanlar tarafından sentezlenememekle birlikte süt ürünleri, yumurta ve balıkta da yaygın olarak bulunmaktadır. Nitekim, yumurta sarısı, somon balığı ve tavuk derisinin rengi karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, hayvanların kırmızı ve sarı renkteki karotenoidleri absorbe etmeleri ile açıklanmaktadır (Simpson 1985). Bazı sebzeler de kendi genleri veya türleri ile ilişkili olarak karotenoidleri oluşturabilmektedir. Örneğin marul (*Lactuca* çeşidi) kloroplastlardaki diğer karotenoidlerin yanında laktukaksantini; sarı mısır (*zeamays*) zeinoksantini; biber (*capsicum*) kapsantin, kapsarubin ve kriptoksantini içermektedir (Kopsell and Kopsell 2006).

Bitki ve hayvanlarda bulunan bazı karotenoidlerin proteinlerle ilişkili olduğu veya proteinlere bağlı bulunduğu bilinmektedir. Karides ve ıstakozun dış kabuğunda bulunan kırmızı renkli astaksantin, proteinle kompleks oluşturduğunda renk maviye dönmektedir. Isıtma ile kompleks bozulmakta ve pigment rengi maviden kırmızıya dönmektedir. Karotenoid-protein kompleksine verilen diğer bir örnek ise ıstakoz yumurtasında bulunan yeşil renkli oveverdin pigmentidir. Karotenoidler, 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 ise yarı-kristal yapılar halinde bulunan karotenoidler tetraterpen olarak da sınıflandırılmaktadır. Nitekim, bütün terpenler 5. karbona bağlanmış izopentandan oluşmaktadır (Kopsell and Kopsell 2006). Karotenoidler, plastidlerde izopentenildifosfattan (IPP) oluşmaktadır. Biyosentezin ilk aşamasında IPP, dimetilallildifosfata (DMAPP) izomerize olmaktadır. DMAPP'den, geranilgeranildifosfatsentaz (GGPPsentaz) enzimi ile 20 karbonlu geranilgeranildifosfat (GGPP) oluşmaktadır. Fitoen sentaz enzimi ile 2 molekül GGPP'nin kondensasyonu sonucu fitoen oluşmaktadır. Fitoen, yapı bakımından birbirine benzeyen fitoen desaturaz ve ζ-karoten desaturaz enzimleri ile bir seri desatürasyon reaksiyonuna uğramaktadır. Herbir reaksiyonda hidrojen iyonlarının yapıdan ayrılmasıyla bir çift bağ meydana gelmekte ve sırasıyla fitofluen, ξ-karoten, nörosperen ve son olarak da likopen oluşmaktadır (Şekil 2.1). Likopen, β-karotenin yapısında bulunduğu gibi 2 adet β-iyonon halkası veya α-karoten ve luteinin yapısında olduğu gibi bir adet β-iyonon halkası ve bir adet ε-halkası içeren karotenoid oluşumu için iki ayrı halkalaşma reaksiyonuna uğramaktadır. Oksijenin katılmasıyla α-karoten ve β-karoten gibi hidrokarbonlar zeinoksantin ve β-kriptoksantin gibi ksantofillere dönüşmektedir (Şekil 2.2) (Kopsell and Kopsell 2006).



Şekil 2.1 Likopenin oluşum mekanizması (Kopsell and Kopsell 2006)



Şekil 2.2 Likopenden karoten ve ksantofillerin oluşum mekanizması (Kopsell and Kopsell 2006)

2.2 Gıdalarda Yaygın Olarak Bulunan Karotenoidler

Karotenoidlerin gıdalardaki dağılımları, sebze (Çizelge 2.1) ve meyvelere (Çizelge 2.2) göre farklılık göstermektedir. Meyve ve sebzelerde en yaygın bulunan karotenoidler arasında β-karoten, lutein, zeaksantin ve likopen yer almaktadır. α-kriptoksantin, β-kriptoksantin, neoksantin, violaksantin ve anteraksantin ise düşük miktarlarda bulunan karotenoidler arasındadır.

2.2.1 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 kolonun takip ettiği aktarılmaktadır (Stahl and Sies 1996).

β-karotenin en önemli özelliği A vitaminine metabolize olmasıdır. 50 farklı karotenoidden β-karotenin en yüksek provitamin A aktivitesine sahip olduğu bilinmektedir (Krinsky and Johnson 2005). Bunun nedeni, diğer karotenoidlerden farklı olarak zincir yapısının her iki ucunda da β-iyonon halkasının bulunmasıdır. β-karotenin temel kaynağı havuçtur ve havuçta bulunan toplam karotenoid madde miktarının % 44-79'unu oluşturmaktadır (Woutersen *et al.* 1999). Havuç dışında β-karoteni içeren başlıca gıdalar arasında maydonoz, tatlı patates, hindiba, kırmızı biber, tatlı kabak, kıvırcık lahana, ıspanak, marul ve pazı gibi sebzeler sayılırken, mango ve kayısı gibi meyveler de β-karotenin diğer kaynakları arasında yer almaktadır (Çizelge 2.1-2.2).

2.2.2 α-karoten

Provitamin A aktivitesi olan α-karoten ise en fazla havuç, domates ve kırmızı biberde bulunmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Bazı sebzelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g)

Sebzeler	β-karoten	α-karoten	β-kriptoks.	α-kriptoks.	Lutein +Zeaks.	Violaks.	Neoksan.	Anteraks.	Likopen	
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 *et al.* (1989)
	0.6-1.2	-	-	-	-	-	-	-	2.8-7.1	Barba *et al.* (2006)
	0.28	-	-	-	0.13	-	-	-	3.92	Khachik *et al.* (1992)
	0.38	-	-	-	0.05	-	-	-	2.73	Konings and Roomans (1997)
	0.39	-	-	-	0.13	-	-	-	3.03	AlvesRodrigues and Shao (2004)
	0.32	-	-	-	0.10	-	-	-	3.54	Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)
	0.74	-	-	-	0.21	-	-	-	4.44	Murkovic *et al.* (2000)
Havuç	4.65-9.02	3.06-4.89	0.012-0.028	0.020-0.026	0.36-0.56	-	-	-	-	Müller (1997)
	7.60	5.3	-	-	0.30	0.014	-	0.014	0.015	Heinonen *et al.* (1989)
	13.00	4.87	-	-	0.298	-	-	-	-	Konings and Roomans (1997)
	6.3-9.6	-	-	-	-	-	-	-	-	Barba *et al.* (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 *et al.* (2000)
Kabak	0.20	-	0.011	0.013	1.33	0.15	0.01	0.031	-	Müller (1997)
	0.47	-	-	-	2.26	-	-	-	0.046	Murkovic *et al.* (2000)
Brokoli	0.28	-	0.011	0.010	0.80	0.18	0.02	-	-	Müller (1997)
	1.00	Çok az	0.024	-	1.80	-	-	-		Heinonen *et al.* (1989)
	0.78	0.001	-	-	2.45	-	-	-	-	Holden *et al.* (1999)
	0.37-2.42	0-0.007	-	-	-	-	-	-	-	Kurilich *et al.* (1999)
	1.24-1.92	-	-	-	2.42-3.5	-	-	-	-	De Sa and Rodriguez-Amaya (2004)
	0.63	-	-	-	1.05	-	-	-	-	Zhang and Hamauzu (2004)
	0.55				0.78					Murkovic *et al.* (2000)
Fasulye	0.25	0.03	0.014	0.007	0.76	0.10	-	0.035	0.024	Müller (1997)
	0.306	-	-	-	0.479	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.18	0.039	-	-	0.44	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.49	0.065	0.019	-	0.76	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)
Patlıcan	1.11	-	-	-	0.17	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)

Çizelge 2.1 Bazı sebzelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g) (devam)

Sebzeler	β-karoten	α-karoten	β-kriptoks.	α-kriptoks.	Lutein +Zeaks.	Violaks.	Neoksan.	Anteraks.	Likopen	
Soğan	0.002	-	-	-	0.015	0.003	-	0.001	-	Müller (1997)
Yeşil biber	0.10	0.01	0.002	0.005	0.41	0.12	0.012	0.025	-	Müller (1997)
	0.24	-	-	-	0.66	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.24	Çok az	-	-	0.70	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	Barba *et al.* (2006)
	0.27	-	-	-	0.77	0.46	0.31	-	-	Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)
Karnabahar	0.002	-	0.001	-	0.015	0.009	-	0.001	-	Müller (1997)
	0.011	Çok az	-	-	0.033	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.07-0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	Kurilich *et al.* (1999)
Kırmızı biber	3.25	0.51	1.01	0.12	2.20	-	-	1.67	0.13	Müller (1997)
	0.22	0.167	0.090	-	2.111	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	2.90	-	-	-	-	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.50-1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	Barba *et al.* (2006)
Patates	0.005	-	0.003	-	0.116	0.18	0.014	0.13	-	Müller (1997)
	0.032	-	-	-	0.013	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.077	Çok az	-	-	0.060	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Tatlı patates	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 *et al.* (1989)
	3.25	0.09	-	-	9.89	3.04	0.16	0.45	-	Müller (1997)
	0.9	-	-	-	5.00	-	-	-	-	Konings and Roomans (1997)
	4.81	-	-	-	5.93	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)
Maydonoz	3.51	-	-	-	5.81	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	5.50	0.17	0.11	0.09	14.12	3.59	0.37	0.66	-	Müller (1997)
	5.60	-	-		10.20	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	4.62	-	-	-	6.40	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)
Iceberg	0.33	-	0.006	-	0.69	0.33	-	0.033	-	Müller (1997)
	0.074	-	-	-	0.11	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
Mısır	0.05	-	-	-	0.514	-	-	-	-	Konings and Roomans (1997)
Bezelye	0.25	-	-	-	1.91	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)

Çizelge 2.1 Bazı sebzelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g) (devam)

Sebzeler	β-karoten	α-karoten	β-kriptoks.	α-kriptoks.	Lutein +Zeaks.	Violaks.	Neoksan.	Anteraks.	Likopen	
Turp	0.072	Çok az	-	-	Çok az	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Beyaz lahana	0.051	-	-	-	0.08	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.066	Çok az	-	-	0.15	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.021	-	0.002	0.002	0.084	0.07	0.014	-	-	Müller (1997)
	0.41	-	-	-	0.45	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)
Kıvırcık lahana	7.28	0.15	0.12	0.07	18.63	5.81	0.66	0.64	-	Müller (1997)
	9.23	-	-	-	39.55					Holden *et al.* (1999)
	3.65-6.08	0.05-0.07	-	-	-	-	-	-	-	Kurilich *et al.* (1999)
	2.84-4.38	-	-	-	3.04-5.26	-	-	-	-	De Sa and Rodriguez-Amaya (2004)
Kırmızı lahana	0.015	Çok az	-	-	0.026	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.05	-	0.001	-	0.15	0.08	0.058	0.014	-	Müller (1997)
Marul	1.29	0.04	0.03		2.92	2.36	0.14	-	-	Müller (1997)
	0.52-2.96	-	-	-	1.0-3.09	1.25-3.73	0.66-1.92	-	-	De Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya (2005)
Brüksel lahanası	0.63	0.05	-	-	2.71	1.07	0.28	-	-	Müller (1997)
	0.43	-	-	-	0.92	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.45	0.006	-	-	1.59	-	-	-	-	Holden *et al.* (1999)
	0.77-1.02	0-0.01	-	-	-	-	-	-	-	Kurilich *et al.* (1999)
Pırasa	1.00	-	-	-	1.90	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.069	-	-	-	0.161	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	3.19	-	-	-	3.68	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (2000)
Hıyar	0.13	Çok az	-	-	0.47	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.22	-	-	-	0.67	-	-	-	-	Hart and Scott (1995)
	0.27	-	-	-	0.84	-	-	-	-	Murkovic *et al.* (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	0.97-0.99	0.49-0.58	-	-	De Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya (2005)
	3.78-4.35	-	-	-	4.94-6.15	2.35-2.88	2.0-2.2	-	-	De Azevedo-Meleiro and Rodriguez-Amaya (2005)
Balkabağı	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	Lugasi *et al.* (2003)
	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38-0.46	Omoni and Aluko (2005)
	0.07-1.02	-	0.0025-	-	0.07-5.99		-	-	0.079	Murkovic *et al.* (2000)

Çizelge 2.2 Bazı meyvelerin karotenoid madde dağılımı (mg/100g)

Meyveler	β-karoten	α-karoten	β-kriptoks.	α-kriptoks.	Lutein+zeaks.	Violaks.	Neoks.	Anteraks.	Likopen	
Çilek	0.0049	-	-	-	0.021	-	-	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.0089	-	-	-	0.031	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.005	0.0002	0.0005	0.0004	0.04	0.003	0.002	0.0004	-	Müller (1997)
Kırmızı frenk üzümü	0.013	-	-	-	0.0318	-	-	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.025	-	-	-	0.047	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.009	0.003	-	-	0.072	-	0.003	0.007	-	Müller (1997)
Siyah frenk üzümü	0.062	-	-	-	0.2157	-	-	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.099	Çok az	-	-	0.44	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.014	-	0.003	0.003	0.18	0.011	0.014	0.006	-	Müller (1997)
Yaban mersini	0.049	-	0.0051	-	0.244	-	-	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.009	-	0.002	-	0.14	0.012	0.005	-	-	Müller (1997)
	0.047	Çok az	-	-	0.26	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Böğürtlen	0.10	0.0092	0.030	-	0.299	-	-	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.11	0.02	0.008	0.005	0.65	-	0.009	0.02	-	Müller (1997)
Ahududu	0.0093	0.024	0.0059	-	0.331	-	-	-	-	Marinova and Ribarova (2007)
	0.0064	0.013	-	-	0.076	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Armut	0.017	-	-	-	0.110	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Portakal	0.038	0.019	-	-	0.027	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Mandalina	0.038	0.020	-	-	0.020	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	-	-	0.92	-	-	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Greypfrut	0.0023	Çok az	0.0033	-	0.0095	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Pembe greypfrut	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	Lugasi *et al.* (2003)
	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35-3.36	Omoni and Aluko (2005)
Limon	0.0034	-	-	-	0.012	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Erik	0.43	-	-	-	0.24	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)

Çizelge 2.2 Bazı meyvelerin karotenoid madde dağılımı (devam)

Meyveler	β-karoten	α-karoten	β-kriptoks.	α-kriptoks	Lutein+zeaks.	Violaks.	Neoks.	Anteraks.	Likopen	
Şeftali	0.086	Çok az	0.051	-	0.014	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	Lugasi *et al.* (2003)
Kayısı	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01-0.05	Lugasi *et al.* (2003)
	2.6	-		-	-	-	-	-	-	Krinsky and Johnson (2005)
Muz	0.014	0.012	-	-	0.0033	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.042-0.13	0.068-0.15	-	-	0.086-0.192		-		-	Wall (2006)
Avakado	0.034	-	0.038	-	0.32	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.04	0.010	0.02	0.008	0.23	-	0.007	-		Müller (1997)
Kivi	0.043	-	0.0037	-	0.18	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.012	-	-	-	0.14	0.02	-	-	-	Müller (1997)
Üzüm	0.033	Çok az	-	-	0.072				-	Heinonen *et al.* (1989)
	0.003	0.0003	0.0005	-	0.013	0.001	0.003	0.003	-	Müller (1997)
Karpuz	0.23	Çok az	-	-	0.014	-	-	-	4.5	Heinonen *et al.* (1989)
	0.1-1.1	-	-	-	-	-	-	-	6.5-7.3	Barba *et al.* (2006)
	-	-	-	-	-	-	-	-	2.3-7.2	Omoni and Aluko (2005)
	-	-	-	-	-	-	-	-	4.77	Lugasi *et al.* (2003)
Pembe guava	-	-	-	-	-	-	-	-	5.23-5.50	Omoni and Aluko (2005)
Papaya	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11-5.3	Omoni and Aluko (2005)
	0.081-0.41	-	0.288-1.034	-	0.093-0.318	-	-	-	1.35-3.67	Wall (2006)
	0.38	0.05	0.08	0.04	0.017	0.009	-	0.008	2.07	Müller (1997)
Mango (konserve)	13.1	-	-	-	-	-	-	-	-	Krinsky and Johnson (2005)
Ravent	0.061	-	-	-	0.17	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)
Kuşburnu	-	-	-	-	-	-	-	-	12.9-22.93	Böhm *et al.* (2003)
	7.2	-	1.75	-	0.92	0.25	0.15	-	11.12	Razungles *et al.* (1989)
Kızılcık	0.022	Çok az	-	-	0.028	-	-	-	-	Heinonen *et al.* (1989)

2.2.3 Likopen

Likopen, halka yapısı göstermeyen düz zincir yapıda bir hidrokarbon bileşiktir ve 13 adet çift bağ içermektedir. Konjuge çift bağ sayısı 11 olan likopenin, 2^{11} adet geometrik konfigürasyonu bulunmaktadır (Shao and Hathcock 2006). Likopen, domateste en fazla bulunan karotenoid olup domateste bulunan pigmentlerin % 80-90'nını oluşturmaktadır. Ancak, taze domatesteki likopen miktarının çeşide ve olgunluk durumuna göre değiştiği bilinmektedir (Omoni and Aluko 2005). Örneğin; domatesteki likopenin ham yeşil ve rengin hafif pembeye döndüğü evrelerde sırasıyla 10 ve 370 μg/100g; sert kırmızı dönemde (% 90'nın 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 greypfrut, havuç ve balkabağı ise likopenin diğer kaynakları arasında yer almaktadır (Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2).

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 (1.28-5.72 nmol/g yaş ağırlık), böbrek (0.15-0.62 nmol/g yaş ağırlık), yumurtalık (0.25-0.28 nmol/g yaş ağırlık), akciğer (0.22-0.57 nmol/g yaş ağırlık), kolon (0.31 nmol/g yaş ağırlık), meme (0.78 nmol/g yaş ağırlık) ve deride de (0.42 nmol/g yaş ağırlık) bulunmaktadır (Stahl and Sies 1996).

2.2.4 Lutein ve Zeaksantin

Lutein ve stereoizomeri 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 lahana, maydonoz, ıspanak, marul, brokoli, tatlı mısır, fasulye, yeşil biber, hindiba, kivi, avakado, erik, ravent, yaban mersini, ahududu, böğürtlen, siyah frenk üzümü lutein ve zeaksantinin kaynakları arasında sayılmaktadır (Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2).

2.3 Karotenoidlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

2.3.1 Karotenoidlerin ışık absorbsiyonu

Karotenoidler, yüksek bitkilerde hücre plastidlerinde sentezlenmektedir ve tilakoid zarda bulunan ışığı absorbe eden bileşiklerle ilişkilidirler. Konjuge çift bağ sistemi, karotenoidlere çekici rengi veren ve ışığın absorblanmasını sağlayan kromofor yapıyı oluşturmaktadır. Bu yapı, karotenoidlerin belirlenmesinde ve tanımlanmasında kullanılan absorbsiyon spektrumunu oluşturmaktadır. Absorbsiyon spektrumu, karotenoidlerin görünür ve UV bölgedeki ışığı maksimum düzeyde absorbe ettiği dalga boylarını (λ_{max}) göstermektedir. Ultraviyole ve visible spektrum, karotenoidlerin tanımlanması için kullanılan ilk yöntemdir. Karotenoidlerin maksimum absorbans verdiği ışığın dalga boyu ve spektrum şekli kromofor yapının karakteristik özelliğini yansıtmaktadır. Bilinen karotenoidlerin farklı solventlerde ışığı maksimum absorbladığı dalga boyu değerleri Çizelge 2.3'de gösterilmektedir. Birçok karotenoid 3 dalga boyunda ışığı maksimum düzeyde absorblamakta ve spektrumunda 3 tane pik ortaya çıkmaktadır (Rodriguez-Amaya 2001).

Konjuge çift bağ sayısı arttıkça λ_{max} değeri de yükselmektedir. Doymamışlık derecesi en fazla olan asiklik karotenoid likopenin rengi kırmızıdır ve petrol eterinde λ_{max} değerleri 444, 470 ve 502 nm olarak belirlenmiştir. Asiklik yapıda ve 7 konjuge çift bağı bulunan ζ-karoten ise açık sarı renktedir ve spektrumunda piklerin oluştuğu dalga boyları likopenin spektrumunda elde edilen dalga boylarına kıyasla daha düşüktür (378, 400 ve

425 nm). Bir karotenoidin farkına varılabilir renge sahip olması için en azından 7 adet konjuge çift bağa sahip olması gerekmektedir. Yapısında sırasıyla 3 ve 5 konjuge çift bağ içeren fitoen ve fitofluen renksizdir ve λ_{max} değerleri sırasıyla 276, 286 ve 297 nm ile 331, 348 ve 367 nm'dir (Rodriguez-Amaya 2001).

Çizelge 2.3. Bazı karotenoidlerin UV ve görünür bölgedeki maksimum absorbsiyon dalga boyları, λ_{max} (Rodriguez-Amaya 2001)

Karotenoid	Solvent	λ_{max}, nm		
α-karoten	Aseton	424	448	476
	Kloroform	433	457	484
	Etanol	423	444	473
	Hekzan, petrol eter	422	445	473
β-karoten	Aseton	429	452	478
	Kloroform	435	461	485
	Etanol	425	450	478
	Hekzan, petrol eter	425	450	477
Lutein	Kloroform	435	458	485
	Etanol	422	445	474
	Petrol eter	421	445	474
Likopen	Aseton	448	474	505
	Kloroform	458	484	518
	Etanol	446	472	503
	Petrol eter	444	470	502
	Hekzan		472	
ζ-karoten	Etanol	377	399	425
	Hekzan, petrol eter	378	400	425
Fitofluen	Hekzan, petrol eter	331	348	367
Fitoen	Hekzan, petrol eter	276	286	297

Karotenoidlerin konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan absorbsiyon katsayısı $A_{1cm}^{1\%}$ ($a_{1cm}^{1\%}$, $E_{1cm}^{1\%}$) farklı solventlere göre değişkenlik göstermektedir (Çizelge 2.4). Absorbsiyon katsayısı, karotenoidlerin % 1'lik çözeltisinin belirli dalga boyunda 1 cm ışıkyolu olan spektro küvetindeki absorbans değerini ifade etmektedir. Beer-

Lambert kanuna göre, çözeltideki karotenoidlerin absorbans değerleri konsantrasyonlarıyla doğru orantılıdır (Rodriguez-Amaya 2001).

Çizelge 2.4 Bazı karotenoidlerin absorbsiyon katsayısı ($A_{1\ cm}^{1\%}$) (Hart and Scott 1995)

Karotenoid	**Çözelti**	**$A_{1\ cm}^{1\%}$**
Lutein	Etanol	2550
Zeaksantin	Hekzan	2480
β-kriptoksantin	Hekzan	2460
Likopen	Hekzan	3450
α-karoten	Hekzan	2800
β-karoten	Hekzan	2560

2.3.2 Karotenoidlerin stabilitesi

Karotenoidlerin; meyve ve sebzelerin ambalajlanması, taşınması ve normal koşullarda depolanması sırasında kısmen stabil olduğu bildirilmektedir. Dondurma işlemi karotenoid içeriğinde çok az bir değişime neden olurken; haşlama, karotenoid miktarını önemli oranda etkilemektedir. Haşlanan ürünlerde karotenoid içeriğinin tazelerine kıyasla arttığı ileri sürülmektedir. Nitekim, haşlama sırasında uygulanan ılımlı ısıtma ile karotenoid ekstraksiyonunun taze ürün ekstraksiyonuna kıyasla daha fazla gerçekleştiği bildirilmektedir (von Elbe and Schwartz 1996).

Karotenlerin ısıl işleme karşı stabil olduğu bilinmektedir. Ancak, son yıllarda ısıl sterilizasyonun *trans/cis* izomerizasyonunu teşvik ettiği belirtilmektedir. İzomerizasyon, ısıl işlemde uygulanan sıcaklık ve sürenin optimize edilmesi ile minimize edilebilmektedir. Ekstrüzyon pişirme ve yüksek sıcaklıkta yağda ısıtmanın karotenoidlerin parçalanmasına neden olduğu; yüksek sıcaklıkta uçucu özellikte parçalanma bileşiklerinin meydana geldiği bildirilmektedir (von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerin, düşük sıcaklıktaki depolama koşullarında da izomerizasyona uğradığı ve parçalandığı bilinmektedir. Örneğin; karanlıkta ve ışıkta 4 °C, 25 °C ve

35 °C'de 12 hafta depolanan domates sularında ışığın, all-*trans* luteinin izomerizasyonunu ve degradasyonunu artırdığı belirtilmektedir. Benzer sonuçların likopen ve β-karoten için de geçerli olduğu saptanmıştır (Lin and Chen 2005).

Domates ürünlerinin işlenmesi ve depolanması ile likopenin parçalandığı bilinmektedir. 6 °C ve 45 °C sıcaklıklarda ve floresan ışıkta 6 hafta depolanan ticari olarak üretilen 2 ayrı domates tozunda depolama başlangıcında ve sonunda likopenin kayba uğradığı; pekçok parçalanma bileşiğinin oluştuğu saptanmıştır. Likopenin 6 hafta sonunda 45 °C'de % 60'nın; düşük sıcaklıkta depolamada ise yaklaşık % 30'nun parçalandığı belirtilmektedir. Likopende gözlenen bu kaybın, izomerizasyon ve oksidasyondan kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Anguelova and Warthesen 2000). Nitekim, işlem görmüş domates ürünlerinde genellikle likopen izomerizasyonunun toplam likopen içeriğinde ve all-*trans* likopen oranında azalmaya; renk kaybına ve off-flavor oluşumuna neden olduğu bilinmektedir Çünkü; izomerizasyona paralel olarak all-*trans* likopen ve *cis*-likopenin otooksidasyona uğradığı ve dolayısıyla lezzeti olumsuz etkileyen uçucu özellikteki aldehit ve ketonlar gibi küçük moleküllü bileşiklerin oluştuğu bildirilmektedir (Anguelova and Warthesen 2000).

Domatese farklı kurutma tekniklerinin uygulandığı bir araştırmada, domatesteki *trans* likopenin azaldığı, *cis* likopenin ise arttığı belirtilmektedir. Sıcak hava ile kurutulan domateslerin toplam likopen içeriğinde meydana gelen azalmanın oksidasyondan ve izomerizasyondan kaynaklandığı bildirilmektedir. Buna karşılık, ozmotik çözeltiden geçirilen domateslerin kurutulması sonucunda oksidasyonun engellendiği aktarılmaktadır. Bu durum, ozmotik çözeltideki şekerin domates yüzeyi ile oksijenin temasını kesmesi şeklinde açıklanmaktadır (Shi *et al.* 1999).

Isı, ışık ve oksidasyon gibi faktörlerin etkisi ile meydana gelen karotenoid kaybının birinci ya da pseudo birinci dereceden kinetiğe göre geliştiği aktarılmaktadır. Nitekim, farklı sıcaklıklarda depolanan kurutulmuş havuçlardaki β-karotenin birinci dereceden reaksiyon kinetiğine göre kayba uğradığı saptanmıştır (Baloch *et al.* 1977, Koca *et al.* 2007). Wagner and Warthesen (1995) de, α-karoten ve β-karotenin parçalanmasının

birinci dereceden reaksiyon kinetiğine göre gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Sebze suyu ile yapılan diğer bir çalışmada da α-karoten ve β-karotenin birinci dereceden reaksiyona göre kayba uğradığı bildirilmektedir (Pesek and Warthesen 1987). Domates pulpunun 100 °C sıcaklıkta farklı koşullarda ısıtılması sonucunda likopenin pseudo birinci dereceden kinetiği göre parçalandığı belirlenmiştir (Sharma and Le Maguer 1996). Farklı nem içeriklerindeki domates pulpunun farklı sıcaklıklarda ısıtılması ile oluşan likopen degradasyonunun da birinci dereceden tepkime kinetiğine göre gerçekleştiği aktarılmaktadır. Nem içeriği % 95'ten % 55'e düştükçe reaksiyon hızının azaldığı sonucuna varılmıştır. Suda çözünür bazı bileşiklerin parçalanma prosesine katalize edici madde olarak katılabileceği; bu katalitik etkinin genellikle serbest suyun uzaklaştırılması ile azaldığı ileri sürülmektedir. Nitekim; domates pulpunun nem içeriği % 50-55'e düştükçe parçalanma hızının minimum düzeyde olduğu saptanmıştır (Goula *et al*. 2006).

2.3.2.1 Karotenoidlerin oksidasyonu

Karotenoidlerin oksidasyona uğraması yapılarındaki çift bağlardan kaynaklanmaktadır. 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 otooksidasyonu ve izomerizasyonuna etki eden en önemli faktörler arasında yer aldığı belirtilmektedir. Karotenoidlerin oksidasyona duyarlılığının farklılık gösterdiği ve ζ-karoten, lutein ve violaksantinin oksidasyona karşı daha duyarlı olduğu bildirilmektedir (Rodriguez-Amaya 2001).

Karotenoidlerin oksidasyonunda ilk olarak kısa karbon zincir yapıdaki epoksit ve apokarotenoidler oluşmaktadır. Epoksit oluşumu genellikle karotenoid zincirinin sonunda meydana gelmektedir. Provitamin A karotenoidlerinin halka yapısındaki epoksit oluşumu, provitamin A aktivitelerinde kayba neden olmaktadır. İleri oksidasyon aşamasında ise karotenoid renginde açılma ve kayıp görülmektedir. Oksidasyonun son aşamasında yağ asidi oksidasyonunda oluşan bileşiklere benzer düşük molekül

ağırlığındaki bileşikler meydana gelmektedir. Enzimlerin, özellikle de lipoksigenaz enziminin 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). Karotenoidlerdeki oksidatif değişimlerde lipoksigenaz dışında rol oynayan enzimler arasında katalaz ve peroksidazın da bulunduğu bildirilmektedir. Bu enzimlerin doku içinde inaktif olarak bulunduğu; proses sırasındaki farklı işlemler ile enzim-substrat ilişkisinin aktive olmasıyla karotenoidlerin oksidatif parçalanmasına neden olduğu belirtilmektedir. Karotenoidlerdeki oksidatif değişmeler; haşlama, dondurma, kurutma gibi işlemlerde meydana gelebilmektedir (Simpson 1985). Havuç ve patates dilimlerinde olduğu gibi kurutulan ürünlerde yüzey alanının kütleye oranı fazla olduğundan hava ile temasın arttığı ve dolayısıyla karotenoidlerin oksidasyona daha duyarlı olduğu belirtilmektedir (von Elbe and Schwartz 1996).

Gıdalardaki karotenoid oksidasyonunun genellikle doymamış yağ asidi ile ilişkili olduğu ve otokatalitik gerçekleştiği bildirilmektedir. Lipit oksidasyonunun başlangıç aşamasında oluşan peroksit radikallerinin karotenoidlerin hidrojeni ile reaksiyona girdiği aktarılmaktadır. Su aktivitesi (a_w), oksijen, ısı ve bazı metaller, peroksit radikal oluşumunu katalizlediğinden, bu faktörlerin karotenoid oksidasyonunda rol oynadığı bildirilmektedir (Simpson 1985).

2.3.2.2 Karotenoidlerin cis-trans izomerizasyonu

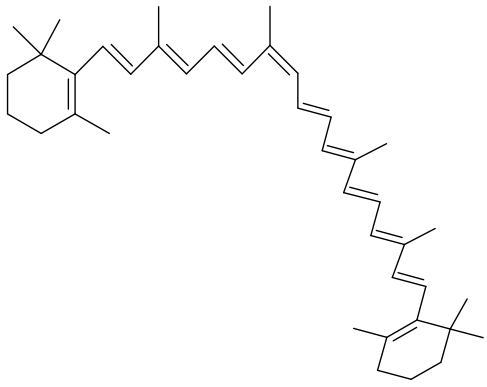
Karotenoidler, doğada yaygın olarak all-*trans* formunda bulunmaktadır (von Doering *et al.* 1995). Ancak, all-*trans* karotenoidler ısı, ışık ve kimyasal izomerizasyona duyarlıdır. Bununla birlikte yüksek bitkilerde bulunan izomeraz enziminin de *cis-trans* dönüşümünü düzenlediği bilinmektedir. *Cis* izomerlerin özellikle klorofil içeren bitkilerde bulunduğuna dair yeterli kanıt olduğu aktarılmaktadır (Chandler and Schwartz 1987, Chen and Chen 1993). Çizelge 2.5'de, karotenoidlerin bazı sebzelerdeki *cis* ve *trans* izomerlerinin dağılımı görülmektedir.

Fitoenin 15-cis-izomeri, likopenin ise all-*trans* izomeri gıdalarda bulunan yaygın formudur. Nitekim, likopenin taze ve işlem görmüş domateste çoğunlukla all-*trans* izomeri halinde bulunduğu bilinmektedir. *Cis* izomerler, doğal olarak oluşumunun yanında gıdanın işlenmesi ile de meydana gelmektedir. *Cis-trans* izomerizasyonu, genellikle homolitik veya heterolitik olarak 9, 13 ve 15'nci karbon atomundaki çift bağın kırılması ile oluşmaktadır. β-karotenin 13-*cis* ve 15-*cis* formları sırasıyla Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'de görülmektedir.

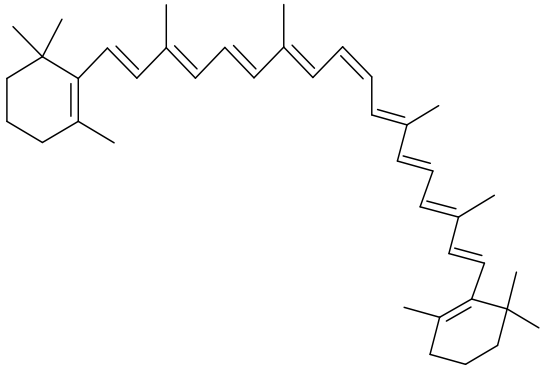
Çizelge 2.5 Bazı sebzelerde belirlenen karotenoidlerin *cis-trans** dağılımı (Kopsell and Kopsell 2006)

Sebze	Belirlenen karotenoidler
Bezelye	All-*trans* β-karoten, **all-*trans* lutein**, 9-*cis* lutein, 9'-*cis* lutein, 13-*cis* lutein, all-*trans* lutein epoksit, all-*trans* violaksantin, all-*trans* zeaksantin, 9-*cis* zeaksantin, 13-*cis* zeaksantin
Brokoli	All-*trans* β-karoten, **all-*trans* lutein**, 9-*cis* lutein, 13-*cis* lutein, all-*trans* neoksantin, 9-*cis* zeaksantin, 13-*cis* zeaksantin
Havuç	All-*trans* α-karoten, **all-*trans* β-karoten**, lutein, likopen
Mısır	**All-*trans* zeaksantin**, 9-*cis* zeaksantin, all-*trans* lutein, 9-*cis* lutein
Kıvırcık lahana	All-*trans* β-karoten, **all-*trans* lutein**, 9-*cis* lutein, 13-*cis* lutein, all-*trans* neoksantin, 9-*cis* zeaksantin, 13-*cis* zeaksantin
Marul	**All-*trans* β-karoten**, **laktukaksantin, all-*trans* lutein**, 9-*cis* lutein, all-*trans*-zeaksantin**,** 13-*cis*-lutein, 9-*cis* zeaksantin, 13-*cis* zeaksantin
Ispanak	All-*trans* β-karoten, **all-*trans* lutein**, 9-*cis* lutein, all-*trans* neoksantin, 9-*cis* zeaksantin, 13-*cis* zeaksantin, 13-*cis*-lutein
Domates	All-*trans* β-karoten, **all-*trans* likopen**, all-*trans* lutein, all-*trans*-γ-karoten, all-*trans*-δ-karoten

*: Koyu renkte yazılan karotenoidler belirtilen gıdalarda en fazla bulunan karotenoidi göstermektedir



Şekil 2.3 13-cis-β-karoten



Şekil 2.4 15-cis-β-karoten

Isı, ışık, triplet sensitizerlar (klorofil gibi) ve kinonlar gibi elektrofilik bileşikler gıdalardaki karotenoid izomerizasyonuna en fazla etki eden faktörlerdir. Örneğin; 4 °C'de karanlıkta depolanan domates sularında başlıca 15-*cis*-likopenin oluştuğu, aynı sıcaklıkta ışıkta depolanan örneklerde ise 15-*cis*-likopen ile birlikte 13-*cis*-likopenin de meydana geldiği saptanmıştır. 25 °C'de ışıkta depolamada yine 13-*cis*-likopen ve 15-*cis*-likopen belirlenirken; karanlıkta ve aynı sıcaklıkta depolanan örneklerde 9-*cis*-likopen ve 13-*cis*-likopen saptanmıştır. 35 °C'de karanlıkta depolanan örneklerde başlıca 5-*cis*-likopen ve 13-*cis*-likopenin; aynı sıcaklıkta ışıkta depolanan domates sularında ise 9-*cis* ve di-*cis*-likopenin oluştuğu bildirilmektedir. Di-*cis*-β-karoten, 9-*cis*-β-karoten ve 13-*cis*-β-karotenin de oluşumunun ışıkta teşvik edildiği saptanmıştır (Lin and Chen 2005). Ayrıca, havuç suyunun karanlıkta depolanması ile başlıca 13-*cis*-izomerin; ışıkta depolanması ile de 9-*cis*-β-karotenin oluştuğu belirtilmektedir (Chen *et al.* 1996).

Cis izomerlerin genellikle *trans* izomerlerine kıyasla daha az stabil olduğu ve düşük kristalizasyon eğiliminden dolayı daha düşük erime noktasına sahip olduğu belirtilmektedir. β-karotenin *cis* izomerinin *trans* izomerine kıyasla, hekzan ve petrol eteri gibi polar olmayan çözücülerde daha iyi çözündüğü bildirilmektedir. *Cis*-karotenoidlerin UV spektrumunun 330-350 nm dalga boyu aralığında maksimum absorbans gösterdiği bilinmektedir. Karotenoidlerin *trans*-*cis* izomerizasyonunun renk yoğunluğunda da azalmaya neden olduğu belirtilmektedir. Karotenoidlerin izomerik yapıları, A vitamini aktivitesi yönünden de farklılık göstermektedir. All-*trans* β-karoten, 2 tane β-iyonon halkası içerdiğinden provitamin A aktivitesi % 100'dür. Buna karşılık, 13-*cis*-β-karoten ve 9-*cis*-β-karotenin sırasıyla % 53 ve % 38 düzeyinde provitamin A aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim, karotenoidlerin geometrisinin biyoyararlılığı etkileyen en önemli faktör olduğu bildirilmektedir. Provitamin A aktivitesi ile biyoyararlılık dışında, *trans*-*cis* izomerizasyonu antioksidan kapasiteyi de etkilemektedir. β-karotenin *cis* izomerinin tekli oksijeni yakalama kapasitesinin all-*trans* izomerine kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca, reaktif oksijen türlerine maruz bırakıldıklarında 9-*cis*-β-karotenin all-*trans* izomere kıyasla daha hızlı parçalandığını belirlemişlerdir (Schieber and Carle 2005).

Cis ve *trans* izomerlerinin bağırsaktaki absorbsiyonu farklılık göstermektedir. İnsan ve hayvan dokularında daha çok likopenin *cis* izomerinin bulunması, *cis*-izomerin bağırsak absorbsiyonunda daha fazla tercih edildiği şeklinde yorumlanmaktadır. Bu durum, β-karotenin izomerik formları için ise tersi durumundadır. Vücutta, *trans* β-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* β-karotenin *cis* izomere kıyasla insanlarda tercihen absorbe edildiği saptanmıştır (Stahl *et al.* 1993, Gaziano *et al.* 1995). Ayrıca, hayvanlarda yapılan çalışmalar, all-*trans* β-karoten biyoyararlılığının; 9-*cis* ve 13-*cis* izomerlere kıyasla daha fazla olduğunu göstermiştir (Deming *et al.* 2002).

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). Gıdalarda daha çok all-*trans* formunda bulunan likopenin; insan vücudunda izomerik oranının *cis* izomere doğru kayması, yüksek oranda *cis*-izomeri içeren ısıl işlem görmüş domates ürünlerinin tüketimine bağlanmaktadır. Birçok çalışma, domates ürünlerinin ısıtılması ile *cis*-izomer miktarının arttığını belirtmektedir. Buna karşılık; Nguyen *et al*. (2001), domatesin prosesi sonrasında likopenin izomerik oranının değişmediğini aktarmaktadır. Prosesin izomerizasyona etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; havuç suyu üretiminde asitlendirmenin (pH 4) *trans*-*cis* izomerizasyonunu etkilemediği saptanmıştır (Chen *et al.* 1995). Yüksek konsantrasyonda kuvvetli asitlerin kullanılması halinde ise karotenoid izomerizasyonunun gerçekleştiği bildirilmektedir (Mortensen and Skibsted 2000). Havuç suyunun 100 °C'deki pastörizasyonunun β-karoten izomerizasyonunu hemen hemen hiç etkilemediği; buna karşılık 121 °C'deki ısıl işlemin 13-*cis*-β-karoten oluşumunda % 30'luk artışa neden olduğu saptanmıştır (Chen *et al*. 1995). Havuç suyunda yapılan başka bir çalışmada ise pastörizasyon ve 121 °C'deki sterilizasyonun *cis* izomeri oluşumuna çok az etki ettiği; 130 °C'deki sterilizasyonun ise *cis*-izomer miktarını artırdığı aktarılmaktadır (Schieber and Carle 2005).

Mısır, ıspanak, brokoli ve bezelyenin konserveye işlenmesi sonrasında lutein *cis* izomerinin % 3'ten % 22'ye çıktığı ve başlıca *cis* izomerin 13-*cis*-lutein olduğu belirlenmiştir (Updike and Schwartz 2003). Tatlı mısır konservesinde zeaksantinin *cis* izomerinde % 17'lik artış gözlenmiştir. Aman *et al.* (2005), mısıra uygulanan ısıl işlem sonucunda lutein *cis* izomerinin % 12'den % 30'a; zeaksantin *cis* izomerinin ise % 7'den % 25'e çıktığını belirlemişlerdir. Buna karşın, ıspanak konservesinde lutein *cis* izomerinin % 21'den % 14'e düştüğü saptanmıştır (Schieber and Carle 2005).

2.4 Karotenoidlerin Sağlık Üzerine Etkileri

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). Ancak, son yıllarda bitkilerde bulunan karotenoidlere ilgi sadece provitamin A aktivitelerinden değil, oksijen radikallerini yakalayarak organizmada oksidatif stresi azaltmalarından yani antioksidan etkilerinden de kaynaklanmaktadır (Rao and Honglei 2002).

Oksidanlar; vücutta normal metabolizma sürecinde zararlanmaya ve kimyasal ajanlara karşı savunma sırasında oluşmakta ve DNA'yı, proteinleri ve hücre dokularını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu oksidatif yıkım; yaşlanma, CVD, bağışıklık sisteminde azalma ve kataraktın temel nedeni olarak değerlendirilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Moleküler oksijen, klorofil gibi fotosensitizer ve ışık varlığında tekli oksijene ($^1O_2$) dönüşebilmektedir ve bu bileşik reaktif oksijen türü olarak bilinmektedir (von Elbe and Schwartz 1996). Askorbat, α-tokoferol ve karotenoidler, reaktif oksijen türlerini yakalama özelliği bulunan antioksidanlar arasında yer almaktadır. 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 bilinmektedir. Bütün karotenoidlerin fotokimyasal koruyuculuğu eşit değildir. Örneğin, α-tokoferol, α-karoten, β-kriptoksantin, zeaksantin, β-karoten, lutein ve likopenin lipozomlardaki antioksidatif aktivitelerinin araştırıldığı bir çalışmada likopenin en

yüksek aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Stahl *et al.* 1998). Likopenin diğer karotenoidlere kıyasla tekli oksijeni yakalamada da özellikle etkili olduğu bilinmektedir. Likopenin tekli oksijeni yakalama özelliği β-karotenden 2; α-tokoferolden 10 kez daha yüksektir. Buna ilaveten likopenin, lenfositleri diğer serbest radikaller gibi membran yapısını bozarak hücreye zarar veren NO_2 radikaline karşı β-karotenden yine 2 kat daha fazla koruduğu aktarılmaktadır (Rao and Agarwal 1999). Likopenin diğer karotenoidlere kıyasla tekli oksijeni yakalama özelliğinin yüksek oluşu yapısında iki tane daha fazla çift bağ içermesi ile açıklanmaktadır (Di Mascio *et al*. 1989).

Karotenoidler, aktif radikalleri elektron transfer ederek, hidrojen vererek ya da radikale bağlanarak inhibe edebilmektedir (Şekil 2.5) (Simpson 1985).

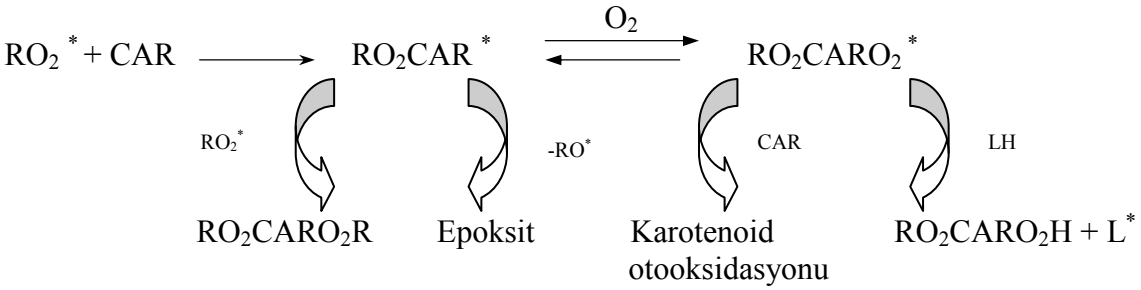
$$CAR + ROO^{-} \longrightarrow CAR^{*+} + ROO \quad \text{(elektron transferi)}$$
$$CAR + ROO^{-} \longrightarrow CAR^{*} + ROOH \quad \text{(hidrojen verme)}$$
$$CAR + ROO^{-} \longrightarrow ROOCAR^{*} \quad \text{(bağlanma)}$$

Şekil 2.5 Karotenoidlerin radikal aktivitesini önleme yolları

β-karotenin peroksil radikallerine konjuge çift bağ sistemi ile bağlanarak peroksil karotenoid radikallerini oluşturduğu ($ROOCAR^{*}$) bildirilmektedir. Karotenoidlerin kendi hidrojenini vererek radikalleri önleme reaksiyonunun ise daha az rastlanır bir mekanizma olduğu aktarılmaktadır.

β-karotenin çok etkili bir zincir kırıcı antioksidan olarak fonksiyon gösterdiği, ancak oksijen basıncının artmasıyla β-karotenin antioksidan etkisinin azaldığı belirtilmektedir. Oksijen konsantrasyonunun karotenoidin antioksidan aktivitesi üzerine önemli etkisi bulunmaktadır. Oksijen konsantrasyonu ile karotenoidin antioksidan aktivitesi arasında ters bir ilişkinin bulunduğu bilinmektedir. Yüksek oksijen konsantrasyonunda Şekil 2.6'dan da görüldüğü gibi eşitlik $RO_2CARO_2^{*}$ oluşumuna kaymaktadır. Bu bileşik, karotenoid ile reaksiyona girerek otooksidasyona veya lipitlerle reaksiyona girerek sürekli lipit peroksidasyonuna neden olabilmektedir. Ancak, düşük oksijen konsantrasyonunda eşitlik RO_2CAR' a doğru kaymaktadır. Bu bileşik de diğer bir RO_2

ile reaksiyona girebilmekte veya alkoksil radikal eliminasyonu ile epoksit oluşturabilmaktedir. Oksijen konsantrasyonu dokudan dokuya farklılık gösterdiğinden karotenoidler farklı dokularda farklı rol oynayabilmektedir (El-Agamey *et al.* 2004).



Şekil 2.6 Oksijen konsantrasyonu ile karotenoidin antioksidan etkisi arasındaki ilişki

Karotenoidlerin düşük oksijen kısmi basıncında (ör: <150 torr) antioksidan özellik gösterdiği; ancak yüksek oksijen konsantrasyonunda bu etkisini kaybettiği veya prooksidan olabildiği belirtilmektedir. Nitekim, yüksek oksijen kısmi basıncında β-karotenin prooksidan etki gösterdiği bilinmektedir (von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerin *in vivo* ve *in vitro'*da düşük kısmi oksijen basıncında tekli oksijene karşı koruyuculuğunun yanında lipit peroksidasyonunu da önlediği belirtilmektedir (Burton 1989). Benzer olarak karotenoid konsantrasyonu da antioksidan kapasitesini etkileyebilmektedir. Yüksek konsantrasyonda karotenoidlerin antioksidan aktivitesinin azalabildiği veya prooksidan etki gösterebildiği ileri sürülmektedir. Yüksek dozda β-karoten verilen sıçanların akciğerlerinde kansere neden olan sitokrom P 450 enzimlerinde artış saptandığı bildirilmektedir. Nitekim, β-karoten ile teşvik edilen sitokrom P 450 enzimlerinin aktivitesi ile süperoksit radikal oluşumu arasında da önemli bir ilişki saptanmıştır (Paolini *et al.* 1999). *In vivo*' da antioksidan aktivite; karotenoid konsantrasyonunun yanısıra karotenoidin yapısına da bağlıdır. Siklik yapıdaki karotenoidlerin antioksidan aktivitesi; halkadaki 5,6 ve 5',6' pozisyonundaki karbon atomları arasındaki çift bağın tekli oksijen ($^1O_2$) ile epoksidasyona uğrayabilmesinden kaynaklanmaktadır. Likopen gibi halka içermeyen karotenoidlerin potansiyel antioksidan aktivitesinde ise yapısında bulunan fazla sayıdaki konjuge dienler rol oynamaktadır (Kopsell and Kopsell 2006). Ayrıca, karotenoidlerin biyolojik dokuda bulunduğu konum da serbest radikalleri yakalama kapasitesini etkilemektedir.

Örneğin, β-karotenin sulu misellar çözeltide linoleik asit peroksidasyonunu önlediği ancak aynı koşullarda α ve γ-linolenik asit peroksidasyonunu önlemediği belirlenmiştir. Bu durum, lipitperoksil radikallerinin polaritesindeki farklılığa bağlanmaktadır. Linolenik asitten kaynaklanan polar peroksil radikalleri lipit-su yüzeyinde birikebilmekte, dolayısıyla misellerin merkezinde bulunan β-karoten girişine izin vermemektedir. Diğer taraftan, linoleik asitten kaynaklanan daha az polar peroksil radikalleri β-karotene izin verebilmektedir (El-Agamey *et al.* 2004).

Karotenoidlerin hücre oluşumunu ve hücre transformasyonunu engelleyebildiği ve belirli kanser türlerinin oluşumunu önlemede rol oynayan gen ekspresyonunu düzenlediği belirtilmektedir. Ancak, bazı durumlarda karotenoidlerin kansere karşı koruyucu etkisi değişebilmektedir. Örneğin, β-karotenin sigara içmeyenlerde bazı kanser türlerine karşı koruyucu etki gösterdiği; sigara içenlerde ise kanser riskini artırabileceği ileri sürülmektedir. Bunun yanında karotenoidlerin akciğer kanserine karşı koruyucu etkisinin erkeklerde kadınlara kıyasla daha iyi olduğu belirtilmektedir. Buna karşılık, epidemiyolojik çalışmalar yüksek konsantrasyonlardaki diyet karotenoidlerinin mesane kanseri oluşumu üzerine etkisinin bulunmadığını göstermekte, prostat kanserine karşı koruyucu etkisinin de henüz açıklık kazanmadığı bildirilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006).

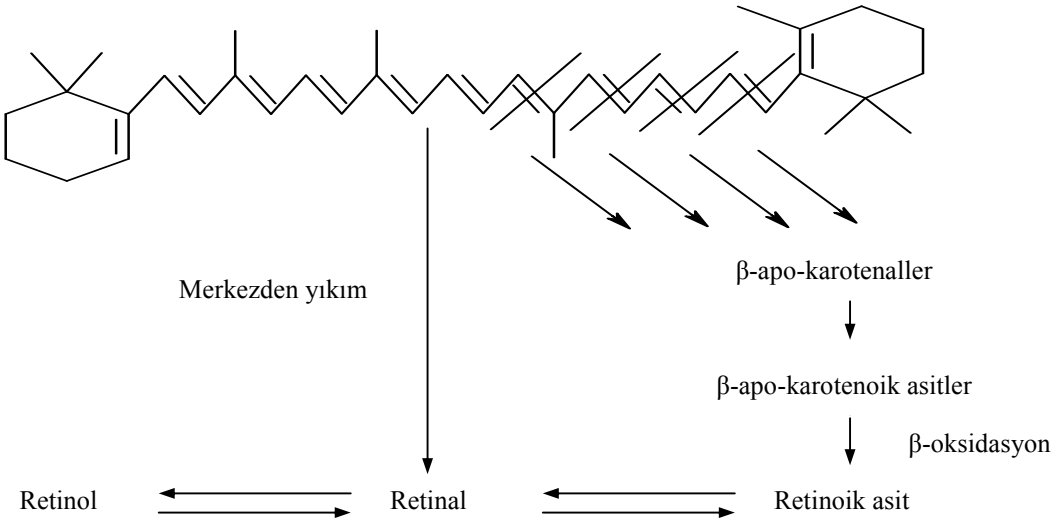
Karotenoidlerin bağışıklık sistemini kuvvetlendirdiği ve gözdeki dokuları koruduğu da belirtilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Göz sağlığındaki rolü dolayısıyla lutein ve zeaksantin tüketiminin ve serumdaki miktarının yaşa bağlı makular dejenarasyonu içine alan oküler hastalık riski (Mares-Perlman *et al*. 2001) ve katarakt (Brown *et al*. 1999) ile ters ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu etkinin, göze gelen zarar verici mavi ışığı absorbe etmelerinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Krinsky and Johnson 2005). Ayrıca, karotenoid alımı ile kalp damarı tıkanıklığı, kemik kalsifikasyonu ve sinirsel rahatsızlıklar gibi bazı hastalıkların riskinin azaltılması arasında kuvvetli ilişkinin olduğu aktarılmaktadır (Barba *et al.* 2006). Karotenoidlerin, CVD riskini de azalttığı bilinmektedir. Nitekim, son çalışmalar CVD'den ölümlerdeki azalma ile meyve ve sebze tüketimi arasında ilişki olduğunu göstermektedir (Kopsell and Kopsell 2006).

2.5 Karotenoidlerin Metabolize Edilmesi

2.5.1 Karotenoidlerin A vitaminine dönüşümü

Retinol (alkol), retinal (aldehit) ve retinoik asit; A vitamininin ön maddesi olarak bilinmektedir. Retinal, vücutta; gen transkripsiyonunu etkileyen A vitamininin retinoik asit formuna dönüşmektedir. Retinol, retinal, retinoik asit ve bunlarla ilgili bileşikler retinoidler olarak bilinmektedir. β-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 β-karoten, en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir. Bunun nedeni yapısında bulunan 2 adet β-iyonon halkası ile açıklanmaktadır (von Elbe and Schwartz 1996).

β-karotenin, vücutta retinole dönüşümünün gıdadan gıdaya değişim gösterdiği belirtilmektedir. Tang *et al.* (2005), ıspanak β-karoteninin retinale dönüşüm oranının ortalama 21:1; havuç β-karoteninin ise retinole dönüşümünün 15:1 olduğunu belirlemişlerdir. β-karotenin retinoid bileşiklere dönüşümünde 2 ayrı basamak bulunmaktadır. Bunlardan ilki; 15,15'-dioksigenaz enziminin etkisiyle β-karotenin 15,15' çift bağının parçalanması ve retinalin oluşmasıdır. Retinal de daha sonra retinole indirgenmekte veya retinoik aside okside olmaktadır. Diğer bir yol ise β-karotenin β-apokarotenollere parçalanması ve bu aldehitlerin önce β-apokarotenoik aside daha sonra da retinoik aside okside olmalarıdır (Şekil 2.7), (Woutersen *et al.* 1999).



Şekil 2.7 β-karotenin A vitamini ön maddelerine dönüşümü

2.5.2 Karotenoidlerin absorbsiyonu ve biyoyararlılığı

Karotenoidler, yağda çözünür olduklarından bağırsakta diyet yağı ile aynı şekilde absorbe edilmektedir. Karotenoidlerin gıda matriksinden ayrılması ve lipit fazda çözünmesi absorbsiyon sürecinde önemli adımlardır. Karotenoidlerin pasif difüzyon yolu ile ince bağırsak mukozası tarafından absorbe edildiği düşünülmektedir. Ksantofillerin yağ asidi esterleri mukoza tarafından alınmadan önce ince bağırsak lümeninde parçalanmaktayken, karotenoidler; ince bağırsak mukozası tarafından alınmakta ve şilomikronlara taşınmaktadır. β-karoten ve diğer provitamin A karotenoidleri ince bağırsakta temel olarak retinil esterlere; kısmen de A vitaminine dönüşmektedir. Karotenoidler ve retinilesterler şilomikronlarla birleşmekte ve karaciğere taşınmak üzere lenfte tutulmaktadır (Krinsky and Johnson 2005).

Bitki doku membranlarından karotenoidlerin serbest kalışı bağırsaktaki absorbsiyonlarını kolaylaştırmaktadır; ancak karotenoid kimyasında biyotik (oksidasyon gibi) ve abiyotik (sıcaklık gibi) faktörler tarafından yapılan değişimler biyoyararlılığı etkileyebilmektedir. Karotenoidlerin biyoyararlılığı; gıda matriksi, intraselülar yerleşim, fizikokimyasal özellikler, diğer karotenoidlerle interaksiyon, diyet yağı varlığı, proses, ısı uygulaması gibi pekçok faktöre göre değişkenlik göstermektedir (Castenmiller and West 1998). Örneğin, ıspanak gibi yeşil yapraklı sebzelerde β-karoten biyoyararlılığının düşük olduğu ileri sürülmektedir. Buna karşılık, yumurta sarısında düşük miktarlarda bulunan lutein ve zeaksantinin biyoyararlılığın oldukça yüksek olduğu belirtilmektedir. Pişirme, parçalama ve diyet yağı, biyoyararlılığı geliştirmektedir (Krinsky and Johnson 2005). Örneğin, işlem görmemiş domates suyundaki likopenin absorbsiyonuna kıyasla yağda ısıtılan domatesteki likopen absorbsiyonundaki artışın yağda ısıtma ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Likopenin bağırsak mukoza hücreleri tarafından emilimi, safra asidi misellerinin oluşumu ile kolaylaşmaktadır. Safra asidi üretiminin diyetle alınan yağ ile teşvik edilmesi, likopenin yağ içeren gıdalarla tüketilmesi sonucunda absorbsiyonunun artışını açıklamaktadır. Likopenin biyoyararlılığının β-karoten gibi diğer karotenoidlerin varlığında da arttığı belirtilmektedir.

Giovannucci *et al*. (1995), çeşitli domates ürünlerinin tüketimi ile prostat kanseri riski arasında ilişkinin likopenin biyorarlılığından kaynaklandığını ileri sürmektedir. Domates salçasından alınan likopenin biyoyararlılığının taze domatese kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Gartner *et al*. 1997). Kansere karşı koruyucu etkinin de domates salçası veya sosu tüketimi ile ilişkili olduğu; minimum derecede işlem görmüş domates suyu tüketiminin ise bu etkide rol oynamadığı belirtilmektedir. Ayrıca; gıdaların işlenmesi sırasında bağlı karotenoidler serbest kalmakta ve bu da karotenoidlerin biyoyararlılığını artırmaktadır. Pişirme veya ısıl işlem gibi gıda proseslerinin, hücre duvarlarını parçalayarak likopen ile doku arasındaki bağlayıcı kuvvetleri zayıflaştırarak likopeni daha kolay erişilebilir yaptığı ve ayrıca *cis* izomerizasyonunu da artırdığı ileri sürülmektedir (Omoni and Aluko 2005). Dolayısıyla gıdaların işlenmesi sırasında likopen biyoyararlılığının arttığı belirtilmektedir. Nitekim, ısı etkisiyle oluşan izomerik formun biyolojik yarayışlılık ve absorbsiyona etki ettiği bilinmektedir (Boileu *et al*. 1999). Gartner *et al.* (1997), domates salçasındaki likopenin vücutta taze domates likopenine kıyasla 2.5 katı daha fazla biyolojik olarak yararlı olduğunu belirlemiştir. *In vitro*'da likopenin *cis* izomerinin *trans* izomerine kıyasla absorbsiyonunun tercih edilmesi *cis* izomerin safra asidi misellerinde daha fazla çözünebilir olması ve şilomikronlara daha çabuk dahil olabilmesi şeklinde yorumlanmaktadır (Omoni and Aluko 2005).

2.6 Domatesteki Başlıca Biyoaktif Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri

Meyve ve sebze ile zengin diyetin kalp rahatsızlığını ve kanser oluşumunu azalttığı ileri sürülmektedir. Nitekim yapılan son araştırmalar, CVD'den ölümlerdeki azalma ile meyve ve sebze tüketimi arasında ilişki olduğunu göstermektedir. Kardiyovasküler hastalıklardaki azalışın daha çok α-karoten, β-karoten ve β-kriptoksantin alımındaki artış ile ilgili olduğu bildirilmektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Karotenoidlerin kalp-damar hastalık riskindeki azalmayı LDL (Low-density-lypoprotein) oksidasyonu ve plak oluşumunda oksidatif stresi engelleyerek sağladığı ileri sürülmektedir (Kopsell and Kopsell 2006). Domateste bulunan karotenoid bileşiklerden likopenin kandaki miktarının artışı ile kardiyovasküler hastalık riski (Willcox *et al.* 2003) ve prostat kanseri (Chan *et al.* 2005, Giovannucci 2005) riskinin azaldığı belirtilmektedir. Hücre

kültürü ile yapılan çalışmalar ve hayvan modellemelerinden elde edilen sonuçlara göre de likopenin *in vitro* ve *in vivo*'da antikanserojenik ve damar sertliğini önleyici etkisinin bulunduğu kanıtlanmıştır (Omoni and Aluko 2005). Bunun yanında, birçok epidemiyolojik çalışma likopeni içeren domates ve domates ürünlerinin fazla miktarda tüketiminin CVD'ye karşı koruyucu olabileceğini (Rao and Agarwal 1999, Wu *et al.* 2003) ve başta prostat, mide, meme, akciğer ve sindirim bölgesi olmak üzere birçok kanser türünün oluşumunu azaltabileceğini göstermiştir (Giovanelli *et al*. 1999, Omoni and Aluko 2005). Ayrıca, düzenli olarak düşük miktarda domates ürünleri tüketiminin hücreyi oksidan bileşiklerin neden olduğu DNA zararından koruduğu aktarılmaktadır (Raffo *et al.* 2006, Shao and Hathcock 2006).

Domatesin sağlık üzerine koruyucu etkisinin likopen ve diğer karotenoidler dışında askorbik asit, flavonoidler ve E vitamini gibi antioksidan bileşiklerden de kaynaklandığı belirtilmektedir (Willcox *et al*. 2003). Nitekim; Giovanelli *et al.* (1999), domateste bulunan başlıca antioksidan bileşikleri karotenoidler, askorbik asit ve fenolik bileşikler olarak bildirmektedir. Domatesteki C vitamini içeriğinin 15-21 mg/100g (Abushita *et al.* 2000, Willcox *et al.* 2003); toplam fenolik madde miktarının ise 355-439 mg gallik asit /100 g kuru ağırlık olduğu belirtilmektedir (Sahlin *et al*. 2004). Domatesteki askorbik asidin dokuda bulunan asidik koşullar nedeniyle kısmen stabil olduğu ve miktarının meyvenin olgunluğuna göre değiştiği aktarılmaktadır. Domatesteki askorbik asidin, bahar boyunca ve yaz başında en yüksek seviyede oluştuğu belirtilmektedir (Sahlin *et al.* 2004). Erken hasat edilen domateslerin, geç hasat edilen domateslere kıyasla da daha fazla askorbik asit içerdiği aktarılmaktadır (Giovanelli *et al.* 1999).

C vitamininin, elektron vererek birçok bileşik ve enzimi oksidasyona karşı koruduğu ve mükemmel bir antioksidan olduğu aktarılmaktadır (Willcox *et al*. 2003). C vitamini, oksijenin metabolik ürünlerinden oluşan toksik serbest radikalllerin tahrip edilmesinde ve kanserojenik nitrozo bileşiklerin oluşmasını önlemede rol oynamaktadır. Ayrıca, kanserin başlamasına ve/veya teşvik edilmesine neden olan oksidatif zararı engellemektedir. Nitekim, C vitamini ile yemek borusu ve ve rahim kanserleri arasında koruyucu bir ilişki olduğu aktarılmaktadır (Karadeniz 2000).

Fenolik bileşiklerin; serbest radikalleri yok edici, antikanserojenik, bağışıklık sistemini düzenleyici, tümör oluşumuna neden olan enzimleri inhibe edici birçok biyokimyasal ve farmakolojik özelliğe sahip olduğu bildirilmektedir (Zhishen *et al.* 1999, Bermúdez-Soto and Thomas-Barberan 2004*)*. Fenolik bileşiklerin, yapılarındaki hidroksil gruplarından elektron veya hidrojen vererek serbest radikallere etki ettiği ve antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmektedir. Başta flavonoidler olmak üzere pekçok polifenolün hidroksil ve peroksil radikallerini yakalamada çok etkili olduğu bilinmektedir. Polifenoller, metal çelatlarıdır ve aktif oksijen radikallerinin oluştuğu reaksiyonları inhibe etmektedir. Fenolik bileşiklere olan ilgi, antioksidan, antimutajen olmalarının yanında kanser ve CVD gibi bazı hastalıkları önlemedeki rollerinden de kaynaklanmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar, fenolik antioksidanların tüketimindeki artış ile CVD ve çeşitli kanser tiplerinin oluşum riskindeki azalma arasında korelasyon olduğunu göstermektedir (Hertog *et al.* 1993, Kris-Etherton *et al.* 2002).

2.7 Domates ve Domates Ürünlerindeki Karotenoid Bileşikler

İşlem gören domates ürünlerinin % 80'ini domates suyu, domates salçası, ketçap ve domates sosu oluşturmaktadır. Domates, bir seri ısıl işleme maruz kaldığından; içerdiği likopen miktarı değişebilmektedir. Örneğin, en yüksek likopen içeren ürünlerin domates ezmesi, domates püresi ve domates konservesi olduğu ve bu gıdalardaki likopen miktarının 19.5-36.5 mg/100g düzeyinde bulunduğu bildirilmektedir. Soslarda 12.0-19.0 mg/100g; ketçap ve barbekü sosu gibi çeşnilerde ise 4.3-14.0 mg/100g aralığında olduğu belirtilmektedir. En düşük likopen içeren domates ürünlerinin ise domates suyu, domates çorbası ve çeşitli domates kokteylleri olduğu (4.0-10.0 mg/100g) aktarılmaktadır (Rao *et al.* 1998). Domates sosu, domates suyu ve domates kokteylinde likopen miktarının ise sırasıyla 13.0-17.8 mg/100g; 10.1-10.9 mg/100g ve 3.6-4.3 mg/100g arasında değiştiği belirtilmektedir (Rao *et al.* 1998). Lugasi *et al.* (2003) de, domates sularındaki likopen miktarını 8.2-11.0 mg/100g; taze domateste ise 0.85-13.6 mg/100g düzeyinde belirlemişlerdir. Çeşitli kaynaklardan elde edilen domates ve domates ürünlerinin likopen miktarı Çizelge 2.7.1'de gösterilmektedir.

Domates ve domates ürünlerinde başlıca karotenoid bileşik likopen olmakla birlikte bu ürünlerde β-karotenin de bulunduğu belirtilmektedir. Khachik *et al.* (1992) ise domates ve domates salçasında likopen ve β-karoten dışında nörosperen, lutein, fitofluen, fitoen ve ζ-karoteni de belirlemişlerdir.

Çizelge 2.6 Domates ve domates ürünlerindeki likopen miktarı

Ürün	Likopen miktarı (mg/100g)	
Taze domates	3.10	(Heinonen *et al.* 1989)
	3.92	(Khachik *et al.* 1992)
	0.88-4.20	(Mangels *et al*. 1993)
	2.94	(Hart and Scott 1995)
	2.60-5.80	(Thompson *et al.* 2000)
	0.85-13.60	(Lugasi *et al.* 2003)
	0.72-20	(Omoni and Aluko 2005)
Pişmiş domates	4.40	(Khachik *et al.* 1992)
	3.70	(Hart and Scott 1995)
Domates suyu	5.00-11.60	(Mangels *et al.* 1993)
	10.16	(Rao *et al.* 1998)
	8.20-11.00	(Lugasi *et al.* 2003)
	16.87-22.80	(Takeoka *et al.* 2001)
Domates sosu	13.10-17.80	(Rao *et al.* 1998)
	6.01	(Djuric and Powell 2001)
	6.20	(Omoni and Aluko 2005)
Domates salçası	55.00	(Tonucci *et al.* 1995)
	36.50	(Rao *et al.* 1998)
	32.70-68.20	(Khachik *et al.* 1992)
	5.40-150	(Omoni and Aluko 2005)
Domates püresi	16.67	(Tonucci *et al.* 1995)
Ketçap	12.39	(Rao *et al.* 1998)
	9.90-13.44	(Omoni and Aluko 2005)
	17.23	(Tonucci *et al.* 1995)
	6.10-23.40	(Lugasi *et al.* 2003)
Domates çorbası	7.99	(Omoni and Aluko 2005)
	3.90-5.50	(Djuric and Powell 2001)
	10.92	(Tonucci *et al*. 1995)
Spagetti sosu	9.30-18.20	(Lugasi *et al.* 2003)
	15.99	(Tonucci *et al*. 1995)
	19.12	(Rao *et al.* 1998)
Barbekü sosu	7.60	(Omoni and Aluko 2005)
Pizza sosu	12.20	(Rao *et al.* 1998)
	12.70	(Omoni and Aluko 2005)

2.8 Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesinde Uygulanan Başlıca Yöntemler

Antioksidan bileşiklerin antioksidatif kapasitesi çeşitli yöntemlerle belirlenebilmektedir. Bu yöntemler; hidrojen transferi (HAT) ile elektron transferine (ET) dayalı yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Elektron transferinin esas alındığı yöntemde; renkli oksidan bir bileşik (radikal) ile antioksidan maddenin redoks reaksiyonu söz konusudur. Oksidan bileşik yani radikal, antioksidandan elektron almakta ve renk değişimine uğramaktadır. Radikal rengindeki azalma, reaksiyon bitimini göstermektedir. Renkteki değişim derecesi, antioksidanın konsantrasyonuyla doğru orantılıdır. Absorbanstaki değişim, antioksidan konsantrasyonuna karşı grafiğe geçirilmekte ve doğrusal bir kurve elde edilmektedir. Kurvenin eğimi antioksidanın indirgeme kapasitesini göstermektedir ve Troloks (sentetik bir antioksidan) veya gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemler, klasik kimyasal analizdeki redoks tepkimeleri esasına dayanmaktadır. Elektron transferinin rol oynadığı yöntemler arasında toplam fenolik yöntemi olarak da bilinen FCR (Folin-Cioceltau Reagent), Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC), demir iyonu indirgeyici antioksidan güç (FRAP) ve DPPH (DPPH* radikali yakalama potansiyeli) yöntemi sayılmaktadır (Huang *et al*. 2005).

Hidrojen transferi esasına dayalı yöntemde ise serbest radikal (peroksil radikali), yapısında azo grubu bulunduran bir bileşik tarafından ısı etkisiyle oluşturulmaktadır. Bu sistemde ayrıca, floresan özellikte okside olabilir bir madde yani probe bulunmaktadır. Ortamda antioksidan bileşik olmadığı taktirde floresan özellikteki bileşik ile peroksil radikalleri reaksiyona girmekte ve floresan yoğunluğu azalmaktadır. Ortama ilave edilen antioksidan, ortamda bulunan probe ile yarışmakta ve bu bileşiğin oksidasyonunu geciktirmekte veya önlemektedir. Hidrojen transferine dayalı yöntemler arasında toplam radikal yakalama antioksidan parametresi (TRAP), oksijen radikali absorbans kapasitesi (ORAC) ve krosin ağartma yöntemi sayılmaktadır (Huang *et al*. 2005).

Miller *et al*. (1996), karotenoidlerden likopen, β-karoten, α-karoten, β-kriptoksantin, zeaksantin, lutein, astaksantin ve kantaksantinin antioksidan kapasitesini TEAC yöntemine göre belirlemiş ve likopenin troloks eşdeğeri olarak en yüksek değere sahip

olduğunu saptamışlardır (2.9 mM TEAC). Likopeni sırasıyla β-kriptoksantin (2.0 mM TEAC), β-karoten (1.9 mM TEAC), lutein (1.5 mM TEAC), zeaksantin (1.4 mM TEAC) ve α-karotenin (1.3 mM TEAC) izlediği belirlenmiştir. ABTS radikalinin tutulması, karotenoid molekülünde bulunan fonksiyonel gruplara bağlıdır. Karboksil ve hidroksil gruplarında olduğu gibi moleküldeki polar grubun artması radikalin yakalanmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, konjuge çift bağ sayısına bağlı olarak da radikal ile reaksiyon daha çabuk gerçekleşmektedir.

TEAC yöntemi

Son yıllarda kolay uygulanabilir bir yöntem olmasından dolayı TEAC yöntemi, meyvelerin (Leong and Shui 2002, Garcia-Alanso *et al*. 2004, Scalzo *et al*. 2005, Alcolea *et al*. 2002), meyve suyu (Miller *et al*. 1995), meyve suyu konsantresi (Bermudez-Soto and Thomas-Barberan 2004) ve sebzelerin (Sahlin *et al*. 2004, Lana and Tijskens 2005, Toor and Savage 2005, Javanmardi and Kubota 2006, Toor *et al*. 2006) antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. TEAC yönteminin suda ve yağda çözünür antioksidanlar ile saf bileşikler ve gıda eksraktları için uygulanabilir olduğu bildirilmektedir (Re *et al*. 1999). Yöntemin prensibi, mavi-yeşil renkteki ABTS radikalinin ($ABTS^{\cdot+}$) antioksidan tarafından tutulması ve rengini kaybetmesine dayanmaktadır. Rengin kaybolma derecesi tutulan ABTS radikali miktarı ile doğru orantılıdır ve spektrofotometrik olarak ölçülmektedir. Antioksidan bileşiğin kapasitesi bir E vitamini analoğu olan troloksa kıyasla belirlenmektedir.

Orijinal TEAC yönteminde ABTS radikali, peroksidaz olarak etki eden metmiyoglobininin hidrojen peroksit (H_2O_2) ile reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Salah *et al.* 1995, Rice-Evans *et al.* 1995, Miller and Rice-Evans 1997). Daha sonra, bu radikalin heme proteini ve H_2O_2 olmadan da mangandioksit ile oluşturulabildiği belirlenmiştir (Miller *et al.* 1996, Young *et al.* 1999, Leonardi *et al*. 2000). Bunun dışında ABTS radikalinin; ABTS, H_2O_2 ve karaturptaki peroksidaz varlığında (Arnoa *et al.* 1996, 1998, Cano *et al.* 1998) veya termolabil azo bileşiği olan ABAP [2,2'-diazobis-(2-amidinopropan) HCl] ile de elde edildiği saptanmıştır (Campos and Lissi

1996, Van den Berg *et al*. 1999). Ayrıca, potasyum persülfat ve ABTS'nin reaksiyonu sonucunda da ABTS radikal katyonunun oluştuğu bilinmektedir (Re *et al.* 1999, Pellegrini *et al.* 2001).

DPPH yöntemi

DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryrhydrazyl) radikali yakalama kapasitesi yöntemi de gıdaların antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Bu yöntemde belirli konsantrasyonda hazırlanan DPPH radikali antioksidan ile reaksiyona girdiğinde indirgenmektedir. İndirgenme, radikalin oluşturduğu menekşe rengin sarıya dönmesi ile spektrofotometrik olarak 515-517 nm dalga boyunda izlenmektedir. Absorbanstaki değişim, absorbans değeri sabitlenene kadar izlenmektedir. DPPH yönteminin, basit ve kolay ugulanabilir olmasının yanında bazı dezavantajlarının bulunduğu belirtilmektedir. Örneğin, birçok antioksidan bileşiğin peroksil radikali ile kolayca reaksiyona girerken DPPH radikaline karşı inert olabileceği veya aralarındaki reaksiyonun çok yavaş gerçekleşebileceği ileri sürülmektedir. Nitekim; DPPH radikalinin uzun ömürlü azot radikali olduğu ve aktif peroksil radikalleri ile benzerlik göstermediği belirtilmektedir (Huang *et al.* 2005).

DPPH yöntemi, kolay uygulanabilir olmasından dolayı meyve ve sebze sularının veya ekstraktların antioksidan aktivitelerinin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemin plazma için uygulanamayacağı belirtilmektedir. Çünkü; DPPH radikali metanol veya etanol ile oluşturulmakta ve alkol, plazmada bulunan proteinleri çöktürmektedir. Jimenez-Escrig *et al*. (2000); ahududu, kızılcık ve karotenoidlerin antioksidan aktivitesinin bu yönteme göre saptamıştır. DPPH yöntemi, fenolik asit ve türevlerinin (Silva *et al.* 2000), polifenolik bileşiklerin (Brand-Williams *et al.* 1995, Bondet *et al.* 1997, Chen and Ho 1997, Wang *et al.* 1998, Lu and Foo 2000, Rapisarda *et al*. 1999), Maillard reaksiyonu bileşiklerinin (Chevalier *et al.* 2001), çayın (Yen and Chen 1995), nar suyunun (Gil *et al*. 2000), şarapların (Larrauri *et al.* 1999) ve turunçgil esansiyel yağlarının (Choi *et al*. 2000) antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. DPPH yönteminin; bu ürünler dışında işlem görmüş tahıl taneleri, çeşitli

sebze ürünleri ve yağların antioksidan aktivitelerinin saptanmasında da kullanıldığı aktarılmaktadır (Sanchez-Moreno 2002).

FRAP yöntemi

Elektron trasferine dayalı diğer bir yöntem olan FRAP yönteminin esası; Fe (III)'ün Fe (II)'ye 4 dakika içinde indirgenmesine dayanmaktadır. 1 FRAP birimi, 1 mol Fe (III)'ün 1 mol Fe (II)'ye indirgenmesini ifade etmektedir. Ancak; kafeik asit, tannik asit, ferulik asit, askorbik asit ve kuersetin gibi fenolik bileşiklerin Fe (III)'ü indirgeme süresinin 4 dakikada gerçekleşmediği ve hatta birkaç saat sürebildiği belirtilmektedir. Dolayısıyla, bu bileşiklerin 4 dakika süre sonundaki FRAP değerlerinin yanıltıcı olabileceği bildirilmektedir. Fe (III)'ün Fe (II)'ye indirgenmesi sonucunda renk artışı olmakta ve bu renk değişimi 593 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmektedir. Bir oksidan olan Fe (III) tuzunun [Fe (III) $(TPTZ)_2Cl_2$] potansiyel redoksunun $ABTS^{*-}$ ile yaklaşık aynı olduğu; bu nedenle TEAC ile FRAP yöntemleri arasında fark olmadığı ileri sürülmektedir. Ancak, TEAC yöntemi nötral ortamda; FRAP yöntemi ise asidik (pH) koşullarda gerçekleşmektedir (Huang *et al*. 2005).

ORAC yöntemi

Hidrojen transferinin gerçekleştiği antioksidan aktivitenin ölçüldüğü yöntemlerden biri olan ORAC yönteminde ise protein yapısında olmayan sentetik bir prob (floresan özellik gösteren bir bileşik), 37 °C'de AAPH [2,2-azobis (2-amidinopropan) hidroklorid] tarafından oluşturulan peroksil radikalleri ile reaksiyona girmektedir. Ancak, antioksidan bileşiklerin peroksil radikalleri ile reaksiyona girmesi sonucunda prob ile peroksil radikallerinin reaksiyonu engellenmektedir. Bu yöntemde 35 dakika boyunca floresan yoğunluğu gözlenmektedir. Ortamda antioksidan bileşikler olmadığı taktirde renk yoğunluğu azalmaktadır. ORAC yönteminin peroksil radikallerine karşı hidrofilik ve lipofilik özellikteki antioksidanların ölçülmesine yönelik olduğu ileri sürülmektedir (Huang *et al*. 2005).

Krosin ağartma yöntemi

Krosin ağartma yönteminde ise; doğal olarak oluşan karotenoid türevi olan krosin, AAPH tarafından oluşturulan peroksil radikalleri ile reaksiyona girmekte ve rengi açılmaktadır. Ancak, ortamda bulunan antioksidanlar krosin ile peroksil radikallerinin reaksiyonunu önlemektedir. Reaksiyon, 443 nm dalga boyunda yaklaşık 10 dakika boyunca izlenmektedir. Krosinin ağartılma oranı antioksidan varlığındaki ve yokluğundaki kinetik kurvelerden elde edilmektedir. Krosin ağartma yönteminin gıdalarda uygulanmasının sınırlı olduğu bildirilmektedir. Bu durumun, krosinin maksimum pik verdiği dalga boyunun (450 nm), birçok karotenoid bileşiğin maksimum pik oluşturduğu dalga boyu ile aynı olmasından kaynaklanabileceği ileri sürülmektedir (Huang *et al*. 2005).

TRAP yöntemi

Antioksidan aktivitenin belirlenmesinde kullanılan diğer bir yöntem ise TRAP (toplam radikal yakalama antioksidan parametresi)'dır. Bu yöntem, plazmada bulunan antioksidan bileşiklerin aktivitesinin belirlenmesi için önerilen bir yöntemdir. Peroksil radikalleri, ABAP gibi suda çözünür bir azo bileşiğinin ısı etkisiyle parçalanmasıyla oluşturulmaktadır. ABAP plazmaya katıldıktan sonra okside olabilen bileşiklerin oksidasyonu, reaksiyonda tüketilen oksijenin ölçülmesi ile belirlenmektedir. Ancak, oksidasyon plazmada bulunan antioksidanlar tarafından önlenmektedir. Oksidasyonun önlenme süresi ise Troloks ile kıyaslanmaktadır. Bu yöntemde; lipit ve proteinlerden kaynaklanan etkileşme, plazmada birçok farklı antioksidanın bulunması, tiyol ve askorbik asidin sinerjist etki göstermeleri, metal iyonlarının etkileşmesi ve kanın bekletilme süresi, TRAP değerine etki eden faktörler arasında sayılmaktadır (Sanchez-Moreno 2002).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada; Alta, H-9888, H-9663, H-9478, H-9780, H-9776, Kagome 932, Kagome 77 Nema Krimson, Primopack, Red Gold, TT 105, UG 902, UG 1802, UG 5602 ve Unirex olmak üzere 16 çeşit domates kullanılmıştır. İki yıl süreyle aynı alandan, Mustafa Kemal Paşa-Bursa'dan (Tat Tohumculuk A.Ş.) ve aynı hasat döneminde (Eylül) temin edilen domates çeşitleri ekstraksiyon işlemi yapılana kadar 5°C sıcaklıktaki soğuk depoda muhafaza edilmiştir. Bütün ekstraksiyonlar 20 gün içinde tamamlanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Örnek hazırlama

Domates çeşitlerinde analizler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bu amaçla, domatesler yüksek devirli (11 000 rpm) bir homojenizatörde (IKA T 25, Werke Labortechnik, Staufen, Almanya) homojenize edilmiştir.

3.2.2 Suda çözünür kuru madde

Domateslerde suda çözünür kuru madde miktarı, Abbe refraktometresi (NOW, Nippon Optical Work, Tokyo, Japonya) ile 20 °C sıcaklıkta belirlenmiş ve sonuçlar briks derecesi (°Bx) olarak ifade edilmiştir.

3.2.3 pH ve titrasyon asitliği

Bu amaçla, homojenize edilen domatesten 5 g alınıp üzerine 40 mL su ilave edilmiş ve pH değeri pH metre (Consort P407, Schott Gerate, Belçika) ile belirlenmiştir. Titrasyon asitliğinde ise örnekler 0.1 N ayarlı NAOH ile titre edilmiş ve sonuçlar susuz sitrik asit (g/100g) cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4 Reflektans kolorimetresi ile renk ölçümü

Domateslerin rengini belirlemek amacıyla Minolta CR-300 (Osaka, Japan) kolorimetresi kullanılmıştır. Kolorimetre cihazı her kullanımdan önce beyaz seramik plakaya karşı (L = 97.26, a = +0.13, b = +1.71) standardize edilmiştir. CIE-L*a*b* renk sistemine göre; L (aydınlatma değeri), +a (kırmızı), +b (sarı), C (Chroma-renk yoğunluğu) ve h (hue-renk tonu) değerleri saptanmıştır.

3.2.5 Karotenoid madde ekstraksiyonu

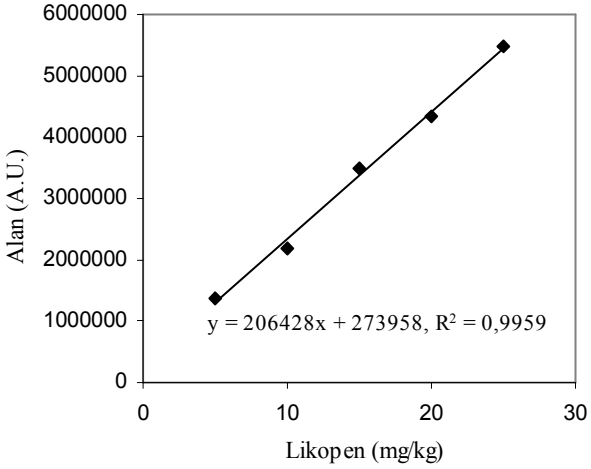
Domateslerde karotenoid madde ekstraksiyonu Ferruzzi *et al.* (1998) tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Bu amaçla; 10 g domates, 1 g $CaCO_3$ ve 25 mL metanol homojenizatörde 11 000 rpm'de 2 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Daha sonra, % 0.01 butilhidroksitoluen (BHT) içeren aseton: hekzan (1:1, v/v) karışımından 25 mL ilave edilerek 2 dakika daha homojenize edilmiş ve Whatman 1 no'lu filtre kağıdı ile Buchner hunisinden süzülmüştür. Filtre kağıdı üzerinde kalan kısım 2 kez daha aseton:hekzan karışımı ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen filtratlar ayırma hunisine alındıktan sonra asetonun uzaklaştırılması amacıyla 20 mL damıtık su katılmıştır. Üst kısımdaki hekzan fazı 10 mL'lik kahverengi şişelere alınarak azot gazı altında kurutulup – 26 °C'de analiz edilinceye kadar depolanmıştır. Karotenoid ekstraktları mobil fazda çözündürüldükten sonra 0.45 μm'lik membran filtreden süzülüp HPLC'ye verilmiştir.

3.2.6 HPLC ile karotenoidlerin analizi

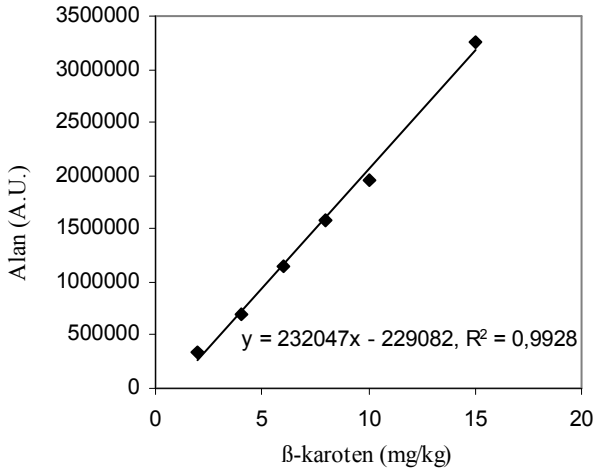
Karotenoidlerin HPLC ile analizi Hart and Scott (1995) tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Analizde kullanılan HPLC, Waters 510 pompa (Millipore Co., Milford, ABD), Waters 486 UV-VIS dedektör (Millipore Co., Milford, USA) ve Millenium 2010 chromatography software (Millipore Co., Milford, USA) kısımlarından oluşmaktadır. Karotenoidler, Zorbax ODS guard kolon (5 μm, 12.5 x 4.6 mm i.d.) ve Zorbax ODS kolon (5 μm, 250 x 4.6 mm i.d.) ile izokratik sistemde 470 nm dalga boyunda ayrıştırılmıştır. Mobil faz olarak asetonitril: diklorometan: metanol (70:20:10, v/v/v) karışımı 1 mL/dak akış hızında kullanılmıştır. Örnek enjeksiyon hacmi 20 μL'dir.

3.2.7 Standart karotenoid madde çözeltilerinin hazırlanması

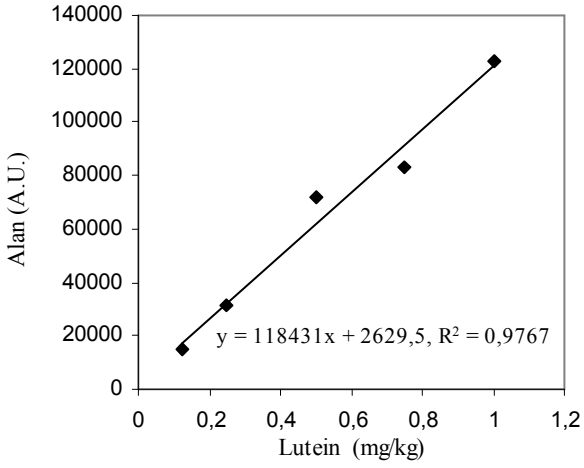
Likopen, β-karoten ve lutein standartları Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, ABD) firmasından temin edilmiştir. Likopen, kloroformda çözündürülüp 10 mL'ye tamamlanmıştır. 0.1 mL alınıp azot gazı altında kurutulduktan sonra hekzanla belirli oranda seyreltilmiştir. Standart karotenoid maddelerin konsantrasyonları Çizelge 2.3.1.2'de belirtilen dalga boylarında her karotenoidin absorbsiyon katsayıları ($A_{1cm}^{\%1}$) kullanılarak Beer's kanuna göre belirlenmiştir. β-karoten ve lutein standartları ise 1 mL kloroformda çözündürülüp hekzanla 10 mL'ye tamamlanmıştır. Stok çözeltilerden bir miktar alınıp azot gazı altında kurutulduktan sonra hekzanla seyreltilmiştir. Standartların hazırlanmasında kullanılan tüm solventler % 0.1 BHT içermektedir. Likopen, β-karoten ve lutein ara stok çözeltileri sırasıyla 5-25 mg/kg, 2-15 mg/kg ve 0.125-1 mg/kg konsantrasyon aralıklarında, mobil faz kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 3.1-3.3).



Şekil 3.1 Likopen standart kurvesi



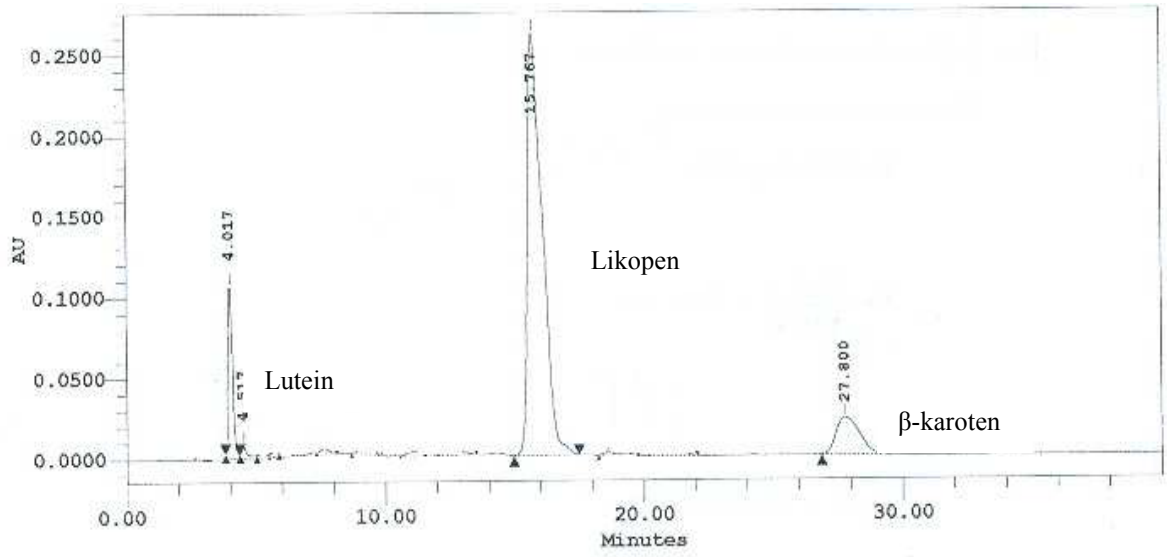
Şekil 3.2 β-karoten standart kurvesi



Şekil 3.3 Lutein standart kurvesi

3.2.8 Karotenoid piklerinin tanımlanması ve karotenoid miktarının hesaplanması

Domateste bulunan karotenoidler, elde edilen kromatogramdaki piklerin geliş zamanları ile karotenoid standartlarına (likopen, β-karoten ve lutein) ait piklerin geliş zamanlarının karşılaştırılması ve ayrıca örneklere standart maddelerin ilave edilmesi suretiyle tanımlanmıştır. Uygulanan HPLC koşulunda geliş süreleri; lutein için 4.5 dakika, likopen için 15.7 ve β-karoten için 27.8 dakikadır (Şekil 3.4). Karotenoid madde miktarları ise standart karotenoid maddelerden hazırlanan kalibrasyon kurvelerinden elde edilen denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.4 Domateste karotenoid madde dağılımına ilişkin tipik bir HPLC kromatogramı

Tanımlama limiti (Limit of Detection): Karotenoid maddelerin tanımlama limitlerini belirlemek amacıyla S/N (signal/noise) değeri 5 olarak alınmıştır (Ripp 1996). Tanımlama limitleri lutein, β-karoten ve likopen için sırasıyla 0.012 mg/kg, 0.063 mg/kg ve 0.02 mg/kg olarak saptanmıştır.

Geri alma (recovery): Bu amaçla, bilinen konsantrasyonlarda likopen, β-karoten ve lutein standartları domates ekstraktlarına ilave edilmiştir. Likopen, β-karoten ve lutein için geri alma değerleri sırasıyla % 90.5-96.5, % 86-96 ve % 84.2-92.5 olarak belirlenmiştir.

3.2.9 Antioksidan madde ekstraksiyonu

Antioksidan madde ekstraksiyonu için 25 g domates, üzerine 50 mL % 80'lik aseton ilave edilerek önce waring blender daha sonra da homojenizatör ile 3'er dakika homojenize edilmiştir. Karışım Whatman 1 no'lu filtre kağıdında Buchner hunisi ile süzüldükten sonra filtre keki bir kez daha % 80'lik aseton ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen filtrat, asetonun % 90'ı uzaklaşıncaya kadar döner buharlaştırıcıda (R-3000, Buchi, İsviçre) 45 °C'de buharlaştırılmıştır. Ekstrakt 10 mL'ye % 80 aseton ile tamamlanıp filtre edilerek kahverengi şişelerde –26 °C'de analize kadar depolanmıştır (Dewanto *et al*. 2002).

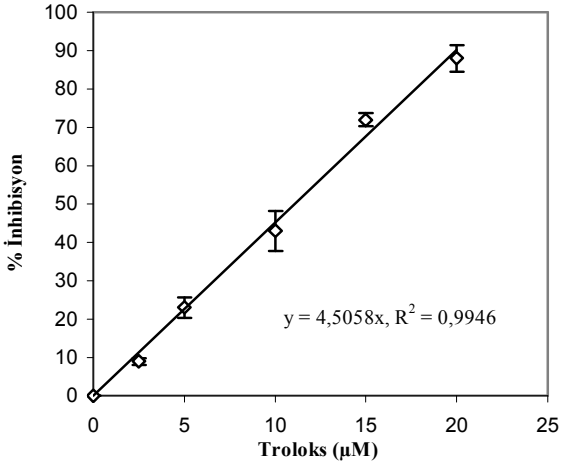
3.2.10 Antioksidan aktivite analizi

Domateslerde antioksidan aktivitenin belirlenmesinde meyve ve sebzelerde yaygın olarak kullanılan TEAC (Troloks equivalent antioxidant activity) ve DPPH (2,2-diphenyl-1-pcyrylhydrazyl) yöntemlerinden yararlanılmıştır.

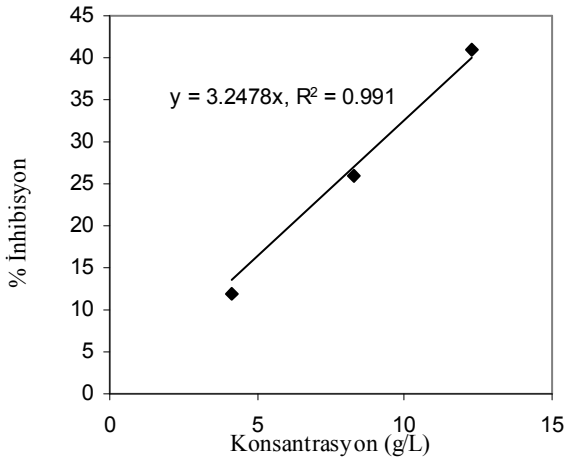
3.2.10.1 TEAC yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Domates çeşitlerinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri TEAC'dır (Re *et al*. 1999). Yöntemin prensibi, potasyumpersülfat ($K_2S_2O_8$) ve ABTS (2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) çözeltilerinin karışımından oluşan $ABTS^{*+}$ radikalinin belirli zaman aralığında indirgenmesi esasına dayanmaktadır. Buna göre, 1 mL $ABTS^{*+}$ radikal çözeltisi ile farklı konsantrasyonlardaki örnek miktarı karıştırılmakta ve 734 nm dalga boyunda okunan absorbans değerindeki azalma 6 dakika boyunca ölçülmektedir. Radikalin indirgenmesi absorbans değerinin yüzde inhibisyonu olarak ifade edilmektedir. Bu yöntemde; 1 g/L konsantrasyonundaki antioksidan bileşik ile aynı inhibisyon yüzdesini veren Troloks'un konsantrasyonu (µmol/L) hesaplanmaktadır. Domateslerin antioksidan aktivite sonuçları µmol Troloks/100g cinsinden ifade edilmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki standart Troloks (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethychroman-2-carboxylic acid) çözeltilerinden

hazırlanan kurve ile domates ekstraktına ait tipik bir inhibisyon kurvesi sırasıyla Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.5 $ABTS^{*+}$ radikalinin Troloks standardına ait % inhibisyon kurvesi

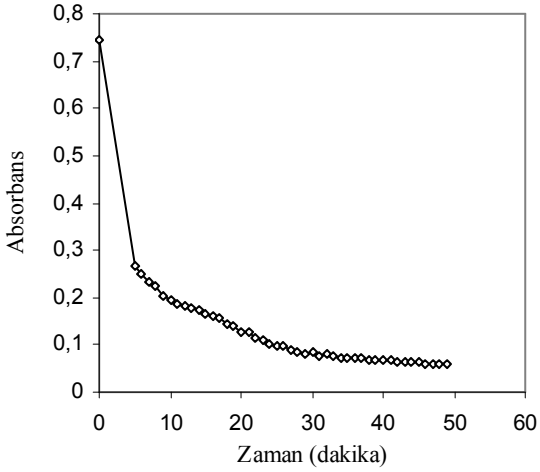


Şekil 3.6 $ABTS^{*+}$ radikalinin domates ekstraktına ait % inhibisyon kurvesi

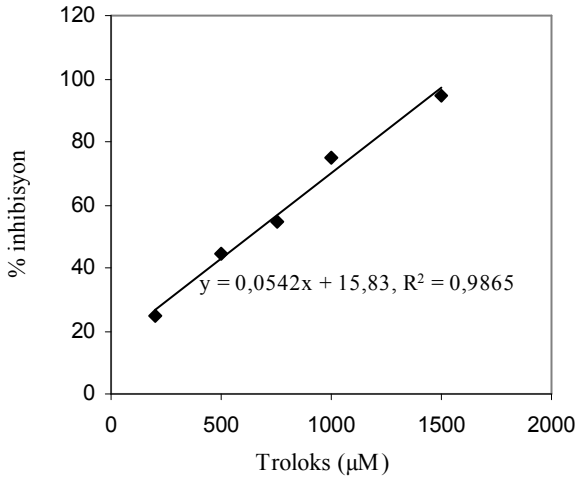
3.2.10.2 DPPH yöntemi ile antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Bu yöntemde; 24 mg/L konsantrasyonunda hazırlanan DPPH* radikali (2,2-diphenyl-1-pcyrylhydrazyl) ortamda bulunan hidrojen verici bileşikler ile hidrazine indirgenmekte ve böylece DPPH* çözeltisinin menekşe rengi sarıya dönmektedir. Rengin açılması DPPH* radikal çözeltisinin absorbansındaki azalışın 517 nm'de ölçülmesiyle belirlenmektedir. DPPH* radikalinin indirgenmesi, absorbans değeri sabitlenene kadar

devam etmektedir. Bu araştırmada, DPPH* radikal renginin ekstrakt ilave edildikten 30 dakika sonra sabitlendiği belirlenmiştir. Bu nedenle reaksiyon süresi 30 dakika olarak saptanmıştır. Domates ekstraktı ilave edilen DPPH* radikal çözeltisinin absorbans değerindeki değişimi gösteren tipik bir kurve Şekil 3.7'de gösterilmektedir. Domates ekstraktının radikali yakalama derecesi, 30 dakika sonunda ölçülen absorbans değerinin kontrole (metanole) kıyasla % olarak [(1- $Abs_{(kontrol)}$ / $Abs_{örnek}$)x 100] veya aynı inhibisyon %'sini veren standart bir antioksidanın konsantrasyonu şeklinde ifade edilmektedir. Bu araştırmada ise sonuçlar; aynı inhibisyonu gösteren Troloks konsantrasyonu ifade eden µmol Troloks eşdeğeri (TE) /100 g şeklinde hesaplanmıştır. Troloks standardına ait inhibisyon kurvesi ise Şekil 3.8'de gösterilmektedir (Zhang and Hamauzu 2004, Thaipong *et al.* 2006).



Şekil 3.7 Domates ekstraktı ilavesinden sonra DPPH* radikalinin absorbansındaki değişim



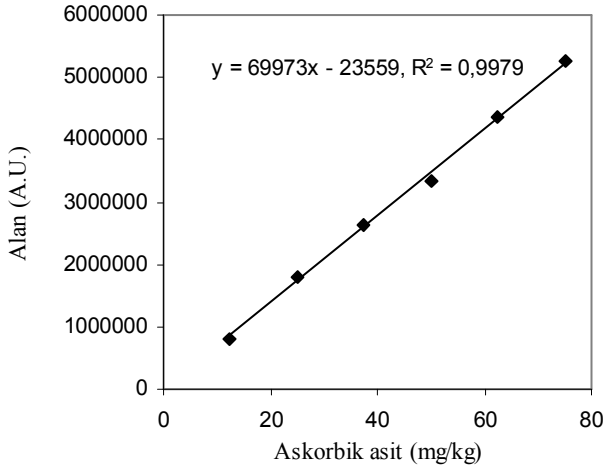
Şekil 3.8 DPPH* radikalinin Troloks standardına ait % inhibisyon kurvesi

3.2.11 L-Askorbik asit ekstraksiyonu

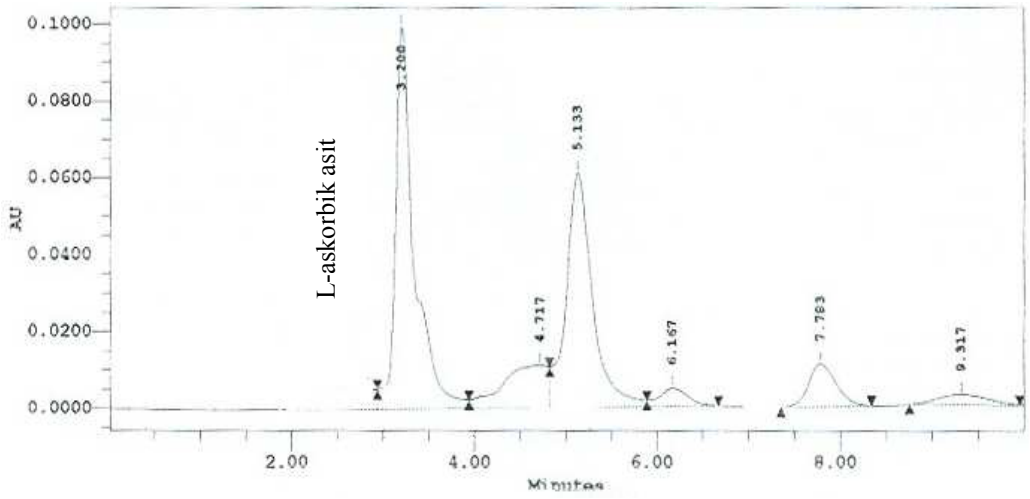
L-Askorbik asit ekstraksiyonu için 10 g domates, üzerine 50 mL % 2'lik m-fosforik asit ilave edilerek, homojenizatör (11 000 rpm) ile 3 dakika homojenize edilmiştir. Karışım erlenmayere alındıktan sonra çalkalayıcıda 15 dakika süreyle karıştırılmıştır. Whatman 1 no'lu filtre kağıdı ile Buchner hunisinden süzüldükten sonra 50 mL'ye % 2'lik MFA ile tamamlanmıştır. Örnekler 100 mL'lik kahverengi şişelerde analize kadar –26 °C'de depolanmıştır (Abushita *et al*. 1997).

3.2.12 L-Askorbik asit analizi

Örneklerdeki L-askorbik asit miktarı, isokratik sistemde 245 nm dalga boyunda Zorbax ODS kolon (5 µm, 250 x 4.6 mm i.d.) ile belirlenmiştir. Mobil faz olarak 1mL/dak akış hızındaki 0.05 M potasyumdihidrojenfosfat (KH_2PO_4) çözeltisi kullanılmıştır (Sanchez-Mata *et al.* 2000). Sonuçlar, 12.5-75 mg/kg konsantrasyon aralığında hazırlanan standart L-askorbik asit kurvesine göre hesaplanmıştır (Şekil 3.10). L-asorbik asit, domatese ait kromatogramdaki pikin geliş zamanı ile L-askorbik asit standardına ait pikin geliş zamanının karşılaştırılması ve ayrıca örneklere standart maddenin ilave edilmesiyle tanımlanmıştır. Uygulanan HPLC koşulunda askorbik asidin geliş süresi 3.2 dakika olarak belirlenmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.9 L-Askorbik asit standart kurvesi



Şekil 3.10 Domatesteki L-askorbik asit dağılımına ilişkin HPLC kromatogramı

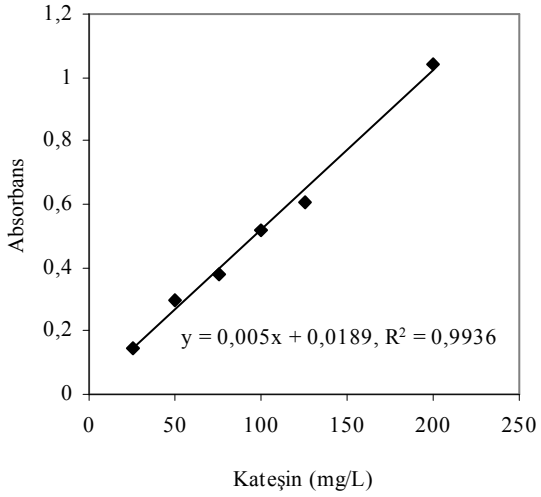
3.2.13 Toplam fenolik madde ekstraksiyonu

Domateste toplam fenolik madde ekstraksiyonu Shahidi *et al.* (2001) tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Buna göre 1g domates 10 mL % 70 (v/v)'lik metanol ile homojenizatörde 1 dakika karıştırıldıktan sonra 4000 devir/dak'da 15 dk boyunca santrifüj (EBA 12, Hettich, Almanya) edilmiştir. Üstteki faz ayrıldıktan sonra kalan kısım tekrar 10 mL % 70 metanol ile ekstrakte edilip santrifüj edilmiştir. Aynı işlem bir kez daha uygulandıktan sonra toplanan ekstraktlar metanol çözeltisi uzaklaştırılıncaya kadar döner buharlaştırıcıda 45 °C'de buharlaştırılmıştır. Elde edilen kalıntı 25 mL'ye saf metanol ile tamamlandıktan sonra –26°C'de depolanmıştır.

3.2.14 Toplam fenolik madde analizi

Domateste toplam fenolik madde miktarı, Kaur and Kapoor (2002) tarafından önerilen spektrofotometrik yönteme göre belirlenmiştir. Yöntemin prensibi, fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocelteau çözeltisi ile mavi rengi oluşturmasına dayanmaktadır (Tanner and Brunner 1979). Bu amaçla; 0.5 mL ekstrakt, 7 mL su ve 0.5 mL Folin-Ciocelteau çözeltisi karıştırılarak 3 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 2 ml % 20'lik Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilip su banyosunda 25 °C'de 1 saat bekletilen örneklerin

absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometrede (Unicam, İngiltere) 720 nm dalga boyunda okunmuştur. Sonuçlar, mg kateşin /kg olarak ifade edilmiştir. Standart kateşin kurvesi Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.11 Kateşin standart kurvesi

3.2.15 İstatistiksel analiz

Tüm analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmış ve sonuçlar aritmetik ortalama ± ortalamanın standart hatası (SE) şeklinde verilmiştir. Domateste belirlenen genel özellikler (pH, °Bx ve titrasyon asitliği); antioksidan aktivite; karotenoid madde (likopen, β-karoten ve lutein), L-askorbik asit, toplam fenolik madde ve renk parametreleri (L*, a*, b*, C, h) faktöriyel düzende varyans analizi (Two-way ANOVA) tekniği ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İstatistik değerlendirmede MINITAB 14.0 ve SPSS 9.05 paket programlarından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Domates Çeşitlerinin Bazı Genel Özellikleri

2003 yılında temin edilen domates çeşitlerinin bazı genel özellikleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin bazı genel özellikleri*

	Özellik		
Çeşit	pH	°Bx	Titrasyon asitliği (g/100g)
Alta	4.30 ± 0.023 defg	4.71 ± 0.078 h	0.49 ± 0.075 bcd
H 9663	4.36 ± 0.008 cde	5.50 ± 0.190 fg	0.440± 0.281 defg
H 9780	4.28 ± 0.008 efgh	6.14 ± 0.110 cde	0.54 ± 0.338 abc
H 9478	4.17 ± 0.038 ı	6.37 ± 0.252 bcd	0.54 ± 0.186 ab
H 9888	4.39 ± 0.035 bcd	6.15 ± 0.065 cde	0.35 ± 0.112 h
H 9776	4.28 ± 0.032 defgh	5.76 ± 0.097 ef	0.44 ± 0.115 defg
Kagome 932	4.31 ± 0.036 defg	6.15 ± 0.208 cde	0.44 ± 0.075 defg
Kagome 77	4.18 ± 0.041 hı	5.28 ± 0.235 g	0.47 ± 0.043 bcdef
Nema Krimson	4.28 ± 0.023 efgh	6.57 ± 0.248 abc	0.46 ± 0.222 cdef
Primopack	4.45 ± 0.025 abc	6.95 ± 0.049 a	0.42 ± 0.309 efgh
Red Gold	4.21 ± 0.033 ghı	6.38 ± 0.264 bcd	0.59 ± 0.154 a
TT 105	4.24 ± 0.042 fghı	6.66 ± 0.128 ab	0.49 ± 0.127 bcd
UG 902	4.33 ± 0.049 def	5.24 ± 0.093 g	0.35 ± 0.280 h
UG 1802	4.30 ± 0.003 defg	5.89 ± 0.155 def	0.48 ± 0.267 bcde
UG 5602	4.50 ± 0.020 a	6.08 ± 0.101 cde	0.40 ± 0.309 fgh
Unirex	4.47 ± 0.029 ab	6.75 ± 0.095 ab	0.37 ± 0.194 gh
Minimum	4.17 ± 0.038	4.71 ± 0.078	0.35 ± 0.280
Maksimum	4.50 ± 0.020	6.95 ± 0.049	0.59 ± 0.154
Ortalama	4.31 ± 0.016	6.04 ± 0.093	0.46 ± 0.108

*: Aynı sütunda farklı harfleri alan domates çeşitlerinin genel özellikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin pH değerinin 4.17 ± 0.038 ile 4.50 ± 0.020 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek pH değeri, UG 5602 domates çeşidinde belirlenmiştir. Zayıf asitlikteki bu çeşit, Unirex ve Primopack dışında diğer çeşitlere kıyasla önemli fark göstermektedir ($p<0.05$). Diğer taraftan H 9478, en düşük pH değeri ile Red Gold, TT 105 ve Kagome 77 dışında diğer çeşitlerden daha fazla asitliğe sahip domates çeşidi olarak belirlenmiştir ($p<0.05$).

2003 yılında domates çeşitlerinin ortalama °Bx değeri 6.04 ± 0.093 olarak saptanmıştır. Düşük °Bx değeri ile dikkat çeken Alta çeşidinin diğer çeşitlerden önemli düzeyde ($p<0.05$) farklılık gösterdiği saptanmıştır. Diğer taraftan en yüksek °Bx değerine (6.95 ± 0.049) sahip olan Primopack çeşidi, Unirex, TT 105 ve Nema Krimson dışındaki diğer çeşitlerden farklılık göstermektedir.

Titrasyon asitliği değerlerine bakıldığında ise; UG 902 (0.35 ± 0.280 g/100g) ve H 9888 (0.35 ± 0.112 g/100g) çeşitlerinin toplam asit içeriğinin UG 5602, Unirex ve Primopack hariç diğer çeşitlere kıyasla önemli miktarda düşük olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Buna karşılık; toplam asitliği en yüksek Red Gold domates çeşidinin (0.59 ± 0.154 g/100g); H 9478 ve H 9780 dışında diğer domates çeşitlerinden önemli düzeyde farklı olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

2004 yılında temin edilen domates çeşitlerinin genel özellikleri ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre; 2004 yılında domates çeşitlerinin pH değeri 4.03 ± 0.019 - 5.22 ± 0.075 aralığında değişmektedir. En düşük pH değeri Kagome 77 domates çeşidinde belirlenmiştir. Kagome 77'den sonra düşük pH değeri ile dikkat çeken diğer bir domates çeşidi de Nema Krimson (4.15 ± 0.023)'dur. Bu iki çeşit; yüksek asitlikleri ile diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermekteyken, en yüksek pH değeri (5.22 ± 0.075) ile zayıf asitliğe sahip Primopack domates çeşidi diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

2004 yılında domates çeşitlerinin suda çözünür kuru madde miktarlarının 4.04 ± 0.083 ile 5.42 ± 0.3 aralığında değiştiği belirlenmiştir. H 9663, en düşük °Bx değeri ile

Primopack, H 9478 ve Red Gold dışında diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Nema Krimson domates çeşidinin suda çözünür kuru madde içeriğinin ise H 9888 (5.42 ± 0.300), UG 1802, UG 5602, Unirex, Kagome 77 ve Alta dışında diğer çeşitlere kıyasla önemli düzeyde yüksek bulunduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Çizelge 4.2 2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin bazı genel özellikleri*

	Özellik		
Çeşit	pH	°Bx	Titrasyon asitliği (g/100g)
Alta	4.27 ± 0.027 e	5.20 ± 0.153 abcd	0.56 ± 0.704 ab
H 9663	4.31 ± 0.025 de	4.04 ± 0.083 h	0.29 ± 0.072 g
H 9780	4.41 ± 0.032 cd	4.57 ± 0.003 efg	0.38 ± 0.195 def
UG 902	4.35 ± 0.021 cde	4.83 ± 0.167 cde	0.48 ± 0.532 c
H 9478	4.44 ± 0.046 c	4.24 ± 0.078 fgh	0.33 ± 0.075 fg
H 9888	4.39 ± 0.019 d	5.00 ± 0.056 abcde	0.36 ± 0.833 defg
H 9776	4.42 ± 0.015 c	4.71 ± 0.052 def	0.31 ± 0.196 fg
Kagome 932	4.25 ± 0.021 e	4.89 ± 0.062 bcde	0.44 ± 0.075 cde
Kagome 77	4.03 ± 0.019 g	5.25 ± 0.144 abc	0.58 ± 0.170 a
Nema Krimson	4.15 ± 0.023 f	5.42 ± 0.300 a	0.44 ± 0.043 cd
Primopack	5.22 ± 0.075 a	4.23 ± 0.029 fgh	0.50 ± 0.115 bc
Red Gold	4.26 ± 0.012 e	4.13 ± 0.060 gh	0.36 ± 0.153 efg
TT 105	4.55 ± 0.043 b	4.64 ± 0.288 ef	0.32 ± 0.265 fg
UG 1802	4.27 ± 0.003 e	5.17 ± 0.220 abcd	0.44 ± 0.130 cde
UG 5602	4.31 ± 0.012 de	5.00 ± 0.144 abcde	0.35 ± 0.281fg
Unirex	4.35 ± 0.013 cde	5.35 ± 0.061ab	0.35 ± 0.112 fg
Minimum	4.03 ± 0.019	4.04 ± 0.083	0.29 ± 0.072
Maksimum	5.22 ± 0.075	5.42 ± 0.300	0.58 ± 0.170
Ortalama	4.37 ± 0.037	4.79 ± 0.0702	0.41 ± 0.137

*: Aynı sütunda farklı harfleri alan domates çeşitlerinin genel özellikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

2004 yılında domates çeşitlerinin titrasyon asitliği değerlerine bakıldığında; toplam asitliği en düşük olan H 9663 domates çeşidi (0.29 ± 0.072 g/100g); Nema Krimson, Alta, UG 1802, UG 902, H 9780, Kagome 77, Kagome 932 ve Primopack çeşitlerinin titrasyon asitliği değerlerinden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.05$). Kagome 77 (0.58 ± 0.170 g/100g); toplam asitlik miktarı en fazla domates çeşidi olarak

belirlenmiş ve Alta çeşidi hariç diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

Domates çeşitlerinin genel özelliklerinin yıllara göre değişkenlik gösterdiği Çizelge 4.3'den görülmektedir. Buna göre 2004 yılında; H 9780, Primopack, H 9478, H 9776 ve TT 105 domates çeşitlerinin pH değerindeki artışın önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Ayrıca; H 9478, H 9776, H 9780 ve TT 105 domates çeşitlerinin 2004 yılında azalan titrasyon asitliği değerlerinin de 2003 yılına kıyasla önemli olduğu bulunmuştur. Domates çeşitlerinin çözünür kuru madde miktarları da yıllara göre önemli değişkenlik göstermiştir. 2003 yılına kıyasla 2004 yılında Alta çeşidi dışında tüm çeşitlerin çözünür kuru madde miktarları azalmıştır. °Bx değerindeki bu azalmanın, UG 902 ve Kagome 77 hariç tüm çeşitlerde önemli olduğu saptanmıştır. Alta çeşidinin °Bx değerinin ise önemli oranda arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

Lisiewska and Kmiecik (2000), domatesin pH değerini 4.18 olarak belirlerken; Thompson *et al.* (2000) 3.91-4.34 aralığında saptamıştır. Bu araştırmada domateslerin 2003 ve 2004 yıllarındaki ortalama pH değeri, sırasıyla 4.31 ± 0.016 ve 4.37 ± 0.037 olarak belirlenmiş ve literatür bulgularıyla uyumlu bulunmuştur. Yalnızca, Primopack çeşidinin 2004 yılına ait pH değerinin (5.22 ± 0.075), gerek literatürde gerekse bu araştırmada elde edilen bulgulardan önemli düzeyde farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Toor and Savage (2005), Excell, Tradiro ve Flavourine domates çeşitleri için titrasyon asitliği değerlerini sırasıyla % 0.55 ± 0.04, % 0.41 ± 0.002 ve % 0.56 ± 0.02 olarak belirlemiştir. Thompson *et al*. (2000) ise 8 domates çeşidinin titrasyon asitliği değerlerinin % 0.38 ile % 0.57 arasında değiştiğini bildirmektedir. Ayrıca, Lisiewska and Kmiecik (2000); domatesin asitliğini % 0.35 olarak belirlemişlerdir. Bu araştırmada; 2 yıl süreyle temin edilen domates çeşitlerinin titrasyon asitliği değerleri ise % 0.29 ile % 0.59 aralığında değişmektedir. Buna göre; en yüksek titrasyon asitliği değerinin, literatür bulgularındaki yüksek değerlerle uyum sağladığı; en düşük titrasyon asitliği değerinin ise, literatürde belirlenen düşük titrasyon asitliği değerlerinden farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3 Domates çeşitlerinin bazı genel özelliklerinin yıllara göre değişimi*

Çeşit	pH		°Bx		Titrasyon asitliği (g/100 g)	
	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Alta	4.30 ± 0.023 a	4.27 ± 0.026 a	4.71 ± 0.078 b	5.20 ± 0.153 a	0.49 ± 0.075 a	0.56 ± 0.704 a
H 9663	4.36 ± 0.008 a	4.31 ± 0.025 a	5.50 ± 0.190 a	4.04 ± 0.083 b	0.44 ± 0.281a	0.29 ± 0.072 b
H 9780	4.28 ± 0.008 b	4.41 ± 0.032 a	6.14 ± 0.110 a	4.57 ± 0.003 b	0.54 ± 0.338 a	0.38 ± 0.195 b
H 9478	4.17 ± 0.038 b	4.44 ± 0.046 a	6.37 ± 0.252 a	4.24 ± 0.078 b	0.54 ± 0.186 a	0.33 ± 0.075 b
H 9888	4.39 ± 0.035 a	4.39 ± 0.018 a	6.15 ± 0.065 a	5.00 ± 0.056 b	0.35 ± 0.112 a	0.36 ± 0.833 a
H 9776	4.28 ± 0.032 b	4.42 ± 0.015 a	5.76 ± 0.097 a	4.71 ± 0.052 b	0.44 ± 0.115 a	0.31 ± 0.196 b
Kagome 932	4.31 ± 0.036 a	4.25 ± 0.021 a	6.15 ± 0.208 a	4.89 ± 0.062 b	0.44 ± 0.075 a	0.44 ± 0.075 a
Kagome 77	4.18 ± 0.041 a	4.03 ± 0.018 b	5.28 ± 0.235 a	5.25 ± 0.144 a	0.47 ± 0.043 b	0.58 ± 0.170 a
Nema Krimson	4.28 ± 0.023 a	4.15 ± 0.023 b	6.57 ± 0.248 a	5.42 ± 0.300 b	0.46 ± 0.222 a	0.44 ± 0.043 a
Primopack	4.45 ± 0.025 b	5.22 ± 0.075 a	6.95 ± 0.049 a	4.23 ± 0.029 b	0.42 ± 0.309 b	0.50 ± 0.115 a
Red Gold	4.21 ± 0.033 a	4.26 ± 0.012 a	6.38 ± 0.264 a	4.13 ± 0.060 b	0.59 ± 0.154 a	0.36 ± 0.153 b
TT 105	4.24 ± 0.042 b	4.55 ± 0.043 a	6.66 ± 0.128 a	4.64 ± 0.288 b	0.49 ± 0.127 a	0.32 ± 0.265 b
UG 902	4.33 ± 0.049 a	4.35 ± 0.021 a	5.24 ± 0.093 a	4.83 ± 0.167 a	0.35 ± 0.280 b	0.48 ± 0.532 a
UG 1802	4.30 ± 0.003 a	4.27 ± 0.003 a	5.89 ± 0.155 a	5.17 ± 0.220 b	0.48 ± 0.267 a	0.44 ± 0.130 a
UG 5602	4.50 ± 0.020 a	4.31 ± 0.012 b	6.08 ± 0.101 a	5.00 ± 0.144 b	0.40 ± 0.309 a	0.35 ± 0.281 a
Unirex	4.47 ± 0.029 a	4.35 ± 0.013 b	6.75 ± 0.095 a	5.35 ± 0.061 b	0.37 ± 0.194 a	0.35 ± 0.112 a
Minimum	4.17 ± 0.038	4.03 ± 0.019	4.71 ± 0.078	4.04 ± 0.083	0.35 ± 0.280	0.29 ± 0.072
Maksimum	4.50 ± 0.020	5.22 ± 0.075	6.95 ± 0.049	5.42 ± 0.300	0.59 ± 0.154	0.58 ± 0.170
Ortalama	4.31 ± 0.016	4.37 ± 0.037	6.04 ± 0.093	4.79 ± 0.070	0.46 ± 0.108	0.41 ± 0.137

*: Genel özelliklere ait sütunlarda aynı satırlarda farklı harflerle belirtilen değerler yıla göre farklılık göstermektedir ($p<0.05$)

Toor *et al.* (2006); Excell, Tradiro ve Flavourine domates çeşitleri için °Bx değerlerini sırasıyla 4.8 ± 0.17, 4.9 ± 0.28 ve 5.5 ± 0.10 olarak belirlemiştir. Lisiewska and Kmiecik (2000) ise domatesin % 4.88 düzeyinde çözünür kuru madde içerdiğini saptamıştır. Bu araştırmada kullanılan domateslerin çözünür kuru madde miktarının ise 4.04 ± 0.083 ile 6.95 ± 0.049 °Bx aralığında değiştiği belirlenmiş ve özellikle 2003 yılında temin edilen domates çeşitlerinin (birkaç çeşit hariç) suda çözünür kuru madde miktarlarının literatür bulgularına kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

4.2 Domateslerin Karotenoid Madde Dağılımı

2003 yılında temin edilen 16 domates çeşidinde belirlenen karotenoid madde miktarları Çizelge 4.4'de verilmektedir. Domateslerde başlıca karotenoidin likopen (ortalama 16.37 ± 1.49 mg/kg); ikinci sırada yer alan bileşiğin ise β-karoten (ortalama 2.96 ± 0.299 mg/kg) olduğu saptanmıştır. Lutein ise düşük miktarlarda (ortalama 0.124 ± 0.0186 mg/kg) belirlenmiştir. Likopen içeriği en yüksek olan Kagome 77'nin (24.43 ± 4.28 mg/kg); sadece TT 105, H 9478, UG 902, Kagome 932, H 9780 ve H 9663 çeşitlerinin likopen miktarlarından farklı olduğu; diğer çeşitlerin likopen içeriklerinden önemli düzeyde farklılık göstermediği saptanmıştır. En düşük likopen içeriği ile H 9478 (5.72 ± 1.48 mg/kg) domates çeşidi ise birkaç çeşit dışında (H 9663, H 9780, Kagome 932, UG 902, TT 105) diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Domates çeşitlerinin β-karoten içerikleri ise 2.10 ± 0.096 - 7.09 ± 0.129 mg/kg arasında değişmektedir. Kagome 77, tüm çeşitlere kıyasla en yüksek β-karoten içeriği ile farklılık göstermektedir ($p<0.05$). Alta çeşidinin β-karoten içeriğinin de diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık gösterdiği (3.87 ± 0.193 mg/kg) ve Kagome 77'den sonra β-karoten miktarı en fazla olan ikinci çeşit olduğu belirlenmiştir. Domates çeşitlerindeki lutein miktarı ise 0.023 ± 0.0095 ile 0.280 ± 0.0346 mg/kg aralığında saptanmıştır. En düşük lutein içeriğine sahip olan H 9663'ün lutein miktarı; H 9780, Primopack, Unirex, TT 105 ve Nema Krimson dışında diğer çeşitlere kıyasla önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Buna karşılık; UG 902 domates çeşidinde en yüksek düzeyde

Çizelge 4.4 2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinde karotenoid madde dağılımı (mg/kg)*

Çeşit	Likopen	β-karoten	Lutein	Toplam karotenoid
Alta	23.28 ± 4.95 a	3.87 ± 0.193 b	0.175 ± 0.0310 bc	27.33 ± 5.00 ab
H 9663	8.31 ± 2.40 de	2.11 ± 0.175 g	0.023 ± 0.0095 f	10.44 ± 2.47 de
H 9780	12.10 ± 1.06 bcde	2.10 ± 0.096 g	0.027 ± 0.0120 ef	14.23 ± 1.22 cde
H 9478	5.72 ± 1.48 e	2.29 ± 0.078 efg	0.118 ± 0.0149 cd	8.13 ± 1.47 e
H 9888	23.17 ± 2.50 a	2.85 ± 0.184 cdef	0.118 ± 0.0131 cd	26.14 ± 2.56 ab
H 9776	23.82 ± 2.92 ab	2.15 ± 0.182 fg	0.105 ± 0.0225 cde	26.08 ± 2.78 bc
Kagome 932	9.66 ± 1.94 e	2.55 ± 0.280 defg	0.130 ± 0.0100 cd	12.34 ± 1.77 e
Kagome 77	24.43 ± 4.28 a	7.09 ± 0.129 a	0.133 ± 0.0333 cd	31.65 ± 4.30 a
Nema Krimson	14.20 ± 5.52 abcd	2.98 ± 0.211 cde	0.090 ± 0.0129 def	17.27 ± 5.15 bc
Primopack	18.76 ± 3.86 abcd	2.71 ± 0.063 defg	0.067 ± 0.0088 def	21.54 ± 3.96 bc
Red Gold	16.61 ± 3.72 abc	3.06 ± 0.105 cd	0.245 ± 0.0150 ab	19.92 ± 3.85 bc
TT 105	14.39 ± 2.65 bcde	2.61 ± 0.111 defg	0.050 ± 0.0058 def	17.05 ± 2.69 cde
UG 902	15.50 ± 0.71 cde	2.47 ± 0.029 defg	0.280 ± 0.0346 a	18.25 ± 0.79 cde
UG 1802	19.86 ± 1.59 a	2.85 ± 0.123 cdef	0.217 ± 0.0722 ab	22.93 ± 1.57 ab
UG 5602	20.77 ± 2.41 abc	2.40 ± 0.065 defg	0.110 ± 0.0091 cde	23.28 ± 2.36 bc
Unirex	11.26 ± 2.54 abcd	3.20 ± 0.138 c	0.103 ± 0.0025 cdef	14.56 ± 2.64 bcd
Minimum	5.72 ± 1.48	2.10 ± 0.096	0.023 ± 0.0095	8.13 ± 1.47
Maksimum	24.43 ± 4.28	7.09 ± 0.129	0.280 ± 0.0346	31.65 ± 4.30
Ortalama	16.37 ± 1.49	2.96 ± 0.299	0.124 ± 0.0186	19.58 ± 1.15

*: Aynı sütunlarda farklı harflerle belirtilen karotenoid madde miktarları çeşide göre farklılık göstermektedir ($p<0.05$)

belirlenen lutein miktarının UG 1802 ve Red Gold dışındaki diğer tüm çeşitlerin lutein içeriklerinden önemli düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

2003 yılında; toplam karotenoid madde bakımından en zengin domates çeşidinin Kagome 77 olduğu görülmektedir. Nitekim; Kagome 77'de 31.65 ± 4.30 mg/kg düzeyinde belirlenen toplam karotenoid madde miktarı Alta, H 9888 ve UG 1802 hariç diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.05$). Diğer taraftan, en düşük toplam karotenoid madde miktarı ile dikkat çeken H 9478 domates çeşidi; H 9663, Kagome 932, H 9780, TT 105 ve UG 902 dışında diğer çeşitlerden önemli düzeyde ayrılmaktadır ($p<0.05$).

2004 yılında hasat edilen domateslerdeki karotenoid madde dağılımı ise Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu yılda da en yüksek konsantrasyondaki karotenoid likopendir (ort. 18.90 ± 1.25 mg/kg). En yüksek likopen miktarı H 9888 domates çeşidinde (26.25 ± 4.85 mg/kg) belirlenmiştir. Ancak, bu miktarın sadece 6 domates çeşidinden (H 9663, H 9780, Kagome 932, UG 902, H 9478 ve TT 105) önemli düzeyde farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$). 2004 yılında domates çeşitlerinin ortalama β-karoten miktarı ise 4.10 ± 0.501 mg/kg olarak belirlenmiştir. Kagome 77; en yüksek β-karoten içeriği (11.24 ± 0.576 mg/kg) ile dikkat çekmekte ve diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.05$). Alta domates çeşidinin β-karoten içeriği ise (2.65 ± 0.084 mg/kg), 6 çeşit hariç (Red Gold, UG 5602, H 9776, H 9478, UG 902 ve H 9780) diğer tüm çeşitlerin β-karoten içeriğine kıyasla önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Lutein içeriği en zengin domates çeşidinin ise UG 1802 (0.488 ± 0.0272 mg/kg) olduğu ve UG 902 dışında diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna karşılık, en düşük lutein içeriğine sahip olan H 9663 (0.066 ± 0.0145 mg/kg) çeşidinin TT 105, Red Gold, H 9888, H 9478 ve Primopack dışında diğer tüm çeşitlerden farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.5 2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinde karotenoid madde dağılımı (mg/kg)*

Çeşit	Likopen	β-karoten	Lutein	Toplam karotenoid
Alta	23.11 ± 2.23 a	2.65 ± 0.084 g	0.267 ± 0.0674 b	26.03 ± 2.16 ab
H 9663	14.09 ± 2.55 de	3.43 ± 0.318 ef	0.066 ± 0.0145 f	17.59 ± 2.33 de
H 9780	15.56 ± 3.95 bcde	3.29 ± 0.191 efg	0.168 ± 0.0295 de	19.02 ± 3.94 cde
H 9478	14.29 ± 2.89 e	3.32 ± 0.150 efg	0.110 ± 0.0082 def	17.72 ± 3.01 e
H 9888	26.25 ± 4.85 a	3.48 ± 0.161 def	0.080 ± 0.0115 f	29.81 ± 5.04 ab
H 9776	18.74 ± 6.21 ab	2.86 ± 0.056 fg	0.175 ± 0.0260 cd	21.78 ± 6.25 bc
Kagome 932	8.72 ± 0.93 e	4.21 ± 0.220 bc	0.180 ± 0.0135 d	13.11 ± 0.98 e
Kagome 77	22.62 ± 0.75 a	11.24 ± 0.576 a	0.260 ± 0.0100 bc	34.12 ± 1.81 a
Nema Krimson	20.45 ± 0.31 abcd	4.26 ± 0.609 bc	0.168 ± 0.0225 de	24.88 ± 0.83 bc
Primopack	16.97 ± 2.05 abcd	4.65 ± 0.071 b	0.153 ± 0.0229 def	21.77 ± 2.12 bc
Red Gold	23.92 ± 3.22 abc	3.32 ± 0.317 efg	0.088 ± 0.0155 ef	27.33 ± 3.34 bc
TT 105	15.56 ± 2.24 bcde	3.66 ± 0.017 cde	0.140 ± 0.0071 def	19.36 ± 2.28 cde
UG 902	13.27 ± 0.30 cde	3.02 ± 0.458 efg	0.475 ± 0.0450 a	16.77 ± 1.19 cde
UG 1802	24.95 ± 3.22 a	4.12 ± 0.160 bcd	0.488 ± 0.0272 a	29.56 ± 3.13 ab
UG 5602	20.91 ± 0.49 abc	3.22 ± 0.228 efg	0.337 ± 0.0393 b	24.47 ± 0.74 bc
Unirex	22.99 ± 1.40 abcd	4.80 ± 0.106 b	0.173 ± 0.0202 de	27.96 ± 1.68 bcd
Minimum	8.72 ± 0.93	2.65 ± 0.084	0.066 ± 0.0145	13.11 ± 0.98
Maksimum	26.25 ± 4.85	11.24 ± 0.576	0.488 ± 0.0272	34.12 ± 1.81
Ortalama	18.90 ± 1.25	4.10 ± 0.501	0.210 ± 0.0323	23.31 ± 1.02

*: Aynı sütunlarda farklı harflerle belirtilen karotenoid madde miktarları çeşide göre farklılık göstermektedir ($p<0.05$)

Kagome 77, 2003 yılında olduğu gibi 2004 yılında da toplam karotenoid madde miktarını en fazla içeren çeşit olarak belirlenmiş ve yine H 9888, UG 1802 ve Alta çeşitleri dışında diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Diğer taraftan; en düşük toplam karotenoid madde içeriğine sahip Kagome 932 domates çeşidinin toplam karotenoid madde miktarının (ort. 13.11± 0.98 mg/kg) UG 902, H 9478, TT 105, H 9663 ve H 9780 domates çeşitleri hariç diğer çeşitlere kıyasla önemli düzeyde farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Domatesteki likopen, β-karoten ve lutein miktarlarına ilişkin farklı çalışmalardan elde edilen bulgular ise Çizelge 4.6'da görülmektedir.

Çizelge 4.6 Domateste belirlenen likopen, β-karoten ve lutein miktarları (mg/kg)

Kaynaklar	Likopen	β-karoten	Lutein
Heinonen *et al.* (1989)	31.0	6.6	1.0
Khachik *et al.* (1992)	39.2	2.8	1.3
Hart and Scott (1995)	29.4	4.2	0.8
Konings and Roomans (1997)	27.3	3.8	0.5
Müller (1997)	114.4	8.9	2.1
Rao *et al.* (1998)	101.6	-	-
Lisiewska and Kmiecik (2000)	32.8	14.2	-
Thompson *et al.* (2000)	26.2-57.8	-	-
Nguyen *et al.* (2001)	50.9	-	-
Alves Rodrigues and Shao (2004)	30.3	3.9	1.3
Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)	35.4	3.2	1.0
Barba *et al.* (2006)	28-71	6-12	-
Chang *et al.* (2006)	23-30	-	-
Raffo *et al.* (2006)	70.6-119.7	5.2-10.6	0.14-0.25
Toor *et al.* (2006)	14.8	-	-

Çizelge 4.6'dan da görüldüğü gibi domatesin likopen, β-karoten ve lutein içerikleri sırasıyla 14.8-119.7 mg/kg; 2.8-14.2 mg/kg ve 0.14-2.1 mg/kg arasında değişmektedir.

Domateste bu karotenoidlerin dışında fitofluen, fitoen, ζ-karoten ve γ-karotenin de yer aldığı belirtilmektedir (Heinonen *et al.* 1989, Khachik *et al.* 1992, Nguyen *et al.* 2001, Raffo *et al.* 2006). Bu araştırmada; domateslerde belirlenen likopen (5.72 ± 1.48 mg/kg -24.95 ± 3.22 mg/kg) ve β-karoten (2.10 ± 0.096 mg/kg - 11.24 ± 0.576 mg/kg) miktarları literatür bulgularıyla uyum gösterirken; lutein (0.023 ± 0.0095 mg/kg - 0.488 ± 0.0272 mg/kg) içerikleri, Raffo *et al.* (2006) tarafından belirlenen lutein miktarı hariç diğer literatür bulgularına kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Bu araştırmada, domateslerde karotenoid madde miktarlarının yıllara göre değişimi ise Çizelge 4.7'de gösterilmektedir. Domateslerde başlıca karotenoid olan likopen, yıllara göre önemli bir fark göstermemektedir. Buna karşın; UG 902 ve Red Gold dışındaki domates çeşitlerinin β-karoten miktarlarında önemli değişiklikler belirlenmiştir. 2004 yılında, Alta domates çeşidinin β-karoten miktarındaki azalma ve diğer tüm çeşitlerin β-karoten miktarlarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca; 2004 yılında çeşitlerin çoğunun lutein içeriğinin önemli miktarda arttığı saptanmıştır. Buna karşılık; H 9663, Kagome 932, H 9478, H 9888, H 9776 ve Unirex domates çeşitlerinin lutein içeriklerinin yıllara göre değişmediği belirlenmiştir ($p<0.05$).

Domates çeşitlerinin likopen içerikleri ile birlikte toplam karotenoid madde miktarlarının da yıllara göre değişmediği saptanmıştır. Bu nedenle, domateslerdeki karotenoid bileşiklerin yıllara göre değişim tablosunda likopen ve toplam karotenoid sütunlarına ilişkin istatistiksel harflendirme yapılmamıştır. Ancak; 2003 ve 2004 yıllarında temin edilen domateslerin ortalama likopen ve toplam karotenoid madde miktarları arasındaki fark istatistik açıdan önemlidir ($p<0.05$). Bu farkın; çevresel faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim; ışık, sıcaklık, hasat zamanı gibi etkenlerin likopen oluşumunda rol oynadığı bilinmektedir. Örneğin, 16 °C-21 °C sıcaklık aralığının likopen oluşumunu teşvik ettiği; buna karşılık 30 °C'nin üzerindeki sıcaklığın likopen sentezini inhibe ettiği belirtilmektedir (Toor *et al*. 2006). Diğer bazı araştırmalara göre ise; likopenin 12 °C-32 °C sıcaklık aralığında optimum düzeyde oluştuğu; daha yüksek sıcaklıklarda ise oluşumunun engellendiği aktarılmaktadır (Raffo *et al*. 2006).

Çizelge 4.7 Domates çeşitlerinde karotenoid madde miktarının yıllara göre değişimi (mg/kg)*

	Likopen		β-karoten		Lutein		Toplam karotenoid	
Çeşit	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Alta	23.28 ± 4.95	23.11 ± 2.23	3.87 ± 0.193 a	2.65 ± 0.084 b	0.175 ± 0.0310 b	0.267 ± 0.0674 a	27.33 ± 5.00 ab	26.03 ± 2.16 ab
H 9663	8.31 ± 2.40	14.09 ± 2.55	2.11 ± 0.175 b	3.43 ± 0.318 a	0.023 ± 0.0095 a	0.066 ± 0.0145 a	10.44 ± 2.47 de	17.59 ± 2.33 de
H 9780	12.10 ± 1.06	15.56 ± 3.95	2.10 ± 0.096 b	3.29 ± 0.191 a	0.027 ± 0.0120 b	0.168 ± 0.0295 a	14.23 ± 1.22 cde	19.02 ± 3.94 cde
H 9478	5.72 ± 1.48	14.29 ± 2.89	2.29 ± 0.078 b	3.32 ± 0.150 a	0.118 ± 0.0149 a	0.110 ± 0.0082 a	8.13 ± 1.47 e	17.72 ± 3.01 e
H 9888	23.17 ± 2.50	26.25 ± 4.85	2.85 ± 0.184 b	3.48 ± 0.161 a	0.118 ± 0.0131 a	0.080 ± 0.0115 a	26.14 ± 2.56 ab	29.81 ± 5.04 ab
H 9776	23.82 ± 2.92	18.74 ± 6.21	2.15 ± 0.182 b	2.86 ± 0.056 a	0.105 ± 0.0225 a	0.175 ± 0.0260 a	26.08 ± 2.78 bc	21.78 ± 6.25 bc
Kagome 932	9.66 ± 1.94	8.72 ± 0.93	2.55 ± 0.280 b	4.21 ± 0.220 a	0.130 ± 0.0100 a	0.180 ± 0.0135 a	12.34 ± 1.77 e	13.11 ± 0.98 e
Kagome 77	24.43 ± 4.28	22.62 ± 0.75	7.09 ± 0.129 b	11.24 ± 0.576 a	0.133 ± 0.0333 b	0.260 ± 0.0100 a	31.65 ± 4.30 a	34.12 ± 1.81 a
Nema Krimson	14.20 ± 5.52	20.45 ± 0.31	2.98 ± 0.211 b	4.26 ± 0.609 a	0.090 ± 0.0129 b	0.168 ± 0.0225 a	17.27 ± 5.15 bc	24.88 ± 0.83 bc
Primopack	18.76 ± 3.86	16.97 ± 2.05	2.71 ± 0.063 b	4.65 ± 0.071 a	0.067 ± 0.0088 b	0.153 ± 0.0229 a	21.54 ± 3.96 bc	21.77 ± 2.12 bc
Red Gold	16.61 ± 3.72	23.92 ± 3.22	3.06 ± 0.105 a	3.32 ± 0.317 a	0.245 ± 0.0150 a	0.088 ± 0.0155 b	19.92 ± 3.85 bc	27.33 ± 3.34 bc
TT 105	14.39 ± 2.65	15.56 ± 2.24	2.61 ± 0.111 b	3.66 ± 0.017 a	0.050 ± 0.0058 b	0.140 ± 0.0071 a	17.05 ± 2.69 cde	19.36 ± 2.28 cde
UG 902	15.50 ± 0.71	13.27 ± 0.30	2.47 ± 0.029 a	3.02 ± 0.458 a	0.280 ± 0.0346 b	0.475 ± 0.0450 a	18.25 ± 0.79 cde	16.77 ± 1.19 cde
UG 1802	19.86 ± 1.59	24.95 ± 3.22	2.85 ± 0.123 b	4.12 ± 0.160 a	0.217 ± 0.0722 b	0.488 ± 0.0272 a	22.93 ± 1.57 ab	29.56 ± 3.13 ab
UG 5602	20.77 ± 2.41	20.91 ± 0.49	2.40 ± 0.065 b	3.22 ± 0.228 a	0.110 ± 0.0091 b	0.337 ± 0.0393 a	23.28 ± 2.36 bc	24.47 ± 0.74 bc
Unirex	11.26 ± 2.54	22.99 ± 1.40	3.20 ± 0.138 b	4.80 ± 0.106 a	0.103 ± 0.0025 a	0.173 ± 0.0202 a	14.56 ± 2.64 bcd	27.96 ± 1.68 bcd
Minimum	5.72 ± 1.48	8.72 ± 0.93	2.10 ± 0.096	2.65 ± 0.084	0.023 ± 0.0095	0.066 ± 0.0145	8.13 ± 1.47	13.11 ± 0.98
Maksimum	24.43 ± 4.28	24.95 ± 3.22	7.09 ± 0.129	11.24 ± 0.576	0.280 ± 0.0346	0.488 ± 0.0272	31.65 ± 4.30	34.12 ± 1.81
Ortalama	16.37 ± 1.49	18.90 ± 1.25	2.96 ± 0.299	4.10 ± 0.501	0.124 ± 0.0186	0.210 ± 0.0323	19.58 ± 1.15	23.31 ± 1.02

*: Karotenoid maddelere ait sütunlarda aynı satırlarda farklı harflerle belirtilen değerler yıllara göre farklılık göstermektedir ($p<0.05$)

Sass-Kiss *et al.* (2005) da, 2002 ve 2003 yıllarında yaptıkları çalışmada; hava koşullarının, domatesteki likopen içeriğine etki ettiğini, toprak çeşidinin ise likopen miktarında herhangi bir değişime neden olmadığını belirlemişlerdir.

4.3 Domateslerde CIE-L*a*b* Renk Değerleri

Renk, pekçok gıdada olduğu gibi domates için de önemli bir kalite kriteridir. Nitekim, domatesin çekici kırmızı rengi tüketici tarafından aranan bir özelliktir. Bu nedenle bu araştırmada, 2003 ve 2004 yıllarında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a*b* renk değerleri de belirlenmiştir (EK 1 ve EK 2). Bu araştırmada her iki yılda temin edilen tüm çeşitlerde L (32.11± 0.88 - 41.82 ± 0.23), a* (18.15 ± 0.51 - 24.10 ± 0.14), b* (11.67 ± 0.88 - 17.56 ± 0.23), C (22.13 ± 0.68 - 29.67 ± 0.43), h (31.67 ± 0.68 - 40.33 ± 1.52) ve a*/b* (1.18 ± 0.064 - 1.62 ± 0.044) değerlerinin literatürle uyumlu olduğu bulunmuştur.

CIE-L*a*b* renk parametreleri, domates renginin belirlenmesinde birçok araştırmacı tarafından da kullanılmıştır. Toor and Savage (2005), domatesin CIE renk sistemindeki L değerinin 44-48; a*/b* değerinin ise 1.05-1.34 aralığında değiştiğini belirtmektedir. Sanchez-Moreno *et al.* (2006), işlem görmemiş domates suyu ile 6 farklı işlem görmüş domates sularının L, a, b, C ve h değerlerindeki değişmeyi araştırmışlardır. Buna göre; işlem görmemiş domates suyunun CIE a* ve C değerlerinin sırasıyla 16.89 ± 0.53 ve 24.61± 1.34 olarak belirlendiği ve işlem görmüş domates sularına kıyasla en düşük kırmızı-yeşil tonuna sahip olduğu bildirilmektedir.

Birçok araştırmacı, domates çeşitlerinin renklerinin belirlenmesinde a/b değerinden de yararlanmıştır. a/b değeri, birçok gıdanın renginin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametredir. Nitekim; Hunter a/b değerinin salça renginin belirlenmesinde kullanılan bir kalite kriteri olduğu bilinmektedir. İyi üretilmiş bir salçanın hunter a/b değerinin 1.90 ve üzerinde olması gerektiği bildirilmektedir (Cemeroğlu 2007). Ayrıca, domatesteki likopenin CIE-L*a*b* renk sisteminde a*/b* değeri ile tahmin edilebileceği aktarılmaktadır. Arias *et al*. (2000) de, domatesin a*/b* değeri ile likopen

miktarı arasında doğrusal bir ilişki saptadıklarını bildirmektedir. Likopen miktarı ile a*/b* değeri arasında pozitif korelasyon Toor *et al*. (2006) tarafından da belirlenmiştir. Thompson *et al*. (2000) ise, domates homojenatının hue değerinin domates yüzeyinde okunan renk değerlerine kıyasla likopen içeriği ile daha fazla ilişkili olduğunu ileri sürmektedir. Sahlin *et al*. (2004), Toor and Savage (2005) ve Toor *et al*. (2006) da domatesteki likopen miktarı ile renk değerleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Bu nedenle bu araştırmada da; renk parametreleri ile domateslerde belirlenen karotenoid madde miktarları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Ancak, gerek kırmızı ve sarı renkleri ifade eden +a ve +b renk değerleri, gerekse renk tonunu ve renk doygunluğunu gösteren hue (h) ve chroma (C) değerleri ile karotenoid madde miktarları arasında bir korelasyon bulunamamıştır. Yalnızca likopen miktarı ile a*/b* değeri arasındaki doğrusal ilişkinin 2003 yılında önemli olduğu saptanmıştır ($r=0.51$, $p<0.05$).

4.4 Domateslerde L-Askorbik Asit Miktarı

Bu araştırmada, domateslerde belirlenen L-askorbik asit miktarlarının çeşitlere ve yıllara göre değişimi Çizelge 4.8'de verilmiştir. Buna göre; 2003 yılında domateslerin L-askorbik asit içeriğinin 2.2 ± 0.373 – 7.4 ± 0.368 mg/100g aralığında değiştiği görülmektedir. En fazla L-askorbik asit içeren domates çeşidinin Kagome 77 olduğu; Alta ve UG 902 dışındaki tüm çeşitlerden de önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Düşük L-askorbik asit içeriği ile dikkat çeken H 9478 çeşidinin ise sadece UG 902, H 9888, Red Gold, Kagome 77 ve Alta çeşitlerinden farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$).

2004 yılında temin edilen domateslerin L-askorbik asit miktarları ise 2.7 ± 0.403 – 13.8 ± 1.30 mg/100g arasında değişmektedir. 2004 yılında da L-askorbik asit içeriği en zengin çeşit Kagome 77 olarak belirlenirken; bunu Nema Krimson ve H 9888 domates çeşitleri izlemektedir. Kagome 77 domates çeşidinde belirlenen yüksek L-askorbik asit miktarı Nema Krimson hariç tüm çeşitlere kıyasla önemli bulunmuştur. Buna karşılık; H 9478 ve TT 105 domates çeşitleri en düşük L-askorbik asit içerikleri ile H 9780 hariç diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Domates çeşitlerinin L-askorbik asit içeriklerinin yıllara göre değişimi değerlendirildiğinde; H 9780, UG 902, H 9478, Red Gold, TT 105 ve Alta'nın L-askorbik asit içeriklerinin önemli bir değişim göstermediği; buna karşılık diğer çeşitlerin L-askorbik asit içeriklerinin bir önceki yıla kıyasla önemli miktarda arttığı saptanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.8 Domateslerde belirlenen L-askorbik asit miktarının çeşitlere* ve yıllara**göre değişimi

	L-Askorbik asit (mg/100g)			
Çeşit	2003		2004	
Alta	5.6 ± 0.30 ab	A	6.5 ± 0.472 cde	A
H 9663	4.3 ± 0.270 bcd	B	7.3 ± 0.474 cd	A
H 9780	4.6 ± 0.427 bcd	A	4.3 ± 0.274 fg	A
H 9478	2.2 ± 0.373 d	A	2.7 ± 0.403 g	A
H 9888	4.8 ± 0.205 bc	B	12.0 ± 0.865 b	A
H 9776	2.5 ± 0.522 cd	B	7.6 ± 0.201 c	A
Kagome 932	2.3 ± 0.112 cd	B	7.8 ± 0.409 c	A
Kagome 77	7.4 ± 0.368 a	B	13.8 ± 1.30 a	A
Nema Krimson	3.9 ± 0.437 bcd	B	13.0 ± 2.03 ab	A
Primopack	4.0 ± 0.052 bcd	B	6.0 ± 0.506 cdef	A
Red Gold	5.0 ± 0.246 b	A	5.2 ± 0.686 ef	A
TT 105	2.4 ± 0.045 cd	A	2.7 ± 0.356 g	A
UG 902	5.4 ± 0.142 ab	A	5.6 ± 1.23 def	A
UG 1802	2.5 ± 0.018 cd	B	7.2 ± 0.933 cd	A
UG 5602	2.4 ± 0.457 cd	B	11.8 ± 0.880 b	A
Unirex	4.5 ± 0.378 bcd	B	7.1 ± 0.511 cd	A
Minimum	2.2 ± 0.373		2.7 ± 0.403	
Maksimum	7.4 ± 0.368		13.8 ± 1.300	
Ortalama	4.0 ± 0.229		7.2 ± 0.484	

* : Aynı sütunda farklı küçük harfleri alan domates çeşitlerinin L-askorbik asit içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

**: Aynı satırda farklı büyük harfleri alan domates çeşitlerinin L-askorbik asit içerikleri arasındaki fark yıllara göre önemlidir ($p<0.05$)

Willcox *et al*. (2003), domateslerde C vitamini miktarının ortalama 20 mg/100g düzeyinde bulunduğunu bildirmektedir. Toor *et al*. (2006), üç farklı domatesin L-askorbik asit içeriğinin 165-252 mg/100g kuru ağırlık aralığında değiştiğini saptamıştır. Dumas *et al.* (2003), serada yetişen domatesler için L-askorbik asit miktarının 7-23 mg/ 100g arasında bulunduğunu bildirmektedir. Abushita *et al*. (2000) ise tarlada yetişen sofralık domatesler için askorbik asit miktarını 15-21 mg/100g; endüstri tipi domatesler için ise ortalama 19 mg/100g olarak saptamıştır. Aranca ve Excell domates çeşitlerinin L-askorbik asit içeriklerinin sırasıyla 25 ve 8.8 mg/100g olduğu bildirilmektedir (Sahlin *et al*. 2004). Toor and Savage (2005), domatesteki L-askorbik asit içeriğinin kuru maddede 284 mg; Davey *et al*. (2000) ise 100 g yaş ağırlıkta 16 mg olarak saptamıştır. Literatür bulgularının, 2003 ve 2004 yıllarında temin edilen domates çeşitlerinin ortalama L-askorbik asit miktarına (5.6 mg/100g) kıyasla yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum; L-askorbik asit miktarının, meyve ve sebzelerin olgunluğuna ve hasat zamanına göre değişkenlik göstermesi ile açıklanabilmektedir.

4.5 Domateslerde Toplam Fenolik Madde Miktarı

2003 ve 2004 yıllarına ait domateslerin toplam fenolik madde içeriklerinin çeşitlere ve yıllara göre değişimi Çizelge 4.9'da görülmektedir. 2003 yılında domates çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarı 288 ± 7.26 - 690 ± 21.7 mg kateşin/kg aralığında değişmektedir. Toplam fenolik madde içeriği en zengin çeşidin H 9776 olduğu ve diğer çeşitlere kıyasla önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna karşılık H 9478, fenolik bileşikleri en düşük miktarda içeren domates çeşidi (288 ± 7.26 mg kateşin/kg) olarak saptanmıştır. Düşük toplam fenolik madde içeriği ile dikkat çeken diğer domates çeşitleri ise TT 105 (311± 9.13 mg kateşin/kg) ve H 9663 (323 ± 4.41 mg kateşin/kg)'tür. Bu üç domates çeşidinin, toplam fenolik madde miktarının diğer tüm çeşitlere kıyasla önemli düzeyde farklı olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

2004 yılında ise domates çeşitlerinin ortalama toplam fenolik madde miktarı 345 ± 26.6 mg kateşin/kg olarak saptanmıştır. En yüksek fenolik madde içeriği Unirex domates

çeşidinde belirlenmiş (819 ± 12.4 mg kateşin/kg) ve diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Unirex domates çeşidinden sonra toplam fenolik madde miktarı en fazla olan domates çeşitleri ise sırasıyla H 9776 (646 ± 12.5 mg kateşin/kg) ve H 9663 (610 ± 4.33 mg kateşin/kg)'dür.

Çizelge 4.9 Domateslerde belirlenen toplam fenolik madde miktarının çeşitlere* ve yıllara** göre değişimi

	Toplam Fenolik Madde (mg kateşin/kg)			
Çeşit	2003		2004	
Alta	560 ± 7.37 c	A	272 ± 9.23 ef	B
H 9663	323 ± 4.41 ı	B	610 ± 4.33 bc	A
H 9780	499 ± 7.50 de	A	193 ± 14.5 h	B
H 9478	288 ± 7.26 ı	B	574 ± 7.37 c	A
H 9888	429 ± 17.6 g	A	277 ± 13.4 e	B
H 9776	690 ± 21.7 a	A	646 ± 12.5 b	B
Kagome 932	499 ± 14.2 de	A	279 ± 29.7 e	B
Kagome 77	634 ± 21.0 b	A	225 ± 9.11 gh	B
Nema Krimson	614 ± 19.2 b	A	226 ± 7.23 gh	B
Primopack	480 ± 8.51 ef	A	193 ± 16.5 h	B
Red Gold	382 ± 11.8 h	B	457 ± 9.81 d	A
TT 105	311 ± 9.13 ı	A	254 ± 11.9 efg	B
UG 902	566 ± 20.0 c	A	188 ± 4.56 h	B
UG 1802	449 ± 10.3 fg	A	198 ± 6.90 h	B
UG 5602	641 ± 18.1 b	A	229 ± 16.3 fgh	B
Unirex	533 ± 26.2 cd	B	819 ± 12.4 a	A
Minimum	288 ± 7.26		188 ± 4.56	
Maksimum	690 ± 21.7		819 ± 12.4	
Ortalama	495 ± 17.5		345 ± 26.6	

* : Aynı sütunda farklı küçük harfleri alan domates çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarları arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

** : Aynı satırda farklı büyük harfleri alan domates çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarları arasındaki fark yıllara göre önemlidir ($p<0.05$)

En düşük toplam fenolik madde miktarı ile UG 902'nin (188 ± 4.56 mg/kg); H 9780, Primopack, UG 1802, UG 5602, Nema Krimson ve Kagome 77 domates çeşitlerinden farklılık göstermediği; buna karşılık diğer tüm çeşitlerden önemli düzeyde farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Domateslerdeki toplam fenolik madde miktarının yıllara göre değişimine bakıldığında; H 9663, H 9478, Red Gold ve Unirex domates çeşitlerinin toplam fenolik madde içeriğinin 2004 yılında önemli oranda arttığı; diğer çeşitlerin fenolik madde miktarının ise önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır ($p<0.05$).

Domatesin fenolik madde içeriği bakımından diğer sebzeler arasında dikkat çektiği bildirilmektedir. Bazı sebzelerin toplam fenolik madde içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada, en yüksek fenolik madde içeriği lahanada belirlenmiştir. Bu sebzeyi ise azalan sıraya göre ravent, ıspanak, brokoli, bezelye, domates, patates ve havucun takip ettiği saptanmıştır (Zhou and Yu 2006).

Domateste bulunan fenolik bileşiklerin olgunlaşmaya bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir. Örneğin; meyvenin olgunlaşmasıyla hidroksisinamik asit içeriğinin azaldığı saptanmıştır. Buna karşılık; ham domates pulpunda 3-kafeoilkuinik asidin arttığı belirlenmiştir (Giovanelli *et al*. 1999). Domatesin fenolik bileşiklerden flavonoidleri daha fazla içerdiği ve bu bileşiklerin daha çok domatesin kabuğunda oluştuğu ve depolandığı bildirilmektedir. Bu nedenle, küçük yapıdaki domateslerin (30 µg/g); normal büyüklükteki çeşitlere (5 µg/g) kıyasla daha fazla flavonoid içerdiği belirtilmektedir (Willcox *et al*. 2003). Toor and Savage (2005), domatesteki toplam fenolik madde miktarını 404 mg gallik asit/100 g kuru madde düzeyinde belirlemiştir. Diğer taraftan, Aranca domates çeşidi için toplam fenolik içeriği 438.6 mg gallik asit/100 g kuru ağırlık; Excell domates çeşidi için ise 354. 83 mg gallik asit /100 g kuru ağırlık olarak saptanmıştır (Sahlin *et al*. 2004). Serada yetiştirilen Excell, Tradiro ve Flavourine domates çeşitlerinde; ortalama toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 100 g kuru ağırlıkta 287; 323 ve 328 mg gallik asit eşdeğeri olarak bulunmuştur. Sheng-Neu (SN) ve I-Tien Hung (ITH) domates çeşitlerinin toplam fenolik madde miktarının ise

gallik asit eşdeğeri olarak 38 ± 1.6 mg/100 g ve 34 ± 2.6 mg/100 g olduğu bildirilmektedir (Chang *et al.* 2006). Bu araştırmada kullanılan domates çeşitlerinin toplam fenolik madde içeriği 188 ± 4.56 – 819 ± 12.4 mg kateşin /kg aralığında değişim göstermiştir. 2003 yılında; Alta, H 9776, Kagome 77, Nema Krimson, UG 902, ve UG 5602; 2004 yılında ise H 9663, H 9478, H 9776 ve Unirex domates çeşitlerinin literatürden elde edilen bulgulara kıyasla yüksek toplam fenolik madde içeriği ile dikkat çektiği saptanmıştır.

4.6 Domateslerde Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

TEAC yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite

Domates çeşitlerinin TEAC yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin çeşitlere ve yıllara göre değişimi Çizelge 4.10'da görülmektedir. 2003 yılında domateslerin ortalama antioksidan aktivitesi 88.70 ± 3.87 µmol TEAC / 100 g olarak belirlenmiştir. En yüksek antioksidan aktiviteye sahip domates çeşidi olan Kagome 77 (118.30 ± 10.5 µmol TEAC / 100 g); H 9780 (102.00 ± 15.7 µmol TEAC / 100 g) ve Unirex (110.05 ± 6.68 µmol TEAC / 100 g) dışında diğer çeşitlere kıyasla önemli farklılık göstermektedir ($p<0.05$). H 9478 ise en düşük antioksidan aktiviteye sahip (48.33 ± 4.33 µmol TEAC / 100 g) domates çeşidi olarak dikkat çekmekte ve diğer çeşitlere göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Domateslerin 2004 yılında ortalama antioksidan aktiviteleri ise 80.18 ± 4.26 µmol TEAC/ 100 g olarak saptanmıştır. Kagome 932 domates çeşidi, en yüksek antioksidan aktiviteye (117.75 ± 6.84 µmol TEAC/ 100 g) sahiptir ve bunu 114.00 ± 3.24 µmol TEAC/ 100 g değeri ile H 9888 çeşidi izlemektedir. Bu iki çeşit yüksek antioksidan aktivite açısından diğer çeşitlerden farklılık göstermektedir ($p<0.05$). En düşük antioksidan aktivite (57.25 ± 5.59 µmol TEAC/100g) ile Alta domates çeşidi; Kagome domates çeşitleri, H 9478, H 9888, H 9776, UG 1802, UG 5602 ve Nema Krimson domates çeşitlerinden önemli düzeyde farklıdır. Diğer çeşitler arasında ise önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p<0.05$).

Yıllara göre antioksidan aktivitenin değişimi incelendiğinde ise; H 9780, Primopack, Unirex, Kagome 77 ve Alta çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri 2004 yılında önemli düşüş göstermiştir ($p<0.05$). Kagome 932, H 9478 ve H 9888 domates çeşitlerinin antioksidan aktivitesinin ise 2004 yılında önemli oranda arttığı saptanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.10 Domateslerde TEAC yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitenin çeşitlere* ve yıllara** göre değişimi

	Antioksidan aktivite (µmol TEAC/ 100 g)			
Çeşit	2003		2004	
Alta	80.25 ± 5.34 cd	A	57.25 ± 5.59 f	B
H 9663	89.67 ± 9.60 bcd	A	75.75 ± 4.1 bcdef	A
H 9780	102.00 ± 15.7 abc	A	74.00 ± 4.5 bcdef	B
H 9478	48.33 ± 4.33 e	B	80.50 ± 4.86 bcde	A
H 9888	94.00 ± 7.45 bcd	B	114.00 ± 3.24 a	A
H 9776	85.33 ± 7.06 cd	A	85.75 ± 8.89 bcd	A
Kagome 932	85.00 ± 1.00 cd	B	117.75 ± 6.84 a	A
Kagome 77	118.30 ± 10.5 a	A	88.67 ± 4.48 b	B
Nema Krimson	91.33 ± 6.77 bcd	A	86.75 ± 6.79 bc	A
Primopack	82.00 ± 3.11 cd	A	64.00 ± 4.71 ef	B
Red Gold	77.25 ± 3.94 d	A	66.00 ± 2.38 def	A
TT 105	81.25 ± 6.96 cd	A	67.25 ± 5.89 cdef	A
UG 902	87.00 ± 1.22 cd	A	68.00 ± 2.52 cdef	A
UG 1802	96.67 ± 3.38 bcd	A	73.3 ± 8.76 bcde	A
UG 5602	9 0.67 ± 5.67 bcd	A	91.30 ± 12.5 b	A
Unirex	110.00 ± 6.68 ab	A	68.50 ± 3.66 cdef	B
Minimum	48.33 ± 4.33		57.25 ± 5.59	
Maksimum	118.30 ± 10.5		117.75 ± 6.84	
Ortalama	88.70 ± 3.87		80.18 ± 4.26	

* : Aynı sütunda farklı küçük harfleri alan domates çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

**: Aynı satırda farklı büyük harfleri alan domates çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri arasındaki fark yıllara göre önemlidir ($p<0.05$)

Domatesin antioksidan aktivitesi üzerine son yıllarda pekçok çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalarda, daha çok TEAC yönteminden yararlanılmıştır. Toor and Savage (2005); Excell, Tradiro ve Flavourine domates çeşitlerinin ortalama TEAC değerini 2730 µmol TEAC/100g kuru madde olarak belirlemiştir. Zhou and Yu (2006) da 10 farklı domatesin antioksidan aktivite değerlerinin 5.4-20.9 µmol TEAC/100g aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada; Aranca domates çeşidi için antioksidan aktivite değeri 1909.6 µmol TEAC/100g kuru madde; Excell domates çeşidi için ise 1400 µmol TEAC/100g kuru madde olarak saptanmıştır (Sahlin *et al*. 2004). Bu araştırmada kullanılan domates çeşitlerinin 48.33 ± 4.33 µmol TEAC/100g ile 118.30 ± 10.5 µmol TEAC/100g arasında değişen antioksidan aktivite değerlerinin de literatür bulgularıyla uyum sağladığı görülmektedir.

DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite

Domates çeşitlerinin DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitelerinin çeşitlere ve yıllara göre değişimi Çizelge 4.11'de verilmiştir.

2003 yılında domates çeşitlerinin ortalama antioksidan aktivite değeri 53.0 ± 0.67 µmol TE / 100 g olarak belirlenmiştir. UG 1802 (44.2 ± 0.95 µmol TE / 100 g) ve UG 5602 (44.5 ± 1.00 µmol TE / 100 g) domates çeşitlerinin en düşük antioksidan aktivite değerleriyle; Primopack ve Alta çeşitleri hariç diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). UG 902 (57.6 ± 0.27 µmol TE / 100 g) ve Kagome 77 (57.6 ± 0.08 µmol TE / 100 g) ise; en yüksek antioksidan aktiviteye sahip domates çeşitleri olup Primopack, H 9478, H 9888, UG 1802, UG 5602 ve Alta domates çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinden önemli düzeyde farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$).

UG 1802'nin; 2004 yılında da en düşük antioksidan aktiviteye sahip (41.7 ± 0.08 µmol TE / 100 g) domates çeşidi olduğu görülmektedir ve bu çeşit TT 105, Kagome 77 ve UG 902 dışındaki diğer tüm domates çeşitlerinden önemli düzeyde farklıdır ($p<0.05$). Antioksidan aktivitesi en yüksek bulunan çeşit H 9776 (56.7 ± 0.62 µmol TE / 100 g)

ise; UG 902, UG 1802, TT 105 ve Kagome 77 hariç diğer tüm çeşitlerden önemli bir farklılık göstermemektedir ($p<0.05$).

Çizelge 4.11 Domateslerde DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitenin çeşitlere* ve yıllara** göre değişimi

	Antioksidan aktivite (µmol TE/ 100 g)			
Çeşit	2003		2004	
Alta	49.1 ± 1.04 cd	B	56.3 ± 0.95 a	A
H 9663	52.7 ± 0.87 abc	A	53.1 ± 2.28ab	A
H 9780	54.7 ± 1.68 abc	A	53.7 ± 2.75 ab	A
H 9478	50.5 ± 6.45 c	A	55.4 ± 1.95 a	A
H 9888	51.1 ± 1.10 bc	A	54.3 ± 0.25 ab	A
H 9776	53.6 ± 1.47 abc	A	56.7 ± 0.62 a	A
Kagome 932	54.9 ± 1.93 abc	A	49.6 ± 0.75 abc	A
Kagome 77	57.6 ± 0.08 a	A	46.9 ± 0.15 bcd	B
Nema Krimson	53.8 ± 1.90 abc	A	54.6 ± 1.25 ab	A
Primopack	49.7 ± 0.78 cd	A	53.0 ± 2.60 ab	A
Red Gold	57.4 ± 0.83 ab	A	55.9 ± 0.70 a	A
TT 105	55.5 ± 0.38 abc	A	47.3 ± 3.07 bcd	B
UG 902	57.6 ± 0.27 a	A	45.4 ± 3.77 cd	B
UG 1802	44.2 ± 0.95 d	A	41.7 ± 4.24 d	A
UG 5602	44.5 ± 1.00 d	B	53.9 ± 2.08 ab	A
Unirex	54.7 ± 3.10 abc	A	55.3 ± 1.68 ab	A
Minimum	44.2 ± 0.95		41.7 ± 4.24	
Maksimum	57.6 ± 0.08		56.7 ± 0.62	
Ortalama	53.0 ± 0.67		51.7 ± 0.87	

*: Aynı sütunda farklı küçük harfleri alan domates çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$)

**: Aynı satırda farklı büyük harfleri alan domates çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri arasındaki fark yıllara göre önemlidir ($p<0.05$)

Domateslerde DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitenin yıllara göre değişimi incelendiğinde ise; 2004 yılında UG 902, TT 105 ve Kagome 77 domates çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin önemli düzeyde azaldığı; UG 5602 ve Alta domates çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ise önemli oranda arttığı görülmektedir ($p<0.05$). Bu çeşitler dışındaki diğer tüm çeşitlerin antioksidan aktivitelerinin yıllara göre değişiminin önemli olmadığı saptanmıştır ($p<0.05$).

Domatesin DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivitesine ilişkin araştırmalar ise sınırlı düzeyde bulunmaktadır. Ancak; Sheng-Neu (SN) ve I-Tien-Hung domates çeşitlerinin DPPH radikalini yakalama kapasitesinin sırasıyla % 97 ± 2.7 ve % 98 ± 2.5 olduğu belirlenmiştir (Chang *et al*. 2006). Bu araştırmada da domates çeşitlerinin DPPH radikalini % 72-94 arasında indirgediği saptanmıştır.

Pekçok araştırma ile kanıtlanan domatesin antioksidan aktivitesinin farklı meyvelerle kıyaslandığında daha düşük olduğu belirlenmiştir. Nitekim; çeşitli meyvelerin TEAC ve DPPH yöntemlerine göre belirlenen antioksidan aktivitelerinin çoktan aza doğru çilek, erik, guava, avakado, portakal, mango, kivi, limon, elma, muz ve domates olarak sıralandığı belirtilmektedir (Leong and Shui 2002). Wang *et al*. (1996), ORAC yöntemi ile çeşitli meyve ve sebzelerin toplam antioksidan aktivitesini araştırmış ve yine çilek, erik, portakal, kivi, muz ve elmanın domatesten daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Domatesin de içinde bulunduğu 38 farklı sebzenin antioksidan aktivitesinin çeşitli yöntemlere göre belirlendiği bir araştırmada da; kıvırcık lahana, brokoli, ıspanak ve raventin domatesten daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır (Zhou and Yu 2006). Domatesin antioksidan aktivitesinin; genetik, ışık, sıcaklık, su gibi çevresel faktörlerden; üretim teknolojileri ile hasat sonrası depolama gibi koşullardan etkilenebileceği bildirilmektedir (Dumas *et al.* 2003).

Yeni Zelanda'da üretilen Excell, Tradino ve Flavourine domates çeşitlerinin 8 ay boyunca serada bekletilmesi sonucunda, güneş ışığının domateslerin antioksidan bileşiklerini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir. Domateslerin 100 g kuru maddesinde belirlenen 169-579 mg gallik asit eşdeğeri toplam fenolik madde miktarı ve 1684-3340 µM TEAC aralığında belirlenen antioksidan aktivitelerinin bahara kıyasla yazın sırasıyla % 62 ve % 39 daha yüksek bulunduğu belirtilmektedir. Domateslerin ortalama likopen miktarı ise yazın diğer dönemlere kıyasla % 31 daha düşük bulunmuştur (Toor *et al.* 2006). Raffo *et al.* (2006) da, yaz ortasında hasat edilen domateslerin, likopen içeriğinin daha düşük olduğunu bildirmektedir. Serada yetişen ve yılda 6 defa hasat edilen çeri domateslerde antioksidan bileşiklerin mevsimsel değişiminin incelendiği bir araştırmada ise; askorbik asit, karotenoidler, fenolikler ve α-tokoferolün belirli bir

mevsimsel eğilim göstermediği saptanmıştır. Ayrıca, güneş ışığı ve sıcaklığın bu bileşikler üzerine önemli bir etki oluşturmadığı belirtilmektedir.

Prosesin domatesin antioksidan aktivitesine ve bileşiklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise suda ve fırında pişirmenin askorbik asit, toplam fenolik ve likopen içeriklerini çok az etkilediği; buna karşılık bu bileşiklerin kızartma ile önemli oranda kayba uğradığı saptanmıştır (Sahlin *et al*. 2004). Başka bir araştırmada ise, domatesteki C vitamininin 2, 15 ve 30 dakika ısıtma sonrasında azaldığı; toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin değişmediği; likopenin ve antioksidan aktivitenin ise arttığı belirlenmiştir (Dewanto *et al.* 2002).

Domatesteki başlıca antioksidan bileşiklerin karotenoidler, C vitamini ve fenolik bileşikler olduğu bilindiğinden; bu araştırmada 2003 ve 2004 yıllarında temin edilen domateslerin karotenoid madde, toplam fenolik ve L-askorbik asit miktarları ile antioksidan aktiviteleri arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir. Buna göre; 2003 ve 2004 yıllarında hasat edilen domateslerin L-askorbik asit içeriği ile TEAC yöntemi kullanılarak belirlenen antioksidan aktiviteleri arasındaki korelasyon ($r = 0.50$ ve $r = 0.56$, $p<0.05$), düşük olmakla birlikte istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Domateslerin TEAC yöntemine göre saptanan antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik madde içeriği arasında 2003 yılında belirlenen korelasyon ise, 2004 yılında saptanamamıştır. Dolayısıyla, askorbik asidin TEAC yöntemi ile belirlenen antioksidan aktivite üzerine daha etkili olduğu düşünülmektedir. Domateslerin aynı yöntem kullanılarak elde edilen antioksidan aktivite değerleri ile karotenoid madde miktarları arasında ise bir ilişki belirlenememiştir. Domateslerde DPPH yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite de domateslerin gerek askorbik asit ve toplam fenolik madde içerikleri gerekse karotenoid madde miktarları ile bir korelasyon göstermemiştir.

TEAC yöntemi ile yüksek antioksidan aktivite gösterdiği belirlenen gıdaların (domates gibi), likopeni de yüksek miktarda içermesi gerektiği şeklinde yorum yapılmasının doğru olmayacağı belirtilmektedir. Çünkü, ortamdaki biyoaktif bileşiklerin antioksidan aktivitesinin hammaddeye, ortam koşullarına ve yönteme göre farklılıklar gösterebildiği

belirtilmektedir. (Dijuric and Powell 2001). Nitekim; çileklerde TEAC yöntemine göre yapılan antioksidan aktivite ile toplam fenolik madde arasında negatif bir korelasyon (-0.56) belirlenirken; şeftalilerde aynı özellikler arasında 0.42 korelasyon katsayısı ile pozitif bir korelasyon elde edildiği belirtilmektedir (Scalzo *et al*. 2005). Zhou and Yu (2006) ise; kıvırcık lahana, ıspanak, fasulye, domates, patates, havuç ve raventin DPPH ve ABTS'nin de kullanıldığı farklı yöntemler ile belirlenen antioksidan aktivitelerinin toplam fenolik içerikleri ile korelasyon gösterdiğini saptamışlardır. Başka bir araştırmada ise; guava meyvesinin DPPH, ORAC, FRAP ve TEAC yöntemleri ile belirlenen antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik madde ve askorbik asit içeriği arasında yüksek korelasyon belirlenirken; toplam karotenoid madde miktarı arasında negatif bir korelasyon saptanmıştır (Thaipong *et al.* 2006).

Bu araştırmada, iki antioksidan yöntem arasındaki korelasyon da değerlendirilmiş ancak önemli bir ilişki bulunamamıştır. Çeşitli antioksidan bileşikleri içeren örneklerin her iki yöntem ile belirlenen antioksidan aktiviteleri arasındaki ilişkiyi belirlemenin çok sağlıklı olmayacağı belirtilmektedir. Nitekim; Wang *et al*. (1998), $ABTS^{*+}$ radikalini yakalama kapasitesine sahip bazı bileşiklerin DPPH radikalini yakalayamadığını bildirmektedir.

5. SONUÇ

1. 2003 ve 2004 yıllarında aynı tarladan aynı dönemde (Eylül) hasat edilen 16 domates çeşidinde en yüksek konsantrasyonda belirlenen karotenoidin likopen olduğu (17.6 mg/kg); bunu β-karoten (3.5 mg/kg) ve luteinin (0.17 mg/kg) izlediği belirlenmiştir. Domateslerin likopen ve β-karoten içerikleri literatür bulgularıyla uyum sağlarken, lutein miktarları literatürden elde edilen sonuçlara kıyasla daha düşük bulunmuştur. En yüksek likopen içeriği 2003 yılında Kagome 77'de; 2004 yılında ise H 9888'de belirlenmiştir. Buna karşılık; β-karoten miktarı en fazla olan çeşit her iki yılda da Kagome 77 olarak saptanmıştır. Lutein içeriği en zengin domates çeşitleri ise 2003 ve 2004 yıllarında sırasıyla UG 902 ve UG 1802 çeşitleridir. 2003 ve 2004 yıllarında; Kagome 77'nin en yüksek toplam karotenoid madde içeriği ile birkaç çeşit hariç diğer çeşitlerden önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu nedenle, Kagome 77 domates çeşidinin üretiminin ve dolayısıyla sanayide işlenmesinin teşvik edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

2. Domates çeşitlerinin L-askorbik asit içeriklerinin ise 2.2 - 13.8 mg/100g aralığında değiştiği ve literatür bulgularından daha düşük olduğu saptanmıştır. Kagome 77'nin, her iki yılda da L-askorbik asit içeriği bakımından en zengin çeşit olduğu belirlenmiştir.

3. Domateslerin toplam fenolik madde miktarı ise 188– 819 mg kateşin / kg aralığında değişim göstermiş ve bazı domates çeşitlerinin literatürden elde edilen bulgulara kıyasla daha yüksek toplam fenolik madde içeriği ile dikkat çektiği saptanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği en zengin çeşitler, 2003 ve 2004 yıllarında sırasıyla H 9776 ve Unirex olarak belirlenmiş ve diğer tüm çeşitlerden farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

4. Domateslerin antioksidan aktivitesi, TEAC ve DPPH yöntemlerine göre belirlenmiştir. İki yöntem arasında ise herhangi bir korelasyon saptanamamıştır. Bu durum, antioksidan bileşiklerin farklı ortamlarda oluşturulan radikalleri farklı düzeyde yakalamaları ile açıklanabilmektedir.

Domateslerin antioksidan aktivite değerleri; TEAC ve DPPH yöntemlerine göre sırasıyla 48.33 - 118.30 μmol TEAC/100g ve 41.7- 57.6 μmol TE/100g aralığında belirlenmiştir. 2003 yılında; TEAC yöntemine göre en yüksek antioksidan aktiviteye sahip çeşidin Kagome 77; 2004 yılnda ise Kagome 932 olduğu belirlenmiştir. DPPH yöntemine göre ise; en yüksek aktivite 2003 yılında Kagome 77 ve UG 902 domates çeşitlerinde; 2004 yılında ise H 9776 domates çeşidinde saptanmıştır.

5. Domateslerde belirlenen biyoaktif bileşiklerin antioksidan aktivite üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada; L-askorbik asit ile TEAC yöntemi arasında düşük ancak istatistiksel açıdan önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($r = 0.50\text{-}0.56$, $p<0.05$). Domateste bulunan diğer biyoaktif bileşenler ile antioksidan aktivite arasında ise bir korelasyon saptanamamıştır. Ancak bu sonucun, domatesin vücuda alındıktan sonra belirlenen antioksidan aktivite değeri ile farklılık gösterebileceği düşünülmektedir.

6. Bu araştırmada ayrıca, domateslerin renk değerleri CIE-L*a*b* renk sistemi ile belirlenmiştir. L a*, b*, C, h ve a/b değerleri; daha önceki çalışmalardan elde edilen bulgular ile uyumlu bulunmuştur. Kırmızı ve sarı renkleri ifade eden +a ve +b renk değerleri ile renk tonunu ve renk doygunluğunu gösteren hue (h) ve chroma (C) değerlerinin karotenoid bileşik miktarları arasında ise önemli bir korelasyon bulunamamıştır. Likopen miktarı ile a*/b* değeri arasında belirlenen doğrusal ilişkinin ise sadece 2003 yılında önemli olduğu saptanmıştır ($r=0.51$, $p<0.05$).

7. Domateslerin, 2003 ve 2004 yıllarındaki ortalama pH değeri, sırasıyla 4.31 ve 4.37 olarak belirlenmiş ve literatür bulgularıyla uyumlu bulunmuştur. Yalnızca, Primopack çeşidinin 2004 yılına ait pH değerinin (5.22), gerek literatürde gerekse bu araştırmada elde edilen bulgulardan önemli düzeyde farklılık gösterdiği saptanmıştır. 2 yıl süreyle temin edilen domates çeşitlerinin titrasyon asitliği değerleri ise susuz sitrik asit cinsinden % 0.29 ile % 0.59 aralığında değişmektedir. Buna göre; en yüksek titrasyon asitliği değerinin, literatür bulgularındaki yüksek değerlerle uyum sağladığı; en düşük titrasyon asitliği değerinin ise, literatürde belirlenen düşük titrasyon asitliği değerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir. Domateslerin çözünür kuru madde miktarı ise

4.04 ile 6.95 °Bx aralığında değişmektedir. Özellikle 2003 yılında temin edilen domates çeşitlerinin (birkaç çeşit hariç) suda çözünür kuru madde miktarlarının ise literatür bulgularına kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

8. Bu bulgular ışığında, özellikle karotenoid maddeler ve fenolik madde içeriği bakımından zengin olan domatesin diyette iyi bir antioksidan kaynağı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu araştırma ile elde edilen veriler domatese özgü bileşim tablolarının oluşturulmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

Abushita, A.A., Hebshi, E.A., Dadood, H.G. and Biacs, P.A. 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. Food Chem., 60; 207-212.

Abushita, A.A., Dadood, H.G and Biacs, P.A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a fuction of varietial and technological factors. J. Agric. Food Chem., 48; 2075-2081.

Alcolea, J.F., Cano, A., Acosta, M. and Arnao, M.B. 2002. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activities of grapes. Nahrung/Food, 46; 353-356.

Alves-Rodrigues, A. and Shao, A. 2004. The science behind lutein. Toxicol. Lett., 150; 57-83.

Aman, R., Bayha, S. Carle, R., Conrad, J., Beifuss, U. and Schieber, A. 2005. Application of HPLC coupled with DAD, Apcl-MS and NMR to the analysis of lutein and zeaxanthin stereoisomers in thermally processed vegetables. Food Chem., 92; 753-763.

Anguelova, T. and Warthesen, J. 2000. Lycopene stability in tomato powders. J.Food Sci., 65; 67-70.

Anonim. 2007. Websitesi: http://www.igeme.org.tr/tur/rapor/sektor/Yas_Meyve_Sebze.pdf. Erişim tarihi: 20.05.2007

Arias, R., Lee, T.C., Logendra, L. and Janes, H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L, a, b colour readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with colour and lycopene content. J. Agric. Food Chem., 48; 1697-1702.

Arnao, M.B., Cano, A., Hernandez-Ruiz, J., Garcia-Canovas, F. and Acosta, M. 1996. Inhibition by L-ascorbic acid and other antioxidants of the 2,2'-azinobis (3-ethyl-benzthiazoline-6-sulfonic acid) oxidation catalyzed by peroxidase: a new approach for determining total antioxidant status of foods. Anal. Biochem., 236; 255-261.

Baloch, A.K., Buckle, K.A. and Edwards, R.A. 1977. Effect of processing variables on the quality of dehydrated carrot. J. Food Technol., 12; 295-307.

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 β-carotene in vegetables. Food Chem., 95; 328-336.

Bermudez-Soto, M.J. and Tomas-Barberan, F.A. 2004. Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices. Food Res. Technol., 219; 133-141.

Boileu, A.C., Merchen, N.R., Wasson, K., Atkinson, C.A. and Erdman, J.W. 1999. *Cis*-lycopene is more bioavailable than *trans*-lycopene in vitro and in vivo in lymph-cannulated ferrets. J. Nutr., 129; 1176-1181.

Bondet, V., Brand-Williams, W. and Berset, C. 1997. Kinetics and mechamisms of antioxidant activity using the DPPH* free radical method. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 30; 609-615.

Böhm, V., Fröhlich, K. and Bitsch, R. 2003. Rosehip-a "new" source of lycopene?. Mol. Aspects Med., 24; 385-389.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 28; 25-30.

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.

Burton, G.W. 1989. Antioxidant action of carotenoids. J. Nutr., 119; 109-111.

Campos, A.M. and Lissi, E.A. 1996. Total antioxidant potential of Chilean wines. Nutr. Res., 16; 385-389.

Cano, A., Hernandez-Ruiz, J., Garcia-Canovas, F., Acosta, M. and Arnao, M. B. 1998. An end-point method for estimation of the total antoxidant activity in plant material. Phytochem. Analysis, 9; 196-202.

Castenmiller, J.J.M. and West, C.E. 1998. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. Annu. Rev. Nutr., 18; 19-38.

Cemeroğlu, B. 2007. Domates salçasına uygulanan başlıca test ve analiz yöntemkeri. Gıda Analizleri, Cemeroğlu, B. (ed.), Bizim Büro Basımevi, s.255-275, Ankara.

Chandler, L.A. and Schwartz, S.J. 1987. HPLC separation of *cis-trans* carotene isomers in fresh and processed fruits and vegetables. J. Food Sci., 52; 669-672.

Chang, C.-H., Lin, H.-Y., Chang, C.-Y. and Liu, Y.-C. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. J. Food Eng., 77; 478-485.

Chan, J.M., Gann, P.H. and Giovannucci., E.L. 2005. Role of diet in prostate cancer development and progression. J. Clin. Oncol., 23; 8152-8160.

Chen, B.H. and Chen, Y.Y. 1993. Stability of chlorophylls and carotenoids in sweet potato leaves during microwave cooking. J. Agric. Food Chem., 41; 1315-1320.

Chen, B.H., Peng, H.Y. and Chen, H.E. 1995. Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice. J. Agric. Food Chem., 43; 1912-1918.

Chen, H.E., Peng, H.Y. and Chen, B.H. 1996. Stability of carotenoids and vitamin A during storage of carrot juice. Food Chem., 57; 497-503.

Chen, J.H. and Ho, C.T. 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hyroxycinnamic acid compounds. J. Agric. Food Chem., 45; 2374-2378.

Chevalier, F., Chobert, J.M., Genot, C. and Haertle, T. 2001. Scavenging of free radicals, antimicrobial, and cytotoxic activities of the maillard reaction product of β-lactoglobulin glycated with several sugars. J. Agric. Food Chem., 49; 5031-5038.

Choi, H.S., Songs, H.S., Ukeda, H. and Sawamura, M. 2000. Radical scavenging activities of citrus essential oils and their components: detection using 1,1-diphenylpcrylhydrazyl. J. Agric. Food Chem., 48; 4156-4161.

Davey, M.W., Van Montagu, M., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I.J.J., Strain, J.J., Favell, D. and Fletcher, J. 2000. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability, and effects of processing. J. Sci. Food Agric., 80; 825-860.

Deming, D.M., Teixeira, S.R. and Erdman, J.W. 2002. All-*trans* β-carotene appears to be more bioavailable than 9-*cis* or 13-*cis* β-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.

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.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K. and Liu, R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agric. Food Chem., 50; 3010-3014.

Djuric, Z. and Powell, L.C. 2001. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. Int. J. Food Sci. Nutr., 52; 143-149.

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.

Dumas, Y., Dadomo, M., Lucca, G.D., Grolier, P. and di Lucca, G. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. J. Sci. Food Agric., 83; 369-382.

El-Agamey, A., Lowe, G.M., McGarvey, D.J., Mortensen, A, Philip, D.M., Truscott, T.G. and Young, A.J. 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. Arch. Biochem. Biophys., 430; 37-48.

Ferruzzi, M.G., Sander, L.C., Rock, C.L. and Schwartz, S.J. 1998. Carotenoid determination in biological microsamples using liquid chromatography with a coulometric electrochemical array detector. Anal. Biochem., 256; 74-81.

Garcia-Alonso, M., de Pascual-Teresa., S., Santos-Buelga, C. and Rivas-Gonzalo, J.C. 2004. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. Food Chem., 84; 13-18.

Garcia-Casal, M.N. 2006. Carotenoids increase iron absorbtion from cereal-based food in the human. Nutr. Res., 26; 340-344.

Gartner, C., Stahl, W. and Sies, H. 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. Am. J. Clin. Nutr., 66; 116-122.

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 β-carotene isomers after oral supplementation with either all-*trans*- or 9-*cis*-β-carotene. Am. J. Clin. Nutr., 61; 1248-1252.

Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M. and Kader, A.A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. J. Agric. Food Chem., 48; 4581-4589.

Giovanelli, G., Lavelli, V., Peri, C. and Nobili, S. 1999. Variation in antioxidant compounds of tomato during vine and post-harvest ripening. J. Sci. Food Agric., 79; 1583-1588.

Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Colitz, G.A. and Willet, W.C. 1995. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. J. Nutr. Cancer Inst., 87; 1767-1776.

Giovannucci, E. 2005. Tomato products, lycopene, and prostat cancer: e review of epidemiologic literature. J. Nutr., 135; 2030S-2031S.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Chatzitakis, P.C. and Nikas, V.A. 2006. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp. J. Food Eng., 74; 37-46.

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.

Hertog, M.G.L., Hollman, P.C.H. and Van de Putte, B. 1993. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juices. J. Agric. Food Chem., 41: 1242-1246.

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.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R.L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. J. Agric. Food Chem., 53; 1841-1856.

Javanmardi, J. and Kuboto, C. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, 41; 151-155.

Jimenez-Escrig, A., Jimenez-Jimenez, I., Sanchez-Moreno, C. and Sauro-Calixto, F. 2000. Evaluation of free-radical scavenging of dietary carotenoids by the stable radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl. J. Sci. Food Agric., 80; 1686-1690.

Karadeniz, F. 2000. Turunçgil meyveleri ve meyve sularında kanser önleyici fitokimyasallar. Gıda, 12; 85-89.

Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. Int. J. Food Sci. Technol., 37; 153-161.

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 distribuition of major carotenoid constituents of tomatoes and seceral green vegetables. J. Agric. Food Chem., 40; 390-398.

Koca, N. 2006. Havuçlarda (D*aucus carota* L.) karotenoidler ve antioksidan aktivite. Doktora tezi (basılmamış). Ankara Üniversitesi, 81 s., Ankara

Koca, N., Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. J. Food Eng., 78; 449-455.

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.

Kris-Etherton, P., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E. and Etherton, T.D. 2002. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. The American Journal of Medicine, 9B (113): 71S-88S.

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.

Lana, M.M. and Tijskens, L.M.M. 2005. Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh-cut tomatoes. Food Chem., 97; 203-211.

Landrum, J.T. and Bone, R.A. 2001. Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. Arch. Biochem. Biophys, 385; 28-40.

Larrauri, J.A., Sanchez-Moreno, C., Ruperez, P. and Saura-Calixto, F. 1999. Free radical scavenging capacity in the aging of selected red Spanish wines. J Agric. Food Chem., 47; 1603-1606.

Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F. and Fogliano, V. 2000. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. J. Agric. Food Chem., 48; 4723-4727.

Leong, L.P. and Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. Food Chem., 76; 69-75.

Lin, C.H. and Chen, B.H. 2005. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. Food Chem., 90; 837-846.

Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. 2000. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. Food Chem., 70; 167-173.

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.

Lu, Y. and Foo, L.Y. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. Food Chem., 68; 81-85.

Mangels, A.R., Holden, J.M., Beecher, G.R., Forman, M.R. and Lanza, E. 1993. Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytical data. J. Am. Diet. Assoc., 93; 284-296.

Marinova, D. and Ribarova, F. 2007. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. J. Food Comp. Anal.,, 20; 370-374.

Mares-Perlman, J.A., Fisher, A.I., Klein, R., Palta, M., Block, G. Millen, A.E. and Wright, J.D. 2001. Lutein and zeaxanthin 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.

Miller, N.J., Diplock, A.T. and Rice-Evans, C.A. 1995. Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. J. Agric. Food Chem., 43; 1794-1801.

Miller, N.J., Sampson, J., Candeias, L.P., Bramley, P.M. and Rice-Evans, C.A. 1996. Antioxidant activities of carotenes and xantophylls. FEBS Lett., 384; 240-242.

Miller, N.J. and Rice-Evans, C.A. 1997. The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. Food Chem., 60; 331-337.

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.

Nguyen, M., Francis, D. and Schwartz, S. 2001. Thermal isomerisation susceptibility of carotenoids in different tomato varieties. J. Sci. Food Agric., 81; 910-917.

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 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.

Paolini, M., Cantelli-Forti, G., Perocco, P., Pedulli, G.F., Abdel-Rahman, S.Z. and Legator, M.S. 1999. Co-carcinogenic effect of β-carotene. Nature, 398; 760-761.

Pesek, C.A. and Warthesen, J.J. 1987. Photodegradation of carotenoids in a vegetable juice system. J. Food Sci., 52; 744-746.

Pellegrini, N., Visioli, F., Buratti, S. and Brighenti, F. 2001. Direct analysis of total antioxidant activity of olive oil and studies on the influence of heating. J. Agric. Food Chem., 49; 2532-2538.

Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G. and Quaglia, G. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). J Food Comp. Anal., 19; 11-19.

Rao, A.V., Waseem, Z. and Agarwal, S. 1998. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. Food Res. Int., 31; 737-741.

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.

Rao, A.V. and Honglei, S. 2002. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. Nutr. Res., 22; 1125-1131.

Rapisarda, P., Tomaino, A., Lo Cascio, R., Bonina, F., De Pasquale A. and Saija, A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. J. Agric. Food Chem., 47; 4718-4723.

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.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol. Med., 26; 1231-1237.

Rice-Evans, C., Miller, N.J., Bolwell, P.G. Bramley, P.M. and Pridham, J.B. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. Free Radical Res., 22; 375-383.

Ripp, J. 1996. Analytical detection limit guidance, http://www.dnr.state.wi.us. Erişim tarihi: 09.07.2007.

Rodriguez-Amaya, D.B. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods, http:// www.ilsi.org/publications. Erişim tarihi: 28.02.2005.

Sahlin, E., Savage, G.P. and Lister, C.E. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. J Food Comp. Analysis, 17; 635-647.

Salah, N., Miller, N.J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G.P. and Rice-Evans, C. 1995. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. Arch. Biochem. Biophys., 322; 339-346.

Sanchez-Mata, M.C., Camara-Hurtado, M., Diez-Marques, C. and Torija-Isasa, M.E. 2000. Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Eur. Food Res. Technol., 210; 220-225.

Sanchez-Moreno, C. 2002. Review: Methods used to evaluate the free radical scavanging activity in foods and biological systems. Food Sci. Tech. Int., 8; 121-137.

Sanchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B. and Cano, M.P. 2006. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. Food Chem., 98; 749-756.

Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M. and Toth-Markus, M. 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vagetables. Food Res. Int., 38; 1023-1029.

Scalzo, J., Polin, A., Pellegrini, N, Mezzetti, B. and Battino, M. 2005. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. Nutr., 21; 207-213.

Schieber, A. and Carle, R. 2005. Occurence of carotenoid cis-isomers in food: technological, analytical, and nutritional implications. Trens Food Sci. Technol., 16; 416-422.

Shahidi, F., Chavan, U.D., Naczk, M. and Amarowicz, 2001. Nutrient distribution and phenolic antioxidants in air-classified fractions of beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). J. Agric. Food Chem., 49; 926-933.

Sharma, S.K. and Le Maguer, M. 1996. Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. Food Res. Int., 29; 309-315.

Shao, A. and Hathcock, J.N. 2006. Risk assessment for the carotenoids lutein and lycopene. Regul. Toxicol. Pharm., 45; 289-298.

Shi, J., Le Maguer, M.L., Kakuda, Y., Liptay, A. and Niekamp, F. 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. Food Res. Int., 32; 15-21.

Silva, F.A.M., Borges, F., Guimaraes, C., Lima, J.L.F.C., Matos, C. and Reis, S. 2000. Phenolic acids and derivatives: studies on the relationship among structure, radical scavenging activity, and physicochemical parameters. J. Agric. Food Chem., 48; 2122-2126.

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. and Sies, H. 1996. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans. Arch. Biochem. Biophys., 336; 1-9.

Stahl, W., Schwartz, W. and Sies, H. 1993. Human serum concentrations of all-*trans*-β- and α-carotene but not 9-*cis*-β-carotene increase upon ingestion of a natural mixture obtained from *Dunaliella salina* (Betatene). J. Nutr., 123; 173-177.

Stahl, W., Junghans, A., De Boer, B., Driomina, E.S., Briviba, K. and Sies, H. 1998. Carotenoid mixtures protect multilamellar liposomes against oxidative damage: synergistic effects of lycopene and lutein. FEBS Lett., 427; 305-308.

Takeoka, G.R., Dao, L, Flessa, S., Gillespie, D.M., Jewell, W.T., Huebner, B., Bertow, D. and Ebeler, S.E. 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. J. Agric. Food Chem., 49; 3713-3717.

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.

Tanner, H. and Brunner, H.R. 1979. Gentranke-Analytik. Germany: Verlag Heller Chemie und Verwaltungesellschaft mbH, p.206

Thaipong, K. , Boonprakob, U., Krosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating of antioxidant activity from guava fruit extracts. J Food Comp. Analysis, 19; 669-675.

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.

Tonucci, L.H., Holden, J.M., Beecher, G.R., Khachik, F., Davis, C.S. and Mulokozi, G. 1995. Carotenoid content of thermally processed tomato-based products. J. Agric. Food Chem., 43; 579-586.

Toor, R. and Savage, G.P. 2005. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. Food Chem., 94; 90-97.

Toor, R.K., Savage, G.P. and Lister, C.E. 2006. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes J Food Comp. Analysis, 19; 1-10.

Updike, A.A. and Schwartz, S.J. 2003. Thermal processing of vegetables increases cis izomers of lutein and zeaxanthin. J. Agric. Food Chem., 51; 6184-6190.

Van den Berg, R., Haenen, G.R.M..M, van den Berg, H. and Bast, A. 1999. Applicability of an improved Troloks equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. Food Chem., 66; 511-517.

Von Doering, W.E., Sotiriou-Leventis, C. and Roth, W.R. 1995. Thermal interconversions among 15-*cis*, 13-*cis*, and all-*trans*- β-carotene: Kinetics, Arrhenius parameters, thermochemistry, and potential relevance to anticarcinogenicity of all-*trans*-β-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.

Wagner, L.A. and Warthesen, J.J. 1995. Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes. J. Food Sci., 60; 1048-1053.

Wall, M.M. 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii.J.FoodComp.Anal,19; 434-445.

Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. J Agric. Food Chem., 44; 701-705.

Wang, M., Jiangang, H., Rangarajan, M., Shao, Y., LaVois, E., Huang, T.-C. and Ho, Ch.T. 1998. Antioxidative phenolic compounds from Sage (*Salvia officinalis*). J. Agric. Food Chem., 46; 4869-4873.

Willcox, J.K., Catignani, G.L. and Lazarus, S. 2003. Tomatoes and cardiovascular health. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 43; 1-18.

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 β-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.

Yen, G.-C. and Chen, C.-L. 1998. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. J.Agric. Food Chem., 43; 27-32.

Young, J.F., Nielsen, S.E., Haraldsdottir, J., Daneshvar, B., Lauridsed, S.T., Knuthsen, P., Crozier, A., Sanström, B. and Dragsted, L.O. 1999. Effect of fruit juice intake on urinary quercetin excretion and biomarkers of antioxidative status. Am. J. Clin. Nutr., 69; 87-94.

Zhang, D. and Hamauzu, Y. 2004. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. Food Chem., 88; 503-509.

Zhishen, J.T., Mengcheng, T. and Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem., 64; 555-559.

Zhou, K. and Yu, L. 2006. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. Swiss Society of Food Science and Technology, 39; 1155-1162.

EKLER

EK 1 2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a* b* renk değerleri.....87
EK 2 2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a* b* renk değerleri.....88

EK 1. 2003 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a* b* renk değerleri [1]

Çeşit	Renk parametreleri					
	L	a	b	C	h	a*/b*
Alta	32.71± 0.81 cde	18.89 ± 0.85 f	11.67 ± 0.55 g	22.21 ± 0.98 ef	31.67 ± 0.68 e	1.62 ± 0.044 a
H 9663	32.11± 0.88 e	18.61± 1.14.f	14.42 ± 1.29 bcdef	23.54 ± 1.68 ef	37.60 ± 0.88 a	1.30 ± 0.041 g
H 9780	33.14± 0.09 cde	20.87 ± 0.65 de	15.26 ± 0.57 bcd	25.86 ± 0.84 cd	35.95 ± 0.61abc	1.37 ± 0.025 efg
H 9478	32.48 ± 0.13 de	18.15 ± 0.51 f	12.67 ± 0.46 fg	22.13 ± 0.68 f	34.88 ± 0.18 abcd	1.43 ± 0.011 bcdefg
H 9888	36.39 ± 0.44 a	22.52 ± 0.14 abcd	16.28 ± 0.19 ab	27.78 ± 0.23 abc	35.78 ± 0.18 abc	1.38 ± 0.008 defg
H 9776	33.78 ± 0.37 bcde	21.91 ± 0.36 bcde	14.05 ± 0.49 def	26.03 ± 0.50 cd	32.61 ± 0.76 de	1.56 ± 0.044 ab
Kagome 932	34.71± 0.39 abcd	23.38 ± 0.22 abc	15.95 ± 0.31 abc	28.29 ± 0.35 abc	34.28 ± 0.28 bcde	1.46 ± 0.014 bcdef
Kagome 77	34.76 ± 0.32 abcd	21.99 ± 0.47 bcde	14.50 ± 0.31 bcde	26.34 ± 0.51 bcd	33.36 ± 0.53 cde	1.52 ± 0.030 abcd
Nema Krimson	33.39 ± 0.34 bcde	21.16 ± 0.46 de	14.89 ± 0.69 bcde	25.87 ± 0.77 cd	34.93 ± 0.73 abcd	1.43 ± 0.041 bcdefg
Primopack	36.32 ± 0.05 a	23.92 ± 0.48 ab	17.56 ± 0.23 a	29.67± 0.43 a	36.23 ± 0.58 abc	1.36 ± 0.030 efg
Red Gold	34.96 ± 0.29 abc	21.37 ± 0.37 cde	16.00 ± 0.20 abc	26.69 ± 0.39 bcd	36.73 ± 0.35 ab	1.34 ± 0.016 fg
TT 105	33.72 ± 0.33 bcde	22.81 ± 0.13 abcd	15.21 ± 0.11 bcd	27.42 ± 0.16 abc	33.64 ± 0.12 cde	1.50 ± 0.007 abcde
UG 902	32.88 ± 0.45 cde	18.76 ± 0.35 f	13.30 ± 0.36 efg	23.00 ± 0.41 ef	35.28 ± 0.71abcd	1.41 ± 0.036 cdefg
UG 1802	35.61± 0.62 ab	24.10 ± 0.14 a	15.58 ± 0.29 bcd	28.69 ± 0.04 ab	32.83 ± 0.63 de	1.55 ± 0.037 abc
UG 5602	33.79 ± 0.36 bcde	20.02 ± 0.11 ef	14.14 ± 0.42 cdef	24.51± 0.25 de	35.15 ± 0.83 abcd	1.42 ± 0.044 bcdefg
Unirex	33.26 ± 0.66 bcde	21.63 ± 0.07 cde	15.68 ± 0.72 bcd	26.73 ± 0.43 bcd	35.81± 1.23 abc	1.39 ± 0.062 defg
Minimum	32.11± 0.88	18.15 ± 0.51	11.67 ± 0.55	22.13 ± 0.68	31.67 ± 0.68	1.30 ± 0.041
Maksimum	36.39 ± 0.44	24.10 ± 0.14	17.56 ± 0.23	29.67 ± 0.43	37.60 ± 0.88	1.62 ± 0.044
Ortalama	34.00 ± 0.22	21.21 ± 0.27	14.77 ± 0.23	25.86 ± 0.33	34.75 ± 0.27	1.44 ± 0.015

[1] : Aynı sütunlarda farklı harflerle belirtilen CIE-L*a*b* renk değerleri çeşide göre farklılık göstermektedir ($p<0.05$)

EK 2. 2004 yılında hasat edilen domates çeşitlerinin CIE-L*a* b* renk değerleri [1]

	Renk parametreleri					
Çeşit	L	a	b	C	h	a*/b*
Alta	34.46 ± 0.39 defg	20.76 ± 0.88 bcdefg	13.63 ± 0.33 de	24.84 ± 0.92 cdef	32.69 ± 0.49 g	1.52 ± 0.027 ab
H 9663	36.23 ± 0.51 cd	22.52 ± 1.31 ab	16.37 ± 1.14 ab	27.84 ± 1.72 ab	35.93 ± 0.30 cde	1.38 ± 0.016 bcdef
H 9780	34.71± 0.39 defg	19.76 ± 0.47 efg	14.27 ± 0.31 cde	24.36 ± 0.57 def	35.78 ± 0.08 cdef	1.38 ± 0.005 cdef
H 9478	37.03 ± 1.22 bc	21.58 ± 1.02 abcde	16.16 ± 1.00 ab	26.99 ± 1.22 abc	36.74 ± 1.60 bcd	1.35 ± 0.077 def
H 9888	34.43 ± 0.46 defg	22.15 ± 0.44 abcd	14.91 ± 0.19 bcde	26.71± 0.26 abcd	33.91± 0.88 defg	1.49 ± 0.049 abcd
H 9776	32.40 ± 0.50 h	19.86 ± 0.08 efg	13.17 ± 0.88 e	23.83 ± 0.56 ef	33.47 ± 1.64 efg	1.51 ± 0.094 abc
Kagome 932	41.82 ± 0.23 a	20.58 ± 0.76 bcdefg	17.49 ± 0.35 a	27.03 ± 0.44 abc	40.33 ± 1.52 a	1.18 ± 0.064 g
Kagome 77	38.05 ± 0.52 b	20.07 ± 0.53 defg	16.19 ± 0.24 ab	25.81 ± 0.45 bcdef	38.85 ± 0.85 ab	1.24 ± 0.037 fg
Nema Krimson	34.96 ± 0.18 def	21.17 ± 0.09 bcdef	15.57 ± 0.12 bc	26.27 ± 0.14 abcde	36.26 ± 0.14 bcde	1.36 ± 0.006 def
Primopack	35.11± 0.47 def	22.05 ± 0.56 abcd	15.31± 0.22 bcd	26.85 ± 0.46 abc	34.76 ± 0.83 cdefg	1.44 ± 0.045 abcde
Red Gold	35.77 ± 0.45 cde	22.24 ± 0.62 abc	15.74 ± 0.47 abc	27.24 ± 0.75 abc	35.24 ± 0.40 cdefg	1.41 ± 0.021 abcde
TT 105	36.00 ± 0.61 cde	23.49 ± 0.31 a	16.30 ± 0.31 ab	28.59 ± 0.44 a	34.73 ± 0.13 cdefg	1.44 ± 0.008 abcde
UG 902	34.31± 0.34 efg	19.28 ± 0.63 fg	14.19 ± 0.35 cde	23.93 ± 0.71 ef	36.28 ± 0.20 bcde	1.36 ± 0.011 def
UG 1802	32.83 ± 0.79 gh	20.31 ± 0.34 cdefg	14.71± 0.39 bcde	25.10 ± 0.36 cdef	35.80 ± 0.84 cdef	1.38 ± 0.045 bcdef
UG 5602	33.32 ± 0.69 fgh	18.84 ± 0.72 g	14.52 ± 0.64 bcde	23.79 ± 0.90 f	37.53 ± 0.78 bc	1.29 ± 0.035 efg
Unirex	33.67 ± 0.28 fgh	22.31 ± 0.41abc	14.52 ± 0.30 bcde	26.62 ± 0.47 abcd	33.02 ± 0.38 fg	1.54 ± 0.023 a
Minimum	32.40 ± 0.50	18.84 ± 0.72	13.17 ± 0.88	23.79 ± 0.90	32.69 ± 0.49	1.18 ± 0.064
Maksimum	41.82 ± 0.23	23.49 ± 0.31	17.49 ± 0.35	27.84 ± 1.72	40.33 ± 1.52	1.54 ± 0.023
Ortalama	35.44 ± 0.35	21.02 ± 0.22	15.22 ± 0.18	25.97 ± 0.25	35.81± 0.35	1.38 ± 0.016

[1]: Aynı sütunlarda farklı harflerle belirtilen CIE-L*a*b* renk değerleri çeşide göre farklılık göstermektedir ($p<0.05$)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:	Hande Selen Erge
Doğum tarihi	:	Sakarya
Doğum yeri	:	22.07.1977
Medeni hali	:	Evli
Yabancı dili	:	İngilizce

Öğrenim Durumu

Lise	:	Ankara Gazi Anadolu Lisesi (1995)
Lisans	:	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (1999)
Yüksek Lisans	:	Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü (2001)

Akademik Ünvanlar

Kurum/Kuruluş	Bölüm/Birim	Görev Türü	Görev Dönemi
Abant İzzet Baysal Üniversitesi	Gıda Mühendisliği	Araştırma Görevlisi	29.12.2003
Ankara Üniversitesi	Gıda Mühendisliği	Araştırma Görevlisi	01.06.2004

Yayınlar

A-Araştırma makaleleri

A-I. Science Citation Index (SCI) kapsamındaki dergilerde yayınlanan araştırma makaleleri

1. **Burdurlu, H.S.** and Karadeniz, F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. Food Chem., 80 (1): 91-97**.**

2. **Burdurlu, H.S.,** Koca, N. and Karadeniz, F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. J. Food Eng., 74: 211- 216.

3. Koca, N., Karadeniz, F. and **Burdurlu, H.S.** 2006. Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. Food Chem., 100: 609-615.

4. Koca, N., **Burdurlu, H.S.** and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. J. Food Eng, 78: 449-455.

A-II. Yurt içi hakemli dergilerde yayınlanan araştırma makaleleri

1. Koca, N., **Burdurlu, H.S.**, Karadeniz F. 2003. Kinetics of nonenzymatic browning reaction in citrus juice concentrates during storage. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27 (6): 353-360.

2. Karadeniz, F., **Burdurlu, H.S.,** Koca, N. and Soyer, Y. 2005. Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29: 297- 303.

B. Derleme Makaleler

B.1. Hakemli dergilerde yayınlanan derleme makaleler

1. **Burdurlu, H.S.** ve Karadeniz, F. 2002. Gıdalarda Maillard Reaksiyonu. Gıda Dergisi, 27(2):77-83.

2. **Burdurlu, H.S.** ve Karadeniz, F. 2003. Gıdalarda Diyet Lifinin Önemi. Gıda Mühendisliği Dergisi, 7(15): 18-25.

3. **Burdurlu, H.S.,** Koca, N. ve Karadeniz, F. 2005. Meyve sularinda biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivite. Dünya Gıda. 6, 62-66.

4. **Burdurlu, H.S.** ve Karadeniz, F. 2006. Bazı doğal antioksidanların toksikolojik özellikleri. Dünya Gıda, 6: 49-54.

5. Koca, N., **Burdurlu, H.S.** and Karadeniz, F. 2005. Glukozinolatlar ve fonksiyonel özellikleri. Gıda Mühendisliği Dergisi, 21: 28-33.

B-II. Diğer derleme makaleler

1. **Burdurlu, H.S.** 2003. Natural Antimicrobials From Plants. In "Proceedings: International Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment" K.O. Sındır (edt.), Ege University Press, İzmir, pp. 720 (poster).

2. Karadeniz, F., **Burdurlu, H.S.** ve Koca, N. 2005. Fındığın fonksiyonel özellikleri. Fiskobirlik 9: 28-29.

3. Karadeniz, F., Koca, N. ve **Burdurlu, H.S.** 2004. Karadeniz Bölgesine Özgü Bir Meyve, Karayemiş. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu kitabı, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, s. 284-287.

4. **Burdurlu, H.S.** and Karadeniz, F. 2003. Likopen ve Sağlık. Standard, 42 (500): 21-27.

Sözlü Bildiri

1. Karadeniz, F., **Burdurlu, H.S.** ve Koca, N. 2004. Fındığın fonksiyonel özellikleri. 3. Milli Fındık Şurası, 13-14 Ekim, Giresun.

2. **Burdurlu, H.S.** ve Karadeniz, F. 2006. Gıdalarda Akrilamid Oluşumu ve Önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu.

Poster

1. **Burdurlu, H.S.** 2003. Natural Antimicrobials From Plants. International Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment, 7-10 Ekim, İzmir.

2. Karadeniz, F., Koca, N. ve **Burdurlu, H.S.** 2004. Karadeniz Bölgesine Özgü Bir Meyve, Karayemiş. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23-24 Eylül, Van.