ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

HAVUÇLARDA (*Daucus carota* L.) KAROTENOİDLER VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE

Nuray KOCA

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2006

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Feryal KARADENİZ danışmanlığında Nuray KOCA tarafından hazırlanan **"Havuçlarda (*Daucus Carota* L.) karotenoidler ve antioksidan aktivite"** adlı tez çalışması 11/10/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Sevinç YÜCECAN
Hacettepe Üniversitesi
Beslenme ve Diyetetik Bölümü

Üye : Prof. Dr. Feryal KARADENİZ
Ankara Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Nevzat ARTIK
Ankara Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Levent BAYINDIRLI
Ortadoğu Teknik Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Sedat VELİOĞLU
Ankara Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ülkü MEHMETOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Doktora Tezi

HAVUÇLARDA (*Daucus carota* L.) KAROTENOİDLER VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE

Nuray KOCA

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Feryal KARADENİZ

Bu araştırmada, Türkiye'de 3 farklı yöreden (Ankara, Burdur, Konya) 2 yıl süre ile temin edilen havuç çeşitlerinde karotenoid madde dağılımı ve antioksidan aktivite belirlenmiştir. Buna ilaveten, 6 ay soğukta depolama süresince (0 °C, 85–90 % RH) havuçtaki karotenoidler, antioksidan aktivite ve A vitamini içeriğindeki değişimler incelenmiştir.

Karotenoidlerin miktarı HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) kullanılarak 450 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Havuçlarda belirlenen başlıca karotenoidler β-karoten (41.60–71.2 mg/kg), α-karoten (13.44–30.11 mg/kg) ve luteindir (0.02–1.44 mg/kg). Elde edilen sonuçlara göre, β-karoten ve α-karoten havuçlarda toplam karotenoidin sırasıyla yaklaşık % 71 ve % 28'ini oluştururken, lutein sadece % 0.7'sini oluşturmaktadır. Havuç çeşitlerinde A vitamini içeriği 418–743 µg RAE/100g arasında değişmekte olup, ortalama 570 µg RAE/100g'dır.

Havuçlarda TEAC (Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite) yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite düzeyleri 25.9 ile 86.6 µmol TE/100g arasında değişmektedir. Antioksidan aktivite yıllara göre önemli düzeyde değişim göstermiştir.

Havuçların 6 ay boyunca soğukta depolanması, % 37.5 düzeyinde bir kayıp gösteren lutein hariç karotenoid düzeylerini etkilememiştir. Ayrıca, depolama sırasında havuçların A vitamini içeriğinde istatistik açıdan önemli ($p<0.05$) bir değişimin olmadığı da belirlenmiştir. Buna karşılık, 0 °C'de depolanan havuçlarda antioksidan aktivite % 31 düzeyinde azalmıştır.

2006, 81 sayfa

Anahtar Kelimeler: Havuç (*Daucus carota* L.), karotenoidler, antioksidan aktivite, HPLC, depolama

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

CAROTENOIDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN CARROTS

(*Daucus carota* L.)

Nuray KOCA

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

Supervisor: Prof. Dr. Feryal KARADENİZ

In this research, carotenoid profile and antioxidant activity of carrot cultivars obtained from three different locations (Ankara, Burdur, Konya) in Turkey were determined during two years. In addition, the changes in carotenoids, antioxidant activity and vitamin A content of carrots during 6 months of cold storage (0 °C, 85–90 % RH) were also investigated.

The quantification of carotenoids was carried out by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) at a wavelength of 450 nm. The major carotenoids determined in carrots were β-carotene (41.60–71.2 mg/kg), α-carotene (13.44–30.11 mg/kg) and lutein (0.02–1.44 mg/kg). According to the results; β-carotene and α-carotene accounted for approximately 71 % and 28 % of total carotenoids respectively, whereas lutein accounted for only 0.7 % of total carotenoids. The vitamin A content in carrot cultivars varied between 418 and 743 µg RAE/100g, with a mean of 570 µg RAE/100g.

The antioxidant activity in carrots determined according to TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) assay varied between 25.9 and 86.6 µmol TE/100g. The level of antioxidant activity in carrots varied significantly over years.

Cold storage of carrots for 6 months did not effect carotenoid levels in carrots except for lutein which showed an 37.5 % loss. It is also determined that there were no statistically significant ($p<0.05$) changes in vitamin A content of carrots during storage. However, the antioxidant activity of carrots stored at 0 °C decreased with a level of 31 %.

2006, 81 pages

Key Words: Carrot (*Daucus carota* L.), carotenoids, antioxidant activity, HPLC, storage

TEŞEKKÜR

Tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübelerinin yanı sıra yakın ilgi ve desteği ile her zaman yanımda olduğunu hissettiğim danışman hocam Sayın Prof. Dr. Feryal KARADENİZ'e, tez çalışmam sırasındaki öneri ve katkılarından dolayı Tez İzleme Komitesinin değerli üyeleri Prof. Dr. Sevinç YÜCECAN ve Prof. Dr. Nevzat ARTIK'a, proje kapsamında birlikte çalıştığım sevgili arkadaşım Arş. Grv. Hande Selen BURDURLU'ya, sonuçların istatistik olarak değerlendirilmesindeki yardımlarından dolayı Prof. Dr. Fikret GÜRBÜZ ve Arş. Grv. Özgür KOŞKAN'a, araştırmada kullanılan havuç örneklerinin temininde yardımcı olan Burdur-Yusufça kasabasından havuç üreticisi Sayın Mehmet GENCER'e, Beypazarı Ziraat Odası Başkanı Sayın Satılmış TANIR'a ve Konya Tarım İl Müdürlüğü'nden Sayın Mustafa DEMİREL ve Ali İhsan YILDIRIM'a, yardımlarından dolayı teknisyen Önder YALÇIN'a ve her zaman olduğu gibi tez çalışmam sırasında da manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından 2003-07-11-077 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Nuray KOCA
Ankara, Ekim 2006

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 Özellikleri **3**

2.2 Karotenoidlerin Biyosentezi **7**

2.3 Karotenoidlerin Sindirimi ve Biyoyararlılığı **9**

2.4 Karotenoidlerin Fonksiyonları **11**

2.5 Karotenoidlerin Sağlık Üzerine Etkileri **17**

2.6 Gıdalarda Bulunan Karotenoidler **18**

2.7 Havuçlarda Bulunan Karotenoidler ve Diğer Biyoaktif Bileşikler **20**

2.8 Karotenoidlerin Proses ve Depolama Sırasındaki Stabilitesi **23**

3. MATERYAL ve YÖNTEM **31**

3.1 Materyal **31**

3.2 Yöntem **31**

3.2.1 Örnek hazırlama **31**

3.2.2 Suda çözünür kuru madde **31**

3.2.3 pH ve titrasyon asitliği **32**

3.2.4 Renk ölçümü **32**

3.2.5 Karotenoid madde ekstraksiyonu **32**

3.2.6 HPLC ile karotenoidlerin analizi **33**

3.2.6.1 Karotenoid piklerinin tanımlanması ve hesaplama **33**

3.2.6.1.1 Karotenoid standart çözeltilerinin hazırlanması **33**

3.2.7 Antioksidan madde ekstraksiyonu **35**

3.2.8 Antioksidan aktivite (TEAC) analizi **35**

3.2.9 İstatistiksel değerlendirme **37**

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA **38**
4.1 Havuçların Bazı Analitik Özellikleri **38**
4.2 Havuçlarda Tanımlanan Karotenoidler **40**
4.3 Havuçlarda Belirlenen Karotenoid Miktarları ve Çeşitlere Göre Değişimi **41**
4.4 Havuçlarda Karotenoidlerin Yıllara Göre Değişimi **46**
4.5 Havuçlarda Karotenoidlerin Yörelere Göre Değişimi **47**
4.6 Havuçlarda Antioksidan Aktivite **50**
4.7 Havuçlarda Antioksidan Aktivitenin Yörelere Göre Değişimi **53**
4.8 Karotenoid Maddeler ve Antioksidan Aktivite Arasındaki İlişki **55**
4.9 Depolamanın Havuçlardaki Karotenoid Maddeler ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi **55**
5. SONUÇLAR **61**

KAYNAKLAR ***65***
ÖZGEÇMİŞ **79**

SİMGELER DİZİNİ

ABTS	2,2'-azinobis (3-etilbenzothiazoline-6-sülfonikasit)
BHT	Bütilhidroksi toluen
DNA	Deoksiribonükleik asit
DPPH	1,1-difenil-2-pikril-hidrazil hidrokinon
FRAP	Ferric reducing antioxidant power
GGDP	Geranylgeranyl difosfat
HDL	Yüksek yoğunluklu lipoprotein
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
IU	International unit (Uluslararası birim)
LDL	Düşük yoğunluklu lipoprotein
6-MM	6-Metoksimellein
MVA	Mevalonik asit
NRC	Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi
ODS	Oktadesil silan
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity
PPDP	Prefitoen difosfat
RAE	Retinol aktivite eşdeğeri
RDA	Recommended daily allowance
RE	Retinol eşdeğeri
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Karotenoidlerin poliizoprenoid yapısı	3
Şekil 2.2	Gıdalarda bulunan bazı karotenoidler	4
Şekil 2.3	Karotenoidlerin biyosentezi	8
Şekil 2.4	Retinol	12
Şekil 3.1	β-karoten standart kurvesi	34
Şekil 3.2	Karoten miks izomer standart kurvesi	34
Şekil 3.3	Lutein standart kurvesi	35
Şekil 3.4	Troloks standart kurvesi	36
Şekil 3.5	Havuç ekstraktına ilişkin tipik bir inhibisyon kurvesi	37
Şekil 4.1	Havuçta belirlenen karotenoidlere ilişkin tipik bir HPLC kromatogramı	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Karotenoidler için spesifik absorbsiyon katsayıları ($A_{1cm}^{\%1}$), solventler ve maksimum dalga boyları (λ_{max}) 5

Çizelge 2.2 Karoten izomerlerinin A vitamini aktivitesi 12

Çizelge 2.3 Karoten ve ksantofillerin antioksidan aktivitesi 14

Çizelge 2.4 Havuçlarda bulunan başlıca karotenoidler 21

Çizelge 4.1 2003 yılında temin edilen farklı havuç çeşitlerinin bazı analitik özellikleri 38

Çizelge 4.2 2004 yılında temin edilen farklı havuç çeşitlerinin bazı analitik özellikleri 39

Çizelge 4.3 2003 yılında farklı yörelerden temin edilen farklı havuç çeşitlerinde karotenoid madde miktarı ve A vitamini aktivitesi 42

Çizelge 4.4 2004 yılında farklı yörelerden temin edilen farklı havuç çeşitlerinde karotenoid madde miktarı ve A vitamini aktivitesi 44

Çizelge 4.5 Havuçlarda karotenoidlerin yıllara göre değişimi 47

Çizelge 4.6 2003 yılında temin edilen Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde karotenoidlerin yöreye göre değişimi 48

Çizelge 4.7 2004 yılında temin edilen Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde karotenoidlerin yöreye göre değişimi 49

Çizelge 4.8 Farklı yörelerden temin edilen farklı havuç çeşitlerinde antioksidan aktivitenin çeşide ve yetişme yılına göre değişimi 50

Çizelge 4.9 Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde antioksidan aktivitenin yörelere göre değişimi 54

Çizelge 4.10 Antioksidan aktivite ve karotenoid madde miktarları arasındaki ilişki..... 55

Çizelge 4.11 Havuçta bazı analitik özelliklerin depolama sırasındaki değişimi 56

Çizelge 4.12 Havuçta depolama süresince renk değişimi 57

Çizelge 4.13 Havuçta depolama süresince karotenoid maddeler ve antioksidan aktivite değişimi 58

1. GİRİŞ

Karotenoidler; geniş dağılımları, yapısal farklılıkları, çok çeşitli etki ve fonksiyonlarıyla doğada bulunan en önemli pigment gruplarından birini oluşturmaktadır (Oliver and Palou 2000). Sarı, kırmızı ve turuncu bitki pigmentlerinin ana kaynağı olan karotenoidler meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunmaktadır. Doğal kaynaklardan tanımlanmış yaklaşık 600 karotenoid mevcuttur (Olson 1994).

Sağlık açısından birçok önemli fonksiyonu bulunan karotenoidlerin başlıca fonksiyonları A vitamininin ön maddesi olmasıdır (Britton 1995, Gregory 1996, von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerce zengin meyve ve sebze tüketiminin bazı kanser türlerinin, kalp-damar hastalıklarının, katarakt ve yaşa bağlı makula bozuklukları gibi göz hastalıklarının görülme sıklığını azalttığı ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği bildirilmektedir (Kalt *et al*. 1999, Kurilich *et al*. 1999, Dietmar and Bamedi 2001, Sulaeman *et al*. 2001). Biyolojik antioksidan olarak da karotenoidler son zamanlarda birçok çalışmanın ilgi odağı olmuştur (Khachik *et al*. 1992, Britton 1995, Sharoni *et al*. 2002, Bohm *et al*. 2002, Kalt 2005).

Karotenin ilk izole edildiği sebze olan havuç, A vitamininin en önemli kaynaklarından biridir (Bushway and Wilson 1982, Heinonen 1990, Skrede *et al*. 1997, Desobry *et al*. 1998, Osmianski and Górska 2002). Havuçlarda α-, β-, γ-, ζ- karoten, lutein, β-zeakaroten ve likopen gibi karotenoidlerin bulunduğu bildirilmekle birlikte (Simon and Wolff 1987, Desobry *et al*. 1998), havuç karotenoidlerinin % 60-80'ini β-karoten, % 10–40'ını α-karoten ve % 1–5'ini lutein oluşturmaktadır (Sulaeman *et al*. 2001). Havuçta karotenoidlerin yanı sıra fenolik bileşikler (Babic *et al*. 1993, Alasalvar *et al*. 2001, Zhang and Hamauzu 2004b) ve C vitamini (Klein and Perry 1982, Favell 1998, Alasalvar *et al*. 2001) gibi diğer antioksidan bileşikler ile poliasetilenler ve izokumarinler gibi biyoaktif bileşikler de bulunmaktadır (Hansen *et al*. 2003, Kidmose *et al*. 2004, Kobaek-Larsen *et al.* 2005).

Havuç taze veya pişmiş olarak salata ve yemeklerde kullanıldığı gibi, konserve, turşu, hazır yemek ve çorbaların yapımında da kullanılmaktadır. Ayrıca "cezerye" adı verilen

havuç tatlısının yapımında da değerlendirilme imkanına sahiptir. Ülkemiz iklim ve toprak koşullarında yılın her döneminde yetiştirmeye uygun olan havuç, yaygın olarak tüketilen sebzeler arasındadır. 2004 yılı istatistiklerine göre ülkemizde yılda 438.000 ton havuç üretilmektedir (http://www.tuik.gov.tr, 2004). Türkiye'deki başlıca havuç üretim merkezleri ise Ankara, Konya ve Burdur illeridir (Yanmaz 1988).

Havuçlarda karotenoid içeriğinin çeşit, olgunluk, yetişme koşulları, mevsim gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmektedir (Hart and Scott 1995). Meyve ve sebzelerde bulunan başlıca karotenoidlerin kalitatif ve kantitatif dağılımlarını değerlendirmeye yönelik spesifik ve detaylı verilerin toplanmasının karotenoidlere ilişkin epidemiyolojik çalışmaların daha iyi anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlayacağı aktarılmaktadır (Khachik and Beecher 1988). Ülkemizde yetiştirilen havuç çeşitlerinde karotenoid madde dağılımı ve antioksidan aktivitenin belirlenmesine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırmadan elde edilen verilerin gıda kompozisyon tablolarının oluşmasına olanak sağlayacağı ve böylelikle beslenme önerilerinde önemli bir veri tabanı oluşturulmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir. Karotenoid madde dağılımı ve antioksidan aktiviteleri belirlenen bu ürünlerden uygun çeşitlerin üretiminin teşvik edilmesiyle gerek sağlığa gerekse ekonomiye katkıda bulunulması ümit edilmektedir. Ayrıca, havuçlarda antioksidan madde içeriklerinin belirlenmesinin çeşit geliştirme, hasat sonrası proses ve depolama koşulları sırasında antioksidan düzeyini korumak ve iyileştirmek için yapılacak daha sonraki çalışmalara ışık tutacağı tahmin edilmektedir.

Öte yandan, depolama süresince karotenoidlerin stabilitesi de son ürünü çekici ve kabul edilebilir kılmak için oldukça önemlidir. Karotenoidlerin depolama sırasındaki stabilitesi en az proses sırasındaki stabiliteleri kadar önemli olup depolama sırasında karotenoidlerin değişimine ilişkin çalışmaların çok sınırlı olduğu görülmektedir.

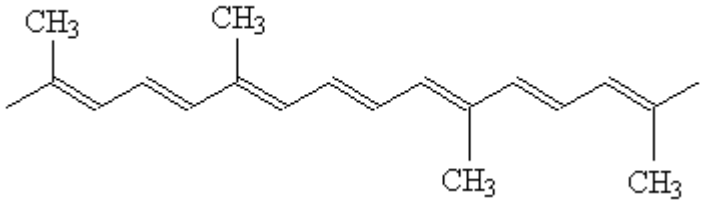
Bu çalışma ile, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen havuç çeşitlerinde karotenoid madde dağılımının ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi ve ayrıca karotenoid maddelerle antioksidan aktivite arasındaki ilişkinin saptanması amaçlanmaktadır. Buna ilaveten, uygun koşullarda 6 ay süreyle depolanan havuçlarda karotenoid madde içeriğindeki ve antioksidan aktivitedeki değişim belirlenecektir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Karotenoidlerin Yapısı ve Özellikleri

Bitkiler, bazı bakteri, alg ve funguslar tarafından sentezlenen, meyve ve sebzelere sarıdan kırmızıya kadar değişen renkleri veren karotenoidler; geniş dağılımları, yapısal farklılıkları, çok çeşitli etki ve fonksiyonlarıyla doğada bulunan en önemli pigment gruplarından birini oluşturmaktadır (Oliver and Palou 2000). Hayvanlar karotenoid sentezleyemedikleri için diyet aracılığıyla aldıkları karotenoidleri modifiye ederek dokularında depolamaktadır (Rodriguez-Amaya 2001). Doğal kaynaklardan tanımlanmış olan yaklaşık 600 karotenoid bulunmaktadır (Olson 1994). Karotenoidler kırmızı, sarı ve turuncu renkli meyve ve sebzelerin yanısıra tüm yeşil yapraklı sebzelerde de bulunmaktadır. Ancak, yeşil yapraklı sebzelerde bulunan karotenoidlerin rengi klorofil tarafından maskelenmiş durumdadır (von Elbe and Schwartz 1996).

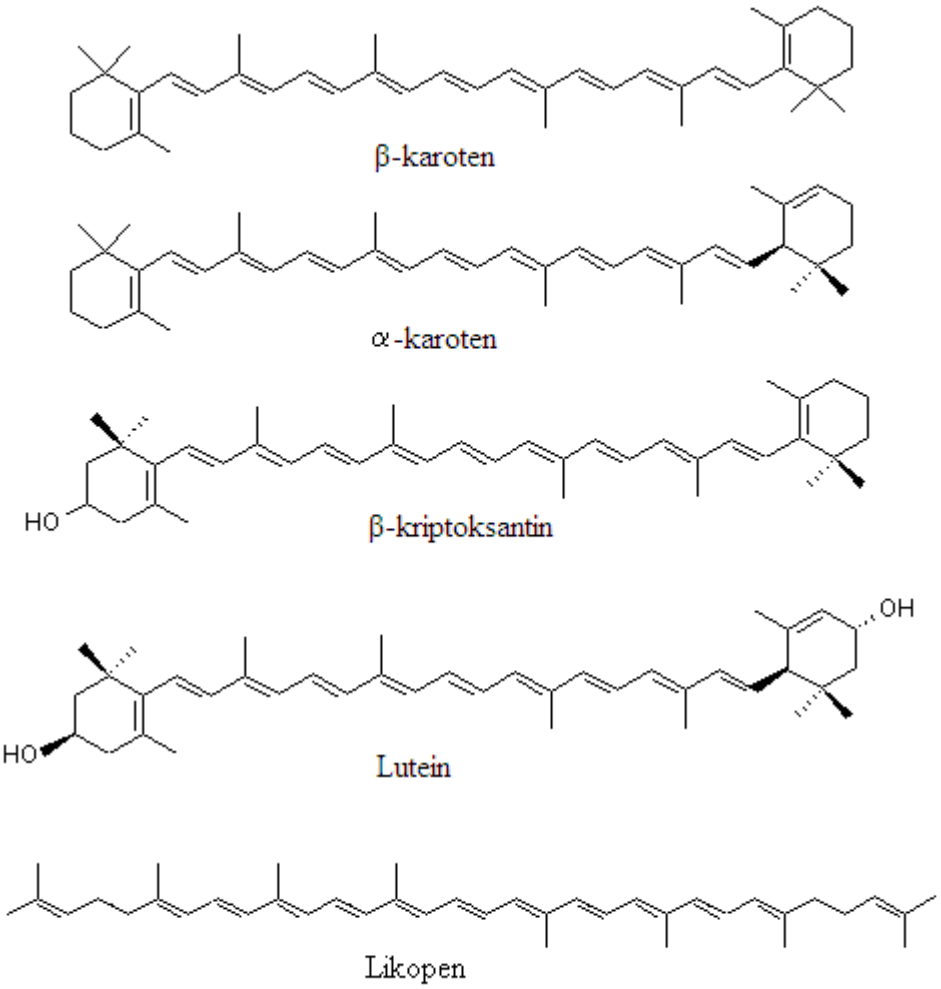
Karotenoid pigmentler; metil grupları bağlanmış alifatik bir zincir ve karotenoidlere renklerini veren konjuge çift bağ sisteminden oluşmaktadır. Karotenoidlerde yapı, birbirine kovalent olarak bağlanmış izopiren ünitelerinden oluşmaktadır (Şekil 2.1) (Anonymous 1951).



Şekil 2.1 Karotenoidlerin poliizoprenoid yapısı

Karotenoidler yapılarına göre "hidrokarbon karotenoidler" ve "ksantofiller" olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. "Karotenler" olarak da adlandırılan apolar özellikteki hidrokarbon karotenoidlerin başlıcaları; α-karoten, β-karoten ve likopendir. Ksantofiller ise, daha polar özellikte olup yapısında metoksi, hidroksi, keto, karboksi ve epoksi

formunda oksijen içermektedir. Ksantofillere örnek olarak β-kriptoksantin, zeaksantin ve lutein verilebilir. Karotenoidler ayrıca zincir uçlarında halka grubu içerip içermemesine göre de siklik (halkalı) ve asiklik (halkasız) karotenoidler olarak da gruplandırılmaktadır. Likopen, fitoen, fitofluen ve ζ-karoten asiklik; α-karoten, β-karoten, δ-karoten ve γ-karoten siklik yapıdaki karotenoidlerdir. Şekil 2.2'de gıdalarda yaygın olarak bulunan karotenoidlerin yapısı verilmiştir.



Şekil 2.2 Gıdalarda bulunan bazı karotenoidler

Karotenoidler; bitkisel dokularda serbest halde (kristal veya amorf) veya yağlı ortamda çözünmüş olarak bulunurlar. Ayrıca yağ asitleriyle esterleşmiş halde veya şeker ve proteinlerle kompleks halde de bulunabilirler (von Elbe and Schwartz 1996, Parker 1996). Kaynama noktaları yüksek olup 130-220 °C arasında değişmektedir (Britton

1992). Karotenoidler yaklaşık 430-480 nm dalga boylarında maksimum absorbans göstermektedirler (von Elbe and Schwartz 1996). Karotenoidlerin belirlendiği dalga boyları ve absorbsiyon katsayıları Çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2.1 Karotenoidler için spesifik absorbsiyon katsayıları ($A_{1cm}^{\%1}$), solventler ve maksimum dalga boyları (λ_{max}) (Hart and Scott 1995)

Karotenoid	**Solvent**	**λ_{max} (nm)**	**$A_{1cm}^{\%1}$**
Lutein	Etanol	445	2550
Zeaksantin	Hekzan	451	2480
β-kriptoksantin	Hekzan	451	2460
Likopen	Hekzan	472	3450
α-karoten	Hekzan	444	2800
β-karoten	Hekzan	450	2560

Karotenoidlerin sahip olduğu konjuge çift bağ yapısı, bu bileşiklerin karakteristik rengini belirlediği gibi (Britton 1995), fotosentez sırasında ışığı absorbe etme, enerji transferi ve hücreleri ışığın zararlı etkilerinden koruma gibi biyolojik fonksiyonlarını da belirlemektedir (Krinsky 1994, Deming and Erdman 1999). Buna ilaveten, kök ve yapraklarda bulunan bazı karotenoidler, kimyasal taşıyıcı ve büyüme düzenleyici bir bileşik olan absisik asidin ön maddesidir (von Elbe and Schwartz 1996).

Karotenoidler lipofilik bileşikler olduğundan yağda ve kloroform, benzen, petrol eter, karbon disülfit gibi organik çözücülerde çözünmekte, alkolde çözünmemektedir. Çoklu doymamış bir yapıya sahip olan karotenoidler, ısıya karşı stabil olmakla birlikte proses ve depolama sırasında izomerizasyona uğramaktadır (Anonymous 1951). Çoğu karotenoid, doğal olarak all-*trans* formda bulunmakla birlikte; klorofil gibi bileşikler, ışık, organik çözücü, asit ve ısı etkisi ile *cis*- konfigürasyona dönüşmektedir. Karotenoidlerin çift bağ sisteminde meydana gelen izomerizasyonlar ile biyolojik ve fiziksel açıdan farklılıklar gösteren çok sayıda konfigürasyon sözkonusu olabilmektedir. Örneğin, β-karotenin 272 farklı *cis*- izomeri saptanmıştır (von Elbe and Schwartz 1996). Bu dönüşümler molekülün fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır. *Cis*-izomerler kristal özellikte olmadıklarından genellikle termodinamik

olarak daha az stabil olup, all-*trans* izomerlerden daha düşük kaynama noktasına sahiptir. β-karotenin *cis*-izomerleri, hekzan ve petrol eter gibi solventlerde all-*trans* izomerlerden daha iyi çözünmektedir. *Cis*- izomerlerin UV spektrumu 300–350 nm civarında olup, renk yoğunluğu *cis*- özellikteki çift bağın bulunduğu yere göre değişmektedir. Karotenoidlerin izomerizasyonu renk yoğunluğunda azalmaya neden olmaktadır (Schieber and Carle 2005).

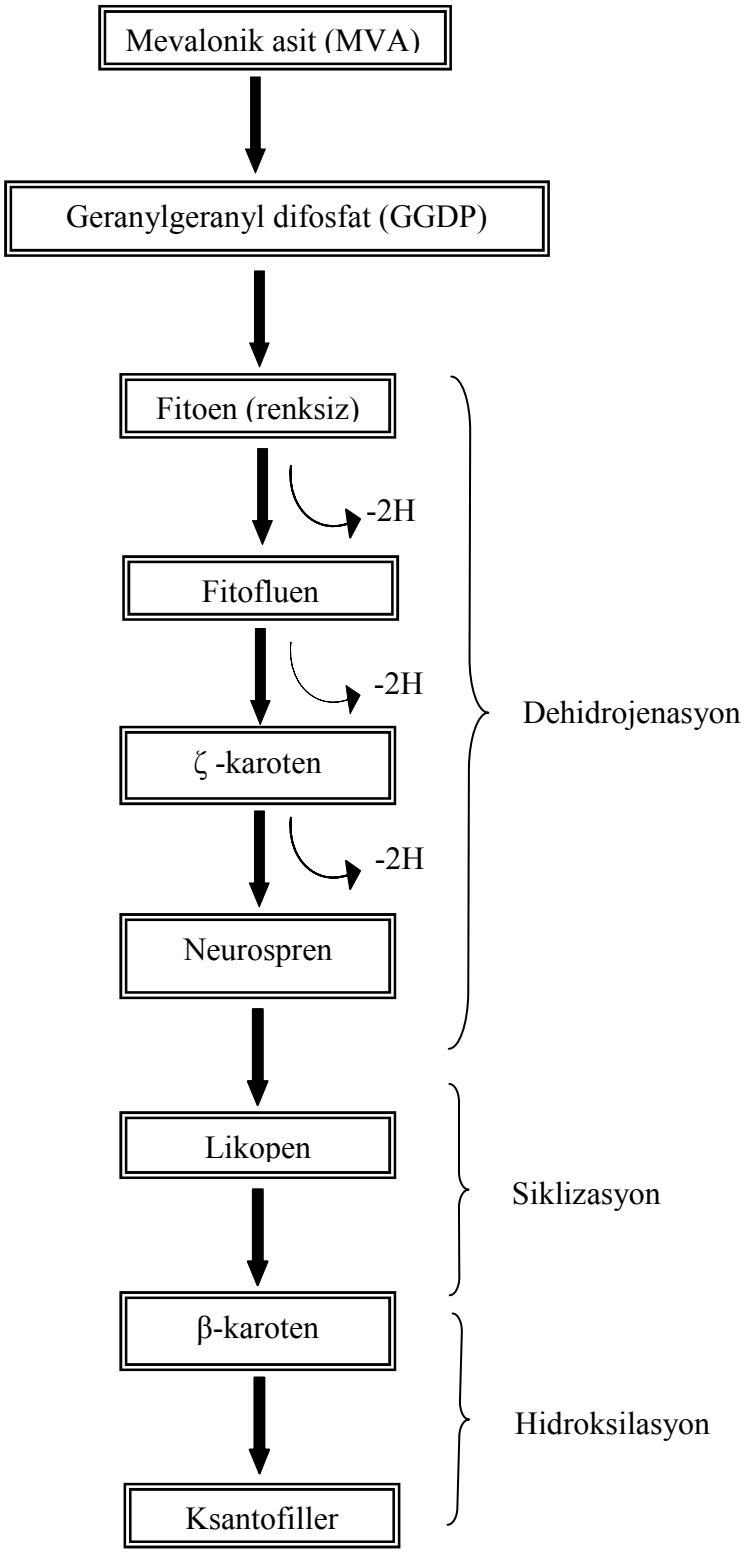
Karotenoidler, içerdikleri çok sayıda konjuge çift bağ nedeniyle kolaylıkla okside olmaktadır. Kristal haldeki saf karotenoidler, çok az miktarda oksijen varlığında bile depolandığı zaman hızlı bir şekilde parçalanmaktadır. Doku içerisinde proteinler ve diğer bazı moleküller tarafından oksidasyondan korunan pigmentler, serbest radikallerin etkisiyle oksidatif zarara uğrayabilmektedir. Karotenoidlerin oksidasyonuyla birçok kompleks degradasyon ürünleri oluşmaktadır. Oksidasyon sırasında öncelikle epoksitler ve karbonil bileşikleri, daha ileri aşamada ise epoksi- β-iyonon içeren mono ve dioksijene bileşikler oluşmaktadır. Otooksidasyon karotenoid pigmentlerinin renginde ağarmaya neden olmaktadır. Sülfit ve metal iyonları varlığında oksidatif parçalanma hızlanmaktadır. Enzimatik aktivite, özellikle de lipoksigenaz aktivitesi karotenoidlerin oksidatif degradasyonunu hızlandırmaktadır. Lipoksigenaz, doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu katalizleyerek peroksitleri oluşturmakta, bunlar da dönüşümlü olarak karotenoidlerle reaksiyona girmektedir (von Elbe and Schwartz 1996).

Doğada tanımlanan 600 karotenoidden yapısında β-halkası içeren sadece 50 tanesi provitamin A aktivitesi göstermektedir. Yapısında iki β-halkası bulunan all-*trans*-β-karoten, bağırsakta 2 molekül retinale parçalandığı için en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir. Buna karşılık 13-*cis*-β-karoten (% 53) ve 9-*cis*-β-karoten (% 38) daha düşük provitamin A aktivitesine sahiptir. İzomerizasyon, provitamin A aktivitesi dışında karotenoidlerin antioksidan aktivitesini de etkilemektedir (Schieber and Carle 2005). Nitekim; β-karoten, α-karoten ve likopenin *cis*- izomerlerinin all-*trans* konfigürasyona göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği, buna karşılık zeaksantinin *cis* formunun all-*trans* formunun sahip olduğu antioksidan aktivitenin yarısına sahip olduğu bildirilmektedir (Bohm *et al*. 2002). *Cis*- izomerlerin all-*trans*

formlara göre daha az kristal özellikte, daha polar olması ve yağda daha fazla çözünmesinin bu bulgular ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Chandler and Schwartz 1987, Krinsky *et al*. 1990).

2.2 Karotenoidlerin Biyosentezi

Karotenoidler; bitkiler, algler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilen ancak hayvanlar tarafından sentezlenmeyen pigmentlerdir. Karotenoidler, mevalonik asit (MVA) aracılığıyla asetil koenzim A'dan sentezlenmektedir. Tüm izoprenoid bileşiklerinde biyosentez iz yolunun ilk basamağında, iki molekül geranylgeranyl difosfat (GGDP) molekülünden prefitoen difosfat (PPDP) aracılığıyla 40 karbonlu bir hidrokarbon olan fitoen oluşmaktadır. Üç konjuge çift bağ içeren ve renksiz olan fitoen, daha sonra her enzimatik basamakta moleküle yeni bir çift bağ eklenmek suretiyle bir dizi dehidrojenasyon reaksiyonu geçirdikten sonra 13 tane çift bağ içeren simetrik bir molekül olan likopen oluşmaktadır. Likopenden sonraki basamak ise, uç gruplarda halka oluşumudur (siklizasyon). Bunun sonucunda da monosiklik (γ-karoten, δ-karoten) ve bisiklik (α-karoten, β-karoten) yapıdaki karotenoidler oluşmaktadır. Ayrıca, α-karoten ve β-karotenin hidroksilasyonu sonucunda da lutein ve zeaksantin gibi ksantofiller meydana gelmektedir (Şekil 2.3) (Britton 1992).



Şekil 2.3 Karotenoidlerin biyosentezi (Britton 1992)

2.3. Karotenoidlerin Sindirimi ve Biyoyararlılığı

Gıda matriksinden serbest hale geçen karotenoidler, midede sindirim sırasında daha küçük lipid emülsiyon partiküllerine dönüşerek çözünmektedir. Çözünen karotenoidler mideden ince bağırsağın ilk kısmı olan duodenuma taşınır. Karotenoidlerin duodenumdaki sindirimi pankreatik lipaz enzimi ve safra tuzlarının etkisiyle gerçekleşmektedir (Parker 1996). Karotenoidlerin bağırsak mukozasına alımı, misellerdeki diğer lipid bileşenleri ile benzer bir yol izlemektedir. Karotenoidler yağda çözünen bileşikler olup absorpsiyonları için safra tuzları içerisinde çözünmeleri ve misellerle birleşmeleri gerekmektedir. Safra tuzları, lipid partikül boyutunun azaltılmasına yardım etmekte ve karotenoidlerin absorbsiyonunda ve A vitaminine parçalanmasında önemli rol oynamaktadır. Bağırsaklarda asıl karotenoid alımı, diyetle alınan yağ ile birlikte ve pasif difüzyonla gerçekleşmektedir. Bağırsakta diyet yağının varlığı, safra kesesinden safra tuzlarının salgılanmasını teşvik etmekte ve diyetteki triaçil gliserolleri, hidroliz ürünleri olan serbest yağ asitleri ve monogliseritlere hidrolize eden pankreatik lipaz enzimini ayarlamaktadır. Böylelikle de ince bağırsakta misel oluşumu ve karotenoidlerin absorbsiyonuna katkıda bulunmaktadır (Deming and Erdman 1999).

Absorbsiyonu izleyen en önemli proses, β-karoten ve diğer provitamin A karotenoidlerinin β-karoten-15,15'-dioksijenaz enzimi yardımıyla parçalanarak retinale dönüşmesidir. Oluşan retinal enzimatik olarak retinole dönüşmekte ve retinole bağlı proteinler tarafından gerekli yerlere taşınmakta ya da açil esterleri olarak karaciğerde depolanmaktadır (Britton 1992). Karotenoidler, kandaki lipoproteinler üzerinde taşınmakta veya dokularda depolanabilmektedir. α-karoten, β-karoten ve likopen gibi karotenler düşük yoğunluklu proteinlerle (LDL) taşınırken, lutein ve zeaksantin gibi ksantofiller daha çok yüksek yoğunluklu lipoproteinlerle (HDL) taşınmaktadır. Diyet karotenoidleri, insanlarda karaciğer, adipoz, prostat, böbrek, makula, akciğer, beyin, deri gibi dokuların yanısıra serum ve anne sütünde de depolanabilmektedir (Olson 1994, Deming and Erdman 1999).

İnsanlarda karotenoidlerin % 5–50 oranında absorbe edildiği (Dutta *et al.* 2005) ve karotenoidlerin biyoyararlılığının taze, pişmemiş sebzelerde % 10'dan az, yağ içinde veya ticari preparatlarda % 50 civarında olduğu aktarılmaktadır (Deming and Erdman 1999). Meyve ve sebzelerden alınan karotenoidlerin biyoyararlılığı; gıdanın yapısı, çiğ veya pişmiş oluşu, partikül boyutu (Paiva and Russell 1999), karotenoidin türü ve konsantrasyonu (Furr and Clark 1997, Kopsell and Kopsell 2006), karotenoidin etkileştiği diğer diyet bileşenleri (yağ, diyet lifi, E vitamini vb.), kişinin yaşı (Castenmiller and West 1997, Furr and Clark 1997), sahip olduğu gastrointestinal rahatsızlıklar (Lyn-Patrick 2000) ve parazit enfeksiyonlar (Brasitus 1983, Rock *et al*. 1998, Panhwar 2005) gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir.

Karotenoidlerin bitkide bulunduğu yer (örneğin; hücre kloroplastlarında proteinlerle kompleks yapıp yapmadığı veya kromoplastlarda kristal formda bulunması) biyoyararlılığı etkilemektedir (Rock and Swenseid 1992). Havuçta kristal formda bulunan β-karoten, yağ içinde çözünmüş formuna göre daha az biyoyararlılığa sahiptir (Deming and Erdman 1999). Destek besin öğesi olarak alınan sentetik β-karotenin, meyve ve sebzelerden alınana göre daha yararlı olduğu bildirilmektedir (Törrönen *et al*. 1996). Geometrik izomerlerin biyoyararlılığı ve provitamin A aktivitesi de farklılık göstermektedir. Karotenoidlerin bitkilerde doğal olarak bulunan all-*trans* formu, *cis*-konfigürasyonlarına göre daha yüksek provitamin A aktivitesine sahip olup 9-*cis* ve 13-*cis* izomerleri doğal β-karotenin gösterdiği provitamin A aktivitesinin sadece % 40-50'sine sahiptir (Castenmiller and West 1997).

Proses sırasında homojenizasyon, ısı muamelesi ve yağ ilavesi karotenoidlerin biyoyararlılığını artırmaktadır (Deming and Erdman 1999). Sebzeleri pişirmek, parçalamak ve püre haline getirmek partikül boyutlarının küçülmesine ve bitki hücre duvarının parçalanmasına neden olarak midede absorbsiyonu sırasında karotenoidleri daha yararlanılabilir hale getirmektedir (Stahl and Sies 1992). Isıl işlemin sebzelerdeki karotenoidlerin biyoyararlılığını artırdığı bildirilmekle birlikte (Poor *et al*. 1993), bu uygulama gıdalardaki *trans*- formun *cis*- forma dönüşümünü de teşvik etmektedir (Chandler and Schwartz 1987). Buharlama gibi ılımlı bir ısıl işlem yararlılığı artırırken, kaynatma gibi daha şiddetli prosesler karotenoidlerin oksidasyonuna ve

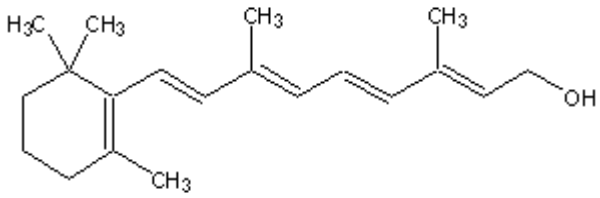
izomerizasyonuna sebep olarak provitamin A aktivitesini ve biyoyararlılığı azaltmaktadır (Deming and Erdman 1999). Nitekim, Poor *et al*. (1993) tarafından yapılan çalışmada, püre haline getirilmiş ve ince parçalanmış havuçlara uygulanan ılımlı bir ısıl işlemin β-karotenin biyoyararlılığını artırdığı bildirilmektedir. Rock *et al*. (1998), ısıl işlem uygulanmış havuç ve ıspanak püresi tüketenlerde plazma toplam ve all-*trans* β-karoten düzeylerinin bu sebzeleri çiğ olarak tüketenlerden yaklaşık üç kat daha fazla olduğunu ancak proses sırasında artan *cis*- izomerlerin plazma cis-β-karoten düzeylerini önemli ölçüde etkilemediğini bildirmektedir. Salçada bulunan likopenin taze domatestekinden daha yararlı olduğu bildirilmektedir (Gärtner *et al.* 1997).

Karotenoidlerin biyoyararlılığı, karotenoidin bulunduğu gıda ve diyetteki diğer bileşenlerden de etkilenmektedir. Karotenoidler yağda çözünen bileşikler olduğu için diyette yağ varlığı, karotenoidlerin alımında önemli rol oynamaktadır (Roodenburg *et al*. 2000). Yüksek yağ içeren bir diyetin, düşük yağ içeren bir diyete oranla plazma β-karoten düzeylerinde önemli artışlara sebep olduğu bildirilmektedir (Dimitrov *et al.* 1988). Nitekim, yağ ile ısıtılmış domates ürünlerinin tüketiminin ısıtılmamış domates ürünlerine kıyasla serum likopen konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir (Stahl and Sies 1992). Meyve ve sebzelerde bulunan diyet lifi gibi bileşenler, safra asitleri ile birleşip karotenoidler gibi yağda eriyen maddelerin feçesle atımını artırarak karotenoid alımını azaltmakta ve plazma karotenoid konsantrasyonlarını etkilemektedir. Çözünür lif tüketiminin insanlarda karotenoid alımını engelleme etkisi, kolesterol düzeylerini düşürücü etkisi ile benzer şekilde açıklanabilmektedir (Deming and Erdman 1999). Özellikle turunçgil pektininde bulunan çözünür lifin β-karoten absorbsiyonunu azalttığı (Rock and Swenseid 1992) ancak farklı bir tip çözünür lif olan yulaf β-glukanının turunçgil pektini gibi olumsuz etkiye sahip olmadığı bildirilmektedir (Deming and Erdman 1999).

2.4. Karotenoidlerin Fonksiyonları

Sağlık açısından birçok önemli fonksiyonu bulunan karotenoidlerin başlıca fonksiyonları A vitamininin ön maddesi olmasıdır. Yapısında iki β-iyonon halkası bulunan β-karoten en yüksek provitamin A aktivitesine sahip olmakla birlikte α-

karoten, γ-karoten ve β-kriptoksantin gibi diğer bazı karotenoidler de bu aktiviteye sahiptir (von Elbe and Schwartz 1996). Doğada tanımlanan 600 karotenoidden sadece 50 tanesi memelilerde A vitaminin formlarından biri olan retinale dönüşebilmektedir. Diyette yağ asitleri varlığında kolaylıkla retinole (Şekil 2.4) dönüşebilen retinal, hücrelerde A vitaminin aktif hücresel formu olan retinoik aside okside olmaktadır (Astorg 1997).



Şekil 2.4 Retinol (Britton 1992)

Çizelge 2.2'de karoten stereoizomerlerinin A vitamini aktiviteleri verilmiş olup all-*trans* izomerlerin daha yüksek A vitamini aktivitesine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.2 Karoten izomerlerinin A vitamini aktivitesi (Gregory 1996)

İzomer	**A vitamini aktivitesi (%)**
All-*trans* β-karoten	100
9-*cis*-β-karoten	38
13-*cis*-β-karoten	53
All-*trans*-α-karoten	53
9-*cis*-α-karoten	13
3-*cis*-α-karoten	16

Meyve ve sebzelerdeki provitamin A karotenoidlerinin insanlarda A vitamini gereksiniminin % 30-100'ünü karşıladığı bildirilmektedir (von Elbe and Schwartz 1996). A vitamini için günlük olarak alınması önerilen miktarın (RDA); kadınlar için 700 µg, erkekler için 900 µg ve çocuklar için ise ortalama 350 µg olduğu bildirilmektedir (http://www.nap.edu, 2001).

A vitamini aktivitesini ifade etmek için farklı birimler kullanılmaktadır. Bu amaçla ilk olarak IU (International unit) birimi kullanılmıştır. Gıdalardaki A vitamini ve provitamin A karotenoidlerinin tümünü tek bir değer olarak ifade etmek amacıyla 1974 yılında Amerikan Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) tarafından A vitamini aktivitesi için RE (retinol eşdeğeri) birimi oluşturulmuştur. Dönüşüm ve absorbsiyon dikkate alındığında β-karoten'in yararlılığı retinolün 6'da 1'i kadar olup α-karoten ve β-kriptoksantin ise β-karoten'in yarısı kadar aktiviteye sahiptir. Nitekim 1 μg RE; 1 μg retinol, 6 μg β-karoten ve 12 μg diğer provitamin A karotenoidleri ve 3.3 IU A vitaminine eşittir. Ayrıca, son zamanlarda retinol aktivite eşdeğeri (RAE) birimi de kullanılmaya başlanmıştır. 1 RAE; 1μg retinol, 12 μg β-karoten, 24 μg α-karoten veya β-kriptoksantine eşittir. Meyve ve sebzelerde bulunan provitamin A karotenoidlerinden RAE değerlerini hesaplamak için RE değeri 2'ye, IU birimi ise 20'ye bölünmektedir. Öte yandan, et gibi tüm A vitamini aktivitesi retinolden oluşan gıdalarda veya diyete ilave olarak alınan A vitamininde 1 RE, 1 RAE'ye eşittir (Gebhardt and Holden 2006).

Havuç, pancar, ıspanak, tatlı patates ve pazı başta olmak üzere brokoli, kantalop kavunu, bamya, bezelye, kuşkonmaz, kayısı ve yeşil fasulye gibi meyve ve sebzeler provitamin A aktivitesi açısından zengin kaynaklar arasında sayılmaktadır (Bureau and Bushway 1986). A vitamininin başlıca diyet kaynaklarından olan havuçlarda, A vitamini aktivitesi düzeylerinin 1200–2300 μg RE/100 g arasında değiştiği bildirilmektedir (Bureau and Bushway 1986, Heinonen *et al*. 1989, Heinonen 1990).

Karotenoidler tekli oksijen yakalayıcı ve antioksidan olarak da oldukça etkilidir. Son zamanlarda biyolojik antioksidan olarak karotenoidler birçok çalışmanın ilgi odağı olmuştur. Ksenobiyotik adı verilen dış etkenler (sigara, halojenlenmiş hidrokarbonlar gibi çevre kirleticileri, karsinojenler) ve ayrıca çoklu doymamış yağ asitlerince zengin bir diyet aracılığıyla oluşabilen tekli oksijen ($^1O_2$), peroksil radikali ($ROO^{\cdot}$) süperoksit anyonu ($O_2^{\cdot -}$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksi radikali ($OH^{\cdot}$) gibi çeşitli reaktif oksijen türleri ve serbest radikaller vücutta normal metabolizma sırasında da oluşabilmektedir. Bu radikaller; DNA, protein, karbonhidrat ve lipidler gibi biyolojik açıdan önemli materyallere zarar verebilmekte ve kanser, kalp-damar hastalıkları ve sinir hastalıkları gibi birçok dejeneratif hastalığın oluşmasında önemli rol oynamaktadır.

Buna karşılık canlılar, serbest radikallerin bu potansiyel yıkıcı etkilerine karşı kendilerini korumak için çeşitli enzimatik savunma sistemlerine (süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, glutatiyon peroksidaz vb.) sahiptir. Bu enzimatik savunma sistemlerinin etkinliği; karotenoidler, fenolik bileşikler, E vitamini, C vitamini gibi doğal antioksidan bileşiklerin ve esansiyel iz minerallerin (Se, Cu, Zn) gıdalarla yeterince alınmasına bağlıdır (Koca ve Karadeniz 2003). Özellikle meyve ve sebzeler, hem yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmaları ve hem de iyi bir antioksidan karışımı ve kombinasyonunu temsil etmeleri açısından çok önemli doğal antioksidan kaynakları arasında sayılmaktadır (Koca ve Karadeniz 2005).

Karotenoidlerin antioksidan aktivitesi, tekli oksijen yakalama ve peroksil radikallerini tutma özelliklerine dayanmaktadır. Bu aktivite esas olarak, molekülün içerdiği çok sayıdaki konjuge çift bağlar ve bir ölçüde de halkalı uç gruplarla ilişkilidir (Di Mascio *et al*. 1991, Paiva and Russell 1999). Karotenoidlerdeki çift bağ sayısı arttıkça antioksidan aktivite de artmaktadır. Karotenoidler içerisinde en etkili antioksidanın likopen olduğu ve bunu sırasıyla β-kriptoksantin ve β-karotenin izlediği, ksantofillerin ise minimum aktiviteye sahip olduğu aktarılmaktadır (Miller *et al.* 1996). Farklı karotenoidlerin Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite yöntemi (TEAC) kullanılarak belirlenen antioksidan aktiviteleri Çizelge 2.3.'de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Karoten ve ksantofillerin antioksidan aktivitesi (Miller *et al*. 1996)

Karotenoid	**TEAC(mM)**
Likopen	2.9 ± 0.15
β-karoten	1.9 ± 0.10
α-karoten	1.3 ± 0.04
β-kriptoksantin	2.0 ± 0.02
Zeaksantin	1.4 ± 0.04
Lutein	1.5 ± 0.10
Astaksantin	0.03 ± 0.03
Kantaksantin	0.02 ± 0.02

Miller *et al.* (1993) tarafından tanımlanan ve oluşturulmuş radikallerin antioksidanlar tarafından indirgenerek renginin açılması esasına dayanan TEAC analizi, ilk kez hidrofilik bileşiklerin antioksidan aktivitelerini belirlemek için kullanılmıştır. Bu yöntemde radikaller, peroksidaz aktivitesi ile hidrojen peroksit varlığında metmiyoglobinden üretilmektedir. TEAC analizinin karotenoidler için önerilen farklı bir modifikasyonunda (Miller *et al*. 1996) radikaller, mangandioksit tarafından ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzothiazoline-6-sülfonikasit)'nin oksidasyonu ile oluşturulmaktadır. Radikal oluşturmak için kullanılan en son yöntem ise ABTS'nin potasyum persülfat ile reaksiyonudur. Bu reaksiyon sonucunda oluşan mavi/yeşil renkli stabil $ABTS^{\cdot+}$ radikal katyonu 645 nm, 734 nm ve 815 nm dalga boylarında maksimum absorbans göstermektedir. Önceden oluşturulmuş radikal katyonuna antioksidanların ilave edilmesi antioksidan konsantrasyonuna bağlı olarak katyonu ABTS'ye indirgemektedir. İnhibisyon yüzdesi ile ifade edilen $ABTS^{\cdot+}$ radikal katyonunun renginin açılma derecesi, konsantrasyon ve zamanın bir fonksiyonu olarak belirlenmekte ve bir E vitamini analoğu olan Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) ile karşılaştırılmaktadır. Bu yöntem tüm suda ve yağda çözünen antioksidanlar, saf maddeler ve gıda ekstraktları için kullanılabilmektedir (Re *et al*. 1999).

Karotenoidlerin, peroksil ($ROO^{\cdot}$) radikali ile reaksiyona girerek antioksidan aktivite gösterdikleri bilinmektedir. Bu reaksiyon sonucunda β-karoten radikali (β-$karoten^{\cdot}$) oluşmaktadır (2.1. no'lu reaksiyon). Peroksil radikalleri, β-karotenin konjuge çift bağ sisteminde çiftlenmemiş elektronun bulunduğu C_7 pozisyonunda stabil bir radikal oluşturmaktadır (2.2. no'lu reaksiyon). Karotenoid radikalinin oksijenle birleşmesi sonucu, karotenoid-peroksil radikali (β-karoten-$OO^{\cdot}$) meydana gelmektedir (2.3. no'lu reaksiyon). Ancak, bu reaksiyonun oluşumu sistemdeki oksijen basıncına bağlıdır. Oksijen basıncının düşük olduğu durumlarda reaksiyonun dengesi peroksil radikallerini azaltma yönünde sola kaymaktadır. Oksijen basıncının yüksek olması durumunda ise β-karoten otooksidasyon nedeniyle prooksidan olarak görev yapabilme özelliğinde olan peroksil radikallerini üretmekte ve reaksiyon sağa kaymaktadır. Buna ilaveten, β-karoten-peroksil kompleksi bir diğer peroksil radikali ile reaksiyona girebilmekte (2.4. no'lu reaksiyon) ve bu reaksiyonun sonunda da aktif olmayan ürünler meydana gelmektedir (Palozza and Krinsky 1992).

β-karoten + $ROO^{\cdot}$ ⟶ β-karoten$^{\cdot}$ + ROOH (2.1)

β-karoten + $ROO^{\cdot}$ ⟶ ROO- β-karoten$^{\cdot}$ (2.2)

β-karoten$^{\cdot}$ + O_2 ⟷ β-karoten-$OO^{\cdot}$ (2.3)

β-karoten-$OO^{\cdot}$ + $ROO^{\cdot}$ ⟶ inaktif ürünler (2.4)

β-karotenin antioksidan kapasitesi, özellikle düşük oksijen basınçlarında E vitaminine göre daha fazladır. Nitekim, düşük konsantrasyonlardaki β-karotenin *in vitro*da metil lineolatın oksidasyonunu yavaşlattığı bildirilmektedir. Ayrıca süper oksit anyonlarını yok etmekte ve plazmada düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) içinde taşındığı için LDL oksidasyonunu sınırlamakta ve korumaktadır (Duthie *et al.* 1989). β-karoten ve bazı karotenoidler, α-tokoferol ve askorbik asit gibi diğer antioksidanlarla birlikte etki gösterebilmekte ve böylelikle hücrelerdeki antioksidan ağının bir parçası olarak görev yapabilmektedir (Olson 1991). Karotenoidlerin *in vitro*da antioksidan olarak etkili olduğu, buna karşılık *in vivo*da antioksidan davranışının konsantrasyon, dokularda birikim ve reaktif oksijen türlerinin yapısı gibi henüz tam açıklanamamış faktörlere bağlı olduğu bildirilmektedir (van Den Berg *et al*. 2000).

Diğer taraftan, gıdalarda kullanılan yapay antioksidanların karsinojenik olabileceği yönündeki endişeler sağlık açısından daha güvenilir olan doğal antioksidanlara karşı ilgiyi daha da artırmaktadır (Pokorny 1991, Velioğlu *et al*. 1998, Jayaprakasha *et al*. 2001, Llorach *et al*. 2002). Bu bağlamda karotenoidlerin de ümit vaad eden doğal antioksidanlar arasında yer aldığı bildirilmektedir (Pokorny 1991, Johnson 1995). Nitekim, Arabshahi-D *et al*. (2007), havuçlardan elde edilen ekstraktların yağlar üzerine olan antioksidan etkilerini, trizma buffer (pH 7.4) içerisinde çoklu doymamış yağ asidi içeriği yüksek olan ayçiçeği yağının $FeSO_4$ ile indüklenmiş linoleik asit oksidasyonu sonucu oluşan malonaldehit (MDA) miktarına göre belirlemişlerdir. Havuç ekstraktının % 80 antioksidan aktivite ile α-tokoferolden (% 72) daha yüksek bir antioksidan aktivite gösterdiği ve 100 °C'de 15 dk'lık ısıl işleme karşı daha stabil olduğu saptanmıştır.

Ayrıca, havuç ekstraktının karanlıkta 5° ve 25 °C'de 15 gün depolanmasıyla (% 95 O_2 + % 5 CO_2) antioksidan aktivitede önemli bir değişim belirlenmemiştir.

2.5. Karotenoidlerin Sağlık Üzerine Etkileri

Epidemiyolojik çalışmalar karotenoidce zengin meyve ve sebze tüketiminin kanser (Ziegler 1989, King *et al*. 1997, Sharoni *et al*. 2002, McKevith 2005), kalp-damar hastalıkları ve göz hastalıkları riskini azalttığını bildirmektedir (Kalt *et al*. 1999, Basu *et al.* 2001, Dietmar and Bamedi 2001, Sulaeman *et al*. 2001). Nitekim β-karoten alımı ile akciğer ve mide kanserleri gibi bazı kanser türlerinin görülme sıklığı arasında zıt bir ilişki olduğu belirlenmiş ve karotenoidlerin antikarsinojenik özellikleri ortaya konmuştur (Di Mascio *et al*. 1991). β-karoten, α-karoten, likopen ve kantaksantinin kötü huylu hücre transformasyonlarını azalttığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, lutein ve likopenin akciğer kanseri riskini azaltmada β-karotenden daha etkili olduğu aktarılmaktadır (Konings and Romans 1997). β-karotenin destek besin öğesi olarak alınması özellikle kanserin ilerleme aşamasında tümor hücrelerinin gelişimini engelleyen veya tümoru yok eden doğal öldürücü hücrelerin aktivitesini de teşvik etmektedir (Santos *et al.* 1996, Astorg 1997).

Karotenoidlerin kanseri önleyici etkisinin, antioksidan özelliklerinin yanı sıra hücrelerarası boşluk bağlantı iletimlerini uyarıcı ve bağışıklık sistemini güçlendirici etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna ilaveten, karotenoidlerin glutatiyon-S-transferaz ve glutatiyon peroksidaz gibi karsinojenleri detoksifiye eden enzimlerin aktivitelerini de artırdığı bildirilmektedir (Hughes 2000, Basu *et al*. 2001). Karotenoidlerde polien zincirinin uç kısımlarında bulunan halka yapısı, hücrelerarası boşluk bağlantı iletimlerinin uyarılmasında (Sies and Stahl 1997) ve kanser hücrelerinin gelişiminin engellenmesinde etkilidir (Astorg 1997). Boşluk bağlantıları, hücrelerin plazma membranlarında "konneksin" adı verilen proteinlerden oluşmakta olup büyüme düzenleyici faktörleri, hormonları ve diğer kimyasal sinyalleri hücreler arasında ileten por benzeri yapılardır (Astorg 1997). Provitamin A karotenoidlerinden β-karoten, provitamin A karotenoidi olmayan ancak halka yapısı içeren kantaksantin ayrıca halka yapısı içermemekle birlikte bir istisna teşkil eden likopen boşluk bağlantı proteini olan

konneksini uyarmaktadır (Deming and Erdman 1999). Karotenoidler, aflatoksin B_1 ve polisiklik aromatik hidrokarbon bileşeni olan benzo[a]piren gibi mutajenik ve karsinojenik bileşiklerin aktivitelerini inhibe etmektedir (Rauscher *et al*. 1998).

Karotenoidler düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL) üzerinde taşındığından, LDL'yi oksidasyondan korumak suretiyle kalp-damar hastalıklarının oluşma riskini azaltmaktadır (Duthie *et al*. 1989, Basu *et al*. 2001). Göz retinasında bulunan lutein ve zeaksantin, gözü serbest radikallerin ve ışığın zararlı etkilerinden koruyarak (Deming and Erdman 1999, Bernstein 2002, Mozaffarieh *et al*. 2003) katarakt ve yaşa bağlı makula bozuklukları gibi göz hastalıklarının oluşumunu engellemektedir (Sommerburg *et al*. 1998).

2.6 Gıdalarda Bulunan Karotenoidler

Kırmızı, sarı ve turuncu renkli meyve ve sebzeler β-karoten, α-karoten, likopen, β-kriptoksantin ve α-kriptoksantin gibi karotenoidlerce zengindir. Yeşil yapraklı sebzelerin tümü karotenoid içermekle birlikte, renkleri klorofil tarafından maskelenmiş durumdadır (von Elbe and Schwartz 1996). 100 g yenilebilir porsiyonunda 10 mg'dan fazla toplam karotenoid içeren sebzeler; karalahana (34.8 mg), kırmızı biber (30.4 mg), maydanoz (25.7 mg), ıspanak (17.3 mg), kıvırcık (16.0 mg), havuç (15.9 mg) ve domatestir (12.7 mg). 100 g'ında 2 mg'dan fazla toplam karotenoid içeren meyveler ise greypfrut (3.5 mg), papaya (3.4 mg) ve nektarindir (2.4 mg). Meyve ve sebzeler genel olarak benzer karotenoidleri içermekle birlikte, meyvelerdeki karotenoid düzeyleri sebzelere oranla daha düşüktür. Sebzelerde olduğu gibi meyvelerde de β-karoten ve lutein baskın olup, α-karoten ve β-kriptoksantin düzeyleri sebzelerdekine yakındır. Miktar olarak değişmekle birlikte sebzelerde ayrıca zeaksantin, violaksantin, neoksantin gibi karotenoidler de bulunmaktadır (Khachik *et al*. 1991).

Asiklik karotenlerden likopen en çok domates, karpuz, greypfrut ve papayada bulunmaktadır (Khachik *et al*. 1991, Mercadante *et al.* 1998). Likopenin başlıca kaynağı olan domates ayrıca lutein, neurosporene, likopen 1,2-epoksit, γ-karoten, ζ-karoten, β-karoten, fitoen ve fitofluen gibi karotenoidleri de içermektedir (Khachik *et al*. 1992).

Domateslerde toplam karotenoidin % 82-87'sini oluşturan likopen düzeylerinin 28–71 mg/kg arasında değiştiği bildirilmektedir (Heinonen *et al.* 1989, Niizu and Rodriguez-Amaya 2005, Barba *et al.* 2006). Domateslerde likopen miktarının olgunlaşma ile arttığı, hasattan sonra bile karotenoidlerin sentezlenmeye devam ettiği aktarılmaktadır (von Elbe and Schwartz 1996). Domatesler yeşil halde iken 10 μg/100 g düzeyinde olan likopenin olgunluğun son aşamasında 5000 μg/100 g'a kadar ulaştığı belirtilmektedir (Thompson *et al*. 2000). Domateste likopen dışında 3.2–12 mg/kg düzeylerinde β-karoten ve az miktarlarda da lutein (1.0 mg/kg) bulunmaktadır. Karpuzda ise 23–73 mg/kg arasında değişen likopen düzeyleri toplam karotenoidin % 87-99'unu oluşturmaktadır (Mangels *et al.* 1993, Konings and Romans 1997, Olives Barba *et al*. 2006). Ayrıca, kırmızı papayada 20–53 mg/kg, pembe greypfrutta ise 33 mg/kg düzeylerinde likopen bulunduğu bildirilmektedir (Rouseff *et al.* 1992, Nguyen and Schwartz 1999).

Yeşil yapraklı sebzelerde bulunan başlıca karotenoidler ise; lutein, α-karoten, β-karoten, neoksantin ve violaksantindir (Khachik *et al*. 1992). Ispanak, lahana, bezelye, yeşil fasulye ve kuşkonmaz önemli miktarlarda karotenoid içermektedir (von Elbe and Schwartz 1996). Yeşil sebzelerde lutein 7.7–56.1 mg/kg, β-karoten 2.7–35.3 mg/kg, violaksantin 4.6–31.7 mg/kg ve neoksantin 3.1–20.5 mg/kg düzeylerinde bulunmaktadır (Niizu and Rodriguez-Amaya 2005). Luteinin başlıca kaynağı olan ıspanak (50–95 mg/kg) ayrıca 89 mg/kg β-karoten, 74 mg/kg violaksantin ve 24 mg/kg neoksantin içermektedir. Brokolide ise 28 mg/kg lutein, 23 mg/kg β-karoten ve 13.7 mg/kg violaksantin bulunmaktadır (Khachik *et al*. 1992). Ayrıca; marul, maydanoz, bezelye ve su teresi de luteinin başlıca kaynakları (>1000 μg/100 g) arasında sayılmaktadır (Hart and Scott 1995).

α- ve β-karoten; havuç, kayısı, kantalop kavunu, tatlı patates, brokoli, marul, maydanoz, ıspanak, su teresi ve balkabağı gibi meyve ve sebzelerde bulunmaktadır (Hart and Scott 1995, von Elbe and Schwartz 1996, Paiva and Russell 1999). Kırmızı biberlerin (10.0-29.0 mg/kg) yeşil biberlerden (2.0–2.4 mg/kg) daha fazla β-karoten içerdiği aktarılmaktadır (Heinonen *et al.* 1989, Olives Barba *et al.* 2006). Öte yandan, turunçgiller ve turunçgil suları da önemli karotenoid ve A vitamini kaynakları

arasındadır (Pupin *et al*. 1999, Lee and Coates 2003). Turunçgil sularında bulunan başlıca karotenoidlerin ise α-karoten, β-karoten, β-kriptoksantin, lutein ve zeaksantin olduğu bildirilmektedir (Fisher and Rouseff 1986, Pupin *et al*. 1999, Sanchez-Moreno *et al.* 2003).

Zeaksantin ve lutein gibi ksantofillerin bulunduğu başlıca kaynak ise mısırdır. Ayrıca, turuncu renkli biberde başlıca karotenoidin zeaksantin olduğu belirlenmiştir. Kivi, çekirdeksiz kırmızı üzüm, balkabağı ve kabak da önemli miktarlarda lutein içermektedir (Konings and Romans 1997, Sommerburg *et al*. 1998). Ksantofillerden α-kriptoksantin doğada çok düşük düzeylerde bulunmakla birlikte β-kriptoksantin şeftali, nektarin, erik gibi birçok turuncu etli meyvede bulunmaktadır (Mercadante *et al.* 1998). Nektarin, kayısı, vişne ve şeftali gibi sert çekirdekli meyveler fitoen içermekteyken, fitofluen sadece nektarin ve kayısıda bulunmaktadır (Khachik *et al*. 1991).

Gıdalarda çok yaygın olmayan veya türe özgü karotenoidler de bulunmaktadır. Kırmızı biberin baskın karotenoidleri olan kapsantin ve kapsarubin, gıda boyası olan annattonun ana pigmenti olan biksin ve safranda bulunan krosetin spesifik karotenoidlerdendir (Rodriguez-Amaya 2001). Hayvanlarda ise alabalık, somon, karides ve istakoz gibi deniz ürünlerinde başlıca karotenoid olarak astaksantin bulunmaktadır (Miki 1991).

Gıdalardaki karotenoid kompozisyonu ve konsantrasyonu; çeşit, olgunluk, iklim veya yetişme bölgesi, yetişme koşulları, proses ve depolama gibi faktörler nedeniyle farklılıklar göstermektedir (Katayama *et al*. 1971, Kimura *et al*. 1991, Minguez-Mosquera and Hornero-Mendez 1994, von Elbe and Schwartz 1996, Rodriguez-Amaya 2001, Dutta *et al*. 2005, Kalt 2005).

2.7 Havuçlarda Bulunan Karotenoidler ve Diğer Biyoaktif Bileşikler

Havuç, yüksek karotenoid içeriği ile diyette iyi bir A vitamini ve antioksidan kaynağıdır (Guerra-Vargas *et al.* 2001). Havuçta bulunan başlıca karotenoidler α-, β-, γ-, ζ-karoten, likopen ve β-zeakarotendir. Bunlar içerisinde en baskın olanları, teorik olarak A vitamini aktivitesinin % 50–100' ünü karşılayan α-karoten ve β-karotendir (Alasalvar

et al. 2001). Toplam karotenin % 94-97'sini α-, β- ve ζ-karoten oluşturmakla birlikte en büyük payı % 44–79 ile β-karoten almakta, bunu % 13–40 ile α-karoten izlemektedir (Simon and Wolff 1987). 19 havuç çeşidinde karotenoid içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada, havuçlarda başlıca karotenoidler olan α-karoten ve β-karoten miktarlarının sırasıyla 22.0–49.0 mg/kg ve 46.0–103.0 mg/kg aralığında değiştiği ve ayrıca 6.3–27.0 mg/kg γ-karoten ve 1.1–5.6 mg/kg lutein bulunduğu belirlenmiştir (Heinonen 1990). Farklı araştıcılar tarafından havuçlarda belirlenen karotenoidler ve miktarları Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Havuçlarda bulunan başlıca karotenoidler

	Karotenoidler (mg/kg)			
Kaynak	**β-karoten**	**α-karoten**	**Lutein**	**γ-karoten**
Alasalvar *et al*. (2001)	69.4	39.9	–	–
Bureau and Bushway (1986)	76.0	37.9	–	–
Bushway (1986)	68.3 - 111.2	37.7 - 40.2	–	–
Bushway and Wilson (1982)	46.0 - 125.0	20.0 - 59.0	–	–
Hart and Scott (1995)	85.2 - 108.0	26.6 - 36.1	1.7 - 2.8	–
Heinonen *et al.* (1989)	76.00	53.00	3.0	–
Heinonen (1990)	46.0 - 103.0	22.0 - 49.0	1.1 - 5.6	6.3 - 27.0
Konings and Romans (1997)	130.0	48.7	2.9	–
Niizu and Rodriguez-Amaya (2005)	61.5	35.0	5.1	–
Olives Barba *et al.* (2006)	63.0 - 96.0	–	–	–
Simon and Wolff (1987)	52.0 - 117.0	32.0 - 66.0	–	–
Skrede *et al.* (1997)	55.5 - 66.0	23.0 - 25.0	–	–
Sulaeman *et al*. (2001)	86.26	31.60	3.9	–

Havuçlarda karotenoid içeriğinin çeşit, olgunluk, yetişme koşulları, mevsim gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmektedir (Hart and Scott 1995). İklim karotenoid içeriği üzerine en etkili faktör olmakla birlikte, toprak ve genetik faktörlerin de etkili olduğu aktarılmaktadır. Havuçta yetişme sezonu uzadıkça karoten miktarının arttığı, bu nedenle de küçük havuçların daha az α-karoten ve β-karoten içerdiklerinden dolayı daha solgun

renkli olduğu, kök olgunlaştıkça karoten miktarı ve α-karoten ve β-karoten arasındaki oranın da değiştiği bildirilmektedir. Olgunlaşmış havuçlarda toplam karotenoidin % 60'ını β-karoten, % 20'sini ise α-karoten oluşturmaktadır (Heinonen 1990). Yaz mevsiminde (Haziran-Ağustos) düşük düzeylerde olan β-karoten içeriğinin (26–55 mg/kg), kış mevsiminde (Ekim-Mart) en yüksek seviyelerine ulaştığı (46–77 mg/kg) belirlenmiştir (Heinonen *et al*. 1989). Koyu renkli havuç çeşitlerinin diğerlerine göre 2 kat daha fazla toplam karoten içerdiği saptanmış olup bu çeşitlerde β-karoten miktarının 282 mg/kg'a, α-karotenin ise 206 mg/kg'a kadar çıktığı bildirilmektedir (Simon and Wolff 1987).

Farklı havuç çeşitlerinde bulunan biyoaktif bileşikleri araştıran Alasalvar *et al*. (2001); havuçlarda neoklorojenik asit, klorojenik asit ve dikafeoylkuinik asit gibi 11 farklı fenolik bileşiğin bulunduğunu bildirmektedir. Havuçlarda 162.1 mg/kg olarak belirlenen toplam fenolik maddenin % 52.4'ünü klorojenik asit oluşturmaktadır. Ayrıca, 58.8 mg/kg düzeyinde bulunan dikafeoylkuinik asidin güçlü bir antioksidan olduğu da aktarılmaktadır. Havuçlarda klorojenik asit ve kafeik asidin (Sarkar and Phan 1979) yanısıra p-hidroksibenzoik asit ve sinamik asit türevlerinin de bulunduğu bildirilmektedir (Babic *et al*. 1993). Öte yandan, diğer bir antioksidan olan C vitamini miktarının ise havuçlarda 28.0–53.3 mg/kg arasında değiştiği belirtilmektedir (Favell 1998, Singh *et al*. 2001, Alasalvar *et al*. 2001). Havuç ayrıca, iyi bir çözünür lif kaynağı olup toplam diyet lifinin yaklaşık yarısı (11g/100 g kuru ağırlık) çözünür liften oluşmaktadır (Puupponen-Pimiä *et al*. 2003).

Bunlara ilaveten, havuçlarda poliasetilenler ve izokumarinler gibi sağlığı teşvik edici role sahip biyoaktif bileşikler de bulunmaktadır. Havuçta bulunan başlıca poliasetilenler; falkarinol, farkalindiol ve farkalindiol–3–asetat'dır (Kidmose *et al*. 2004). Falkarinol, bitkileri fungal hastalıklara karşı koruyan doğal bir pestisittir. Gıdalar içerisinde havuç, falkarinolün başlıca kaynağıdır. Falkarinol tipi poliasetilenler memelileri de içine alan çok geniş bir organizma grubunda önemli biyolojik aktiviteye sahiptir. Havuç poliasetilenleri içerisinde biyoaktivitesi en yüksek olan falkarinolün insanlarda ve sıçanlarda (Kobaek-Larsen *et al.* 2005) tümör hücrelerine karşı sitotoksik etkiye sahip olduğu bildirilmektedir. Ayrıca iltihaplanmayı önleyici, alerjik deri

hastalıklarına karşı bağışıklık sistemini uyarıcı etkilerinin de bulunduğu aktarılmaktadır (Kidmose *et al*. 2004). Havuçlarda falkarinol konsantrasyonu çeşit, depolama ve prosese bağlı olarak değişmektedir. Havuçlarda çeşide bağlı olarak 22.3–24.8 mg/kg arasında falkarinol bulunmaktadır. Hansen *et al*. (2003), depolanmış havuç dilimlerinde yaklaşık % 35 ve kaynatma sonucu % 70 falkarinol kaybı oluştuğunu bildirmektedir.

Havuçlarda bulunan izokumarinler içerisinde en önemlisi ise, fungal enfeksiyonlara karşı üretilen ve havuçlarda acı bir tat oluşumuna neden olan 6-metoksimellein (6-MM)'dir. 6-MM üretimi pektolitik enzimler, etilen ve ultraviyole radyasyon etkisiyle de teşvik edilmektedir (Kidmose *et al*. 2004).

Küçük havuçlarda (50–100 g) belirlenen farkalindiol, farkalindiol–3–asetat ve 6-MM miktarının, büyük havuçlardakinden (>250 g) daha yüksek olduğu bildirilmektedir. 1 °C'de 4 ay depolanan havuçlardaki poliasetilen miktarları haşlandıktan sonra -24 °C'de 4 ay depolanmış havuçlardakine göre önemli ölçüde yüksek olup 6-MM miktarında herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Kidmose *et al*. 2004).

2.8 Karotenoidlerin Proses ve Depolama Sırasındaki Stabilitesi

Proses ve depolama koşulları gıdalardaki karotenoidlerde oksidasyon reaksiyonlarına ve izomerizasyonlara neden olabilmektedir (Chandler and Schwartz 1987, Rodriguez-Amaya 2001). Bu reaksiyonlar ürünün renginde ve besin değerinde istenmeyen değişiklere sebep olmaktadır (Pesek and Warthesen 1990). Oksidasyon; oksijen, metal iyonları, enzimler, doymamış yağlar, prooksidan madde, ışık, karotenoidin tipi ve fiziksel durumu, uygulanan muamelenin şiddeti, ambalaj materyali ve depolama koşulları gibi birçok faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir (Rodriguez-Amaya 2001).

Isıtmanın karotenoidler üzerindeki etkilerine ilişkin birçok çalışma yapılmıştır. Isıl işlemin karotenoid konsantrasyonunu ve provitamin A karotenoidlerinin yararlılığını artırdığını bildiren sonuçlar olmakla birlikte, uygulanan ısıtma prosesinin süresine ve şiddetine bağlı olarak ısıl işlem, karotenoidlerin *trans*- formdan *cis*- formlara dönüşmesine de neden olmaktadır (Chandler and Schwartz 1987). Nitekim havuçlarda uygulanan ısıl işlemin (115.2 °C, 30dk), α- ve β-karotenin *trans*- izomerlerinde sırasıyla

% 26 ve % 35 azalmaya neden olduğu buna karşılık *cis*- izomerleri artırdığı bildirilmektedir. *Trans*- izomerlere göre daha düşük provitamin A aktivitesine sahip olan *cis* izomerlerdeki bu artış, havuçlarda % 15'lik bir A vitamini kaybına da neden olmuştur (Ogunlesi and Lee 1979). Öte yandan, domateste bulunan likopen de ısıl işlemin şiddetine bağlı olarak izomerizasyona uğramaktadır. Ancak, izomerizasyon sonucu oluşan *cis*-likopenin, daha az stabil olmasına rağmen vücuttaki biyoyararlılığının daha fazla olduğu aktarılmaktadır (Schieber and Carle 2005).

Pişirme ve konserveye işleme prosesinin yeşil renkli sebzelerde A vitamini değerini % 15–20, sarı renkli sebzelerde ise % 30–35 oranında azalttığı Sweeney and Marsh (1971) tarafından da bildirilmektedir. Speek *et al.* (1988), proses sırasında (pişirme, kızartma, fermentasyon, güneşte kurutma, pişirme+güneşte kurutma) A vitamini aktivitesinde meydana gelen ortalama kayıpların sırasıyla % 14, % 24, % 29, % 44 ve % 60 olduğunu bildirmektedir.

Chandler and Schwartz (1988), tatlı patateste proses sırasında izomerizasyon sonucu *trans*-β-karoten kaybı oluştuğunu bildirmektedir. Buna karşın; 2 dk süre ile haşlama, püre haline getirme ve 81 °C'de 30 dk buhar enjeksiyonunun *trans*-β-karotende önemli bir artış meydana getirdiği aktarılmaktadır. Bu artış, ısı uygulanan örneklerde ekstrakte edilebilme özelliğinin artmasına bağlanmıştır. Öte yandan haşlama süresi arttıkça *trans*-β-karoten kaybının da arttığı bildirilmektedir. Enzimleri inaktive etmek için 100 °C'de uygulanan bir buhar enjeksiyonu taze üründeki *trans*-β-karoten düzeyini korumuştur. *Trans*-β-karoten; konserveye işleme prosesi (116 °C, 90 dk) sonucunda % 23, döner kurutucuda kurutma prosesi sonunda ise (160 °C, 25 rpm) % 40 düzeyinde azalmıştır.

Öte yandan, meyve ve sebzelerdeki karotenoidlerin pişirme yöntemlerine karşı oldukça stabil olduğu bildirilmektedir. Martin *et al*. (1960) brokolide, Eheart and Gott (1964) dondurulmuş bezelyelerde mikrodalga fırında veya ocakta pişirme yöntemi ile karotenin tamamına yakınının korunduğunu bildirmektedir. Karotenoidler proteinlerle ve diğer bazı bileşiklerle kompleks halde bulunduklarından doğal hallerinde oksidasyondan korunmaktadırlar. Pişirme işlemi ile proteinler denatüre olmakta ve hücre duvarlarının

yapısı bozularak karotenoidler daha kolay ekstrakte edilebilir ve daha yararlı hale gelmektedir. Hart and Scott (1995), karotenoid kaybı üzerine pişirmenin fazla bir etkisi olmadığını hatta yeşil sebzelerde pişirmenin luteinde % 24, β-karotende ise % 38 düzeyinde bir artışa neden olduğunu bildirmektedir. Ayrıca; Edwards and Lee (1986), Granado *et al*. (1992), Howard *et al*. (1999) gibi araştırıcılar da pişirilmiş havuçta karotenoid düzeyinin, pişirme prosesi sırasında suya çözünür kuru madde geçişi, karotenoidi parçalayan enzimlerin inaktivasyonu ve doku parçalanması sonucu ekstraksiyon solventinin karotenlere daha fazla nüfuz etmesi gibi etkenlerle arttığını bildirmektedirler (Howard *et al*. 1999, Van den Berg *et al*. 2000).

Khachik *et al*. (1992); brokoli, yeşil fasulye, ıspanak gibi yeşil sebzelerde ve domateste karotenoid miktarı üzerine farklı pişirme yöntemlerinin (mikrodalga, kaynatma, buharlama, kısık ateşte pişirme) etkisini belirlemişlerdir. Araştırıcılar, ısıl işleme karşı epoksi karotenoidlerin daha hassas, lutein ve hidrokarbon karotenoidlerin (neurosporen, α- ve β-karoten, likopen, ζ-karoten, fitofluen, fitoen) daha dayanıklı olduğunu bildirmektedirler. Nitekim, yeşil fasulyede 1 saatlik bir kaynatma işlemi sonucunda lutein, α- ve β-karoten hiç değişmeden kalırken neoksantin ve violaksantin gibi epoksi karotenoidlerin tamamen tahrip olduğu aktarılmaktadır (Khachik *et al*. 1991).

Sant'Âna *et al*. (1998), büyük miktarlarda üretim yapan gıda servisleri ve hazır yemek üreticileri tarafından rutin olarak uygulanan farklı gıda hazırlama metotlarının havuçlardaki karotenoidler ve A vitamini üzerine etkisini araştırmışlardır. Uygulanan hazırlama metotları; taze kesme, buharda pişirme, suda basınç altında pişirme, suda açıkta pişirme ve fırında pişirme yöntemleridir. Hazır yemek şirketleri tarafından da sıklıkla kullanılan suda açıkta pişirme yöntemi karotenoid kayıplarını en aza indiren en iyi yöntem olarak önerilmektedir. Nitekim, bu yöntemle pişirilen havuçlarda α-karoten ve β-karoten % 78.0–89.0 oranında korunmuştur. Ayrıca, uygulanan tüm pişirme koşullarında β-karotenin α-karotenden daha stabil olduğu saptanmış olup, bunun pişirmede uygulanan düşük sıcaklığa (99 °C) bağlı olduğu bildirilmektedir. Buharda pişirmenin su kullanılmadığı için karotenoidlerin korunmasında daha etkin olacağı umulmakla birlikte yüksek sıcaklık uygulamasının (115–120 °C) kayıpta etkin olduğu aktarılmaktadır.

Chen *et al*. (1995), havuçtaki α- ve β-karoten üzerine farklı işleme metotlarının etkisini belirlemiştir. Karotenlerde meydana gelen kayıp 121 °C'de 30 dk tutulan havuç sularında en fazla iken (% 55–61), sitrik asitle asitlendirilmiş havuç suyunda 105 °C'de 25 sn süre ile yapılan ısıl işlem sonrasında en az (% 6–8) olmuştur. Yüksek sıcaklıkta kısa süre ile uygulanan ısıl işlemde (HTST; 110–120 °C, 30 sn) ise kayıp % 45–54 arasındadır. Prosesin havuç suyunda α- ve β-karoten üzerine etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise sebze suyuna işleme sonrasında önemli kayıplar görülmüştür. Haşlanmamış havuçlardan elde edilen sebze sularının haşlanmışlardan elde edilenlere göre daha yüksek α- ve β-karotene sahip olduğu belirlenmiştir. Isıtma, konsantrasyon ve dondurarak kurutma karoten düzeylerinde kısmi azalmalara sebep olmuştur. Proses nedeniyle β-karotende meydana gelen azalmanın çoğu zaman α-karotenden daha fazla olduğu belirtilmektedir (Bao and Chang 1994).

Domates suyu üretim prosesinde en önemli kaybın (% 20) sebze suyu ekstraksiyon basamağında gerçekleştiği; 121 ° C'de 42 sn süre ile uygulanan ısıl işlem ve dolum aşamalarında ise çok az miktarlarda (%1-8) kayıplar oluştuğu gözlenmiştir. Üretilen domates suları 22 °C'de 7 ay depolandığında β-karoten % 80 oranında korunmuştur (Dietz and Gould 1986).

Farklı yağlar kullanılarak, farklı sıcaklıklarda derin yağda kızartılan havuç cipslerinin karotenoid madde içeriği üzerine kızartma sıcaklığının önemli ölçüde ($p<0.05$) etkili olduğu belirlenmiştir. Kızartma sıcaklığı arttıkça elde edilen cipsin rengi koyulaşmış ve karotenoid madde içeriği azalmıştır. Denenen sıcaklık ve yağ kombinasyonları arasında, 165 °C'de kısmen hidrojene soya yağı ile kızartılan cips renk ve duyusal kalite açısından en iyi havuç cipsi olarak seçilmiştir (Sulaeman *et al.* 2001). Skrede *et al*. (1997), fermentasyon prosesi ardından derin yağda kızartılarak elde edilen havuç cipslerinde karotenoidlerin % 88 oranında korunduğu ve % 20 oranında da 9-*cis*-β-karoten oluştuğunu belirlemişlerdir.

Konserveye işleme sırasında karotenoidlerin değişimine ilişkin bilgiler farklılık göstermektedir. Nitekim, Chandler and Schwartz (1987) proses sırasında karotenoidlerde bir azalma olduğunu bildirmekte iken, Edwards and Lee (1986) havuç

ve bezelye konservelerinde taze örneklere kıyasla daha yüksek düzeylerde karotenoid belirlemişler ancak bu artışın gerçek bir artış olmayıp, proses sırasında salamuraya geçen suda çözünür kuru maddenin gıdanın her bir birim ağırlığındaki karotenoid konsantrasyonunu artırmasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Buna ilaveten, konserve bezelyelerde taze örneklerden daha yüksek düzeyde karotenoid belirlenmesinin, taze bezelyelerde ekstraksiyon aşamasında meydana gelen enzimatik karotenoid degradasyonundan da kaynaklanabileceği bildirilmektedir.

Konserveye işleme sırasında havanın uzaklaştırılması nedeniyle oksidasyon olayının önlendiği, ancak uygulanan ısıl işlem ve izomerizasyon nedeniyle karoten içeriğinin azaldığı bildirilmektedir (Chandler and Schwartz 1987, Desobry *et al*. 1998). Konserveye işlenen ürünün turşu olması halinde ısıl işleme ilaveten salamuradaki tuz ve asetik asit de karotenoidler üzerine etkili olup, tuz konsantrasyonunun karotenoidlerin stabilitesini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Buna karşılık asetik asidin α-karoten üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı ancak β-karotenin stabilitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Havuç turşularında –18 °C'de 45 gün depolama α- ve β-karotende, biber turşularında ise aynı koşulda 25 gün depolama β-karotende önemli bir artışa neden olmuştur. Bu artış, dondurma sıcaklığının ve sonrasında uygulanan çözündürme işleminin sebze dokularına zarar vermek suretiyle havuçlarda bulunan bazı karotenoidlerin ekstraksiyon etkinliğini artırması şeklinde yorumlanmıştır. Biber turşularında ise dondurma ve çözündürme süresince karotenoidlerin sabit kalması bu ürünlerdeki bileşim farklılıklarına bağlanmıştır (Guerra-Vargas *et al*. 2001).

Mısırda belirlenen lutein ve zeaksantin gibi ksantofiller ısı, ışık ve pH değişikliklerine karşı hassas olmakla birlikte, dondurma prosesi karotenoid içeriğinde önemli değişikliklere sebep olmamış ve dondurulmuş mısırlarda hemen hemen tazesine yakın hatta daha fazla (% 5.3) toplam karotenoid bulunduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, konserveye işleme ve dondurma prosesleri ile elde edilen ürünlerin karotenoid kaynağı olarak tazesi ile eşdeğer olabileceğini göstermektedir. Taze, konserve ve dondurulmuş havuçlarda belirlenen α-karoten miktarları sırasıyla 20–59 mg/kg, 32–48 mg/kg ve 84–88 mg/kg arasında; β-karoten miktarları ise 46–125 mg/kg, 70–110 mg/kg ve 260–281 mg/kg arasında değişmektedir (Bushway and Wilson 1982). Dondurma sonrası

karotenoidlerin ekstrakte edilebilirliğinin artması nedeniyle, –40 °C'de dondurma prosesinin havuç, brokoli ve ıspanakta karotenoidlerin stabilitesini koruduğu bildirilmektedir (Howard *et al*. 1999).

Arya *et al*. (1979), güneşte kurutma süresince havuçlarda hızlı bir β-karoten kaybı olduğunu bildirmektedir. Dondurma, çözündürme, pişirme ve kurutmanın havuç, brokoli ve ıspanakta karoten stabilitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada, kurutma yöntemine bağlı olmaksızın kurutma prosesinin bu sebzelerde karotenoid içeriğini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Park 1987). Havuç dokusu havaya maruz kaldığında çoklu doymamış moleküllerin oksidasyonu nedeniyle renk kaybı oluşmaktadır. Bu olumsuzluk hem ısı etkisi ile hem de dondurarak kurutulmuş havuçlarda gözlenmiştir. Fakat kurutma öncesi sebzelerin haşlanması lipoksigenaz enziminin inaktive edilmesi nedeniyle kayıpları azaltmaktadır. Nitekim, Koca *et al*. (2007) haşlanmadan ve haşlandıktan sonra kurutulan havuç dilimlerinde karotenoid degradasyonu ve renk kaybını inceledikleri çalışmada, haşlanmamış örneklerde β-karoten miktarını 606.1 mg/kg, haşlanmışlarda ise 844.3 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Kuru havuçlarda 27°, 37°, 47° ve 57°C sıcaklıklarda depolama sonrasında meydana gelen β-karoten kaybının haşlanmış ve haşlanmamış örneklerde sırasıyla % 52–72 ve % 87–99 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Güneşte kurutulan havuç dilimlerinde α- ve β-karotende meydana gelen toplam kayıp % 19.2 iken, vakumlu mikrodalga kurutucuda hızlı ısıtma ve oksijenin uzaklaştırılmış olması nedeniyle bu kayıp % 3.2'ye düşmüştür. Dondurarak kurutmada ise başlangıca göre çok önemli bir farklılık saptanmamıştır (Lin *et al*. 1998). Haşlama ve sülfit uygulaması kombine edilerek yapılan kurutma işlemi, kuru havuçların depolama süresini artıran en etkili yöntemdir. Ayrıca 40 °C'de yapılan bir kurutma işleminin daha yüksek sıcaklıklara göre daha iyi koruma sağladığı bildirilmektedir (Baloch *et al*. 1987).

Havuçlarda hasat sonrasında karotenoid ve lezzet kaybı, acılık oluşumu gibi bazı kalite kusurları oluşabilmektedir. Kalite kaybını azaltmak için havuçların, 0 °C'de ve % 93–98 bağıl nemde depolanması önerilmektedir (Chen *et al*. 1996, Ağaoğlu vd. 1997). Saldana *et al*. (1976), 20 °C'de 9 ay depolanan havuç sularında depolama süresinin β-karoten ve

renk kaybı üzerine etkisinin olmadığını belirlemişlerdir. Chen *et al*. (1996); 4°, 25° ve 35°C'de 3 ay depolanan havuç suyundaki karotenoidler ve A vitamininin depolama sıcaklığı arttıkça azaldığını bildirmektedirler. Ayrıca, ışıkta depolama karotenoidler ve A vitamini düzeyleri üzerine karanlıkta depolamadan daha tahrip edici etki göstermiştir. 10–13 °C'de karanlıkta 9 ay süre ile depolanan havuçlarda karotenoid düzeylerinde ihmal edilebilir derecede değişiklikler gözlenmiştir (Ezell and Wilcox 1952). Ispanak ve havuçta 4 °C'deki soğuk depoda ışıkta ve karanlıkta depolamanın karotenoid stabilitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, her iki koşulda da havuç karotenoidlerinin ıspanaktakilere kıyasla daha stabil olduğu belirlenmiştir (Kopas-Lane and Warthesen 1995). Havuçlarda 4 °C'de 6 ay depolama ve yine aynı sıcaklıkta yeşil fasulye ve brokolilerde 3 hafta depolama β-karoten içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır (Howard *et al*. 1999).

Dondurarak kurutulmuş karotenoid tozunda pigment stabilitesi; 4°, 25° ve 45°C'de karanlıkta ve 25 °C'de ışık altında depolanmak suretiyle çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; α-karoten, β-karoten ve luteinin *trans* formlarının miktarı depolama sıcaklığının veya aydınlatma süresinin artışıyla azalmıştır. β-karotenin daha çok konjuge çift bağ içermesi ve daha reaktif olması nedeniyle, α-karotene kıyasla daha duyarlı olduğu bildirilmektedir. Luteinin ise depolama sırasında en stabil bileşik olmasının karotenoid tozunda bulunan jelatinle kompleks oluşturmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür (Tang and Chen 2000).

Kırmızı renkli Kintoki havuçlarında 1 °C'de ve % 97 bağıl nemde 8 hafta depolama sırasında likopen içeriğinin % 60, β-karotenin ise sadece % 20'lik bir kayba uğradığı bildirilmektedir. Toplam karotendeki kayıp ise % 30 olarak belirlenmiştir (Mayer-Miebach and Spieβ 2003). -20 °C'de depolanan yeşil fasulye ve brokolide β-karoten miktarının % 93 düzeyinde korunduğu aktarılmaktadır (Wu *et al.* 1992). Taze ve haşlanmış havuçlarda -24 °C'de 4 ay depolamanın α- ve β-karotende önemli bir değişikliğe sebep olmadığı saptanmıştır. Dondurulmuş depolama sırasında karotenoidlerin stabilitesinin dondurma öncesi yapılan haşlama işleminden kaynaklandığı bildirilmektedir (Kidmose *et al*. 2004).

Derin yağda kızartılan ve kısmi vakum altında plastik poşetlerde ambalajlandıktan sonra 3 farklı depolama koşulunda (0-1 °C % 94-98 RH; 22-23 °C % 31-45 RH ve 29-31 °C % 89-93 RH) 5 ay süre ile depolanan havuç cipslerinde α-karoten, β-karoten ve A vitamininin % 82'den fazlasının korunduğu belirlenmiştir Karotenoidlerin yüksek düzeyde korunmasının, cips yapımı öncesinde havuçlara uygulanan haşlama işlemi sonucunda lipitlerin ve karotenoidlerin parçalanmasında etkin olan peroksidaz ve lipoksigenaz enzimlerinin inaktive olmasından kaynaklandığı aktarılmaktadır (Sulaeman *et al*. 2003).

Proses ve depolama koşullarının meyve ve sebzelerdeki antioksidan aktivite üzerine de etkili olduğu bildirilmektedir (Favell 1998, Hunter and Fletcher 2002, Del Caro *et al*. 2004, Zhang and Hamauzu 2004a, Kalt 2005). Nitekim, püre haline getirilmiş havuçların antioksidan düzeylerinin tazesine göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Havuçlardaki antioksidan düzeyi ısıl işlem sonrasında % 34.3 artmış ve 40 °C'de 4 hafta süre ile yapılan depolamanın ilk haftasında artmaya devam ederek daha sonra azalmaya başlamıştır. Ayrıca, kabuklu olarak havuç püresine işlemenin antioksidan düzeyini yaklaşık % 8.19 oranında artırdığı bildirilmektedir (Talcott *et al*. 2000). Farklı sebze sularının antioksidan aktivitesinin de ısıl işlem sonrasında arttığı belirtilmektedir (Gazzani *et al*. 1998). Bu bulgulara karşın, Puupponen-Pimiä *et al*. (2003) ise, havuçlarda antioksidan aktivitenin haşlama ve depolama etkisiyle değişmediğini bildirmektedir.

Normal ve modifiye atmosferde [MAP; (% 90 N_2 + % 5 O_2 + % 5 CO_2 ve % 95 O_2 + % 5 CO_2)] paketlenmiş ve buzdolabı sıcaklığında 13 gün depolanmış turuncu ve mor havuç dilimlerinde antosiyanin, karotenoid ve fenolik madde içerikleri ile antioksidan aktivitenin araştırıldığı bir çalışmada, mor havuçlardaki antioksidan aktivite, karotenoid ve fenolik madde miktarları turuncu havuçlardan sırasıyla 2.8, 2.3 ve 2.9 kat daha fazla bulunmuştur. Turuncu havuçlarda tüm koşullarda depolama sırasında toplam antioksidan aktivite nispeten sabit kalırken, mor havuçlarda % 95 O_2 + % 5 CO_2 uygulamasında önemli miktarda ($p<0.01$) azalma belirlenmiştir. Her iki tip havuçta da en yüksek karotenoid kaybı % 95 O_2 + % 5 CO_2 uygulamasında gerçekleşmiştir (Alasalvar *et al*. 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada, Türkiye'de havuç üretiminin yapıldığı başlıca iller olan Ankara, Konya ve Burdur'dan temin edilen havuçlar kullanılmıştır. Havuçlar, 2003 ve 2004 yıllarının Aralık ayında hasat edilmiştir. Havuç çeşitlerinin seçimi, her yörede en yaygın olarak yetiştirilen çeşitler esas alınarak yapılmıştır. Ankara'nın Beypazarı ilçesinden Nanco, Maestro-F1, Presto-F1 ve Bolero; Konya'nın Meram ilçesi, Kaşınhanı kasabasından Nanco, Maestro-F1, Nantindo ve Burdur'un Gölhisar ilçesi, Yusufça kasabasından Nanco, Tito, Petoseed-F1 (PS-F1) ve Petoseed-Almaro (PS-Almaro) çeşitleri temin edilmiştir. Havuçlar hasattan sonra yıkanmış ve analiz edilinceye kadar delikli polietilen poşetler içerisinde 0 °C ve % 85–90 bağıl nemdeki soğuk depoda muhafaza edilmiştir. Ayrıca, depolama denemesi için seçilen ve Beypazarı'ndan temin edilen Maestro-F1 havuç çeşidi de aynı koşulda 6 ay süre ile depolanmış ve 1 ay aralıklarla örnek alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Örnek hazırlama

Havuç çeşitlerinde analizler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bu amaçla her bir tekerrürü temsilen üç adet havuç, önce mutfak robotunda rendelenmek suretiyle daha sonra da ultra turraks T25 (IKA Werke Labortechnik, Staufen, Germany) kullanılarak homojen hale getirilmiştir.

3.2.2 Suda çözünür kuru madde

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

3.2.3 pH ve titrasyon asitliği

Bu amaçla, 50 g havuç 25 mL damıtık su eklenerek ultra turraks yardımıyla homojen hale getirildikten sonra kaba filtreden süzülmüş ve süzüntünün pH değeri pHmetre (Consort P407, Schott Gerate, Belgium) ile belirlenmiştir. Titrasyon asitliğini belirlemek amacıyla da süzüntüden 40 mL alınarak 0.1 N NaOH ile pH 8.1 olana kadar titrasyon yapılmış ve sonuç susuz sitrik asit (g/L) cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.4 Renk ölçümü

Depolama denemesinde havuçlardaki renk değişimini belirlemek amacıyla Minolta CR-300 (Osaka, Japan) reflektans kolorimetresi kullanılmıştır. Kolorimetre cihazı her kullanımdan önce beyaz seramik plakaya karşı (L = 97.26, a = +0.13, b = +1.71) standardize edilmiştir. Işık kaynağı olarak C ışık kaynağı (Illuminant C) kullanılmıştır. CIE-Lab renk parametrelerinden; +a (kırmızı), +b (sarı), C (kroma-renk yoğunluğu) ve h (hue-renk tonu) parametreleri dikkate alınmıştır. Her tekerrür için 3 ölçüm alınmıştır.

3.2.5 Karotenoid madde ekstraksiyonu

Örneklerde karotenoid madde ekstraksiyonu Ferruzzi *et al*. (1998) tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Bu amaçla 10 g havuç örneği, üzerine 1 g $CaCO_3$ ve 25 mL metanol ilave edilerek ultra turraks ile 2 dk homojenize edilmiştir. Ardından, % 0.01 bütilhidroksi toluen (BHT) içeren aseton:hekzan (1:1) karışımından 25 mL eklenerek 2 dk daha homojenize edilmiş ve Whatman No:1 filtre kağıdı ile Buchner hunisinden süzülmüştür. Filtre kağıdı üzerinde kalan kısım 25 mL aseton:hekzan karışımı ile 2 kez daha (örnekteki sarı renk kaybolana kadar) ekstrakte edilmiştir. Her ekstraksiyon aşamasında elde edilen filtratlar ayırma hunisinde birleştirilmiştir. Hekzan fazının ayrımını hızlandırmak amacıyla 10 mL damıtık su ilave edilmiştir. Alttaki faz uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen hekzan fazı kahverengi şişelere alınmış ve azot gazı altında kurutulmuştur. Ekstraktlar analiz edilinceye kadar -26 °C'de muhafaza edilmiştir. Karotenoid ekstraktları mobil fazda çözündürülüp 0.45 μm'lik membran filtreden süzüldükten sonra HPLC'ye enjekte edilmiştir.

3.2.6 HPLC ile karotenoidlerin analizi

Karotenoidlerin HPLC ile analizi Heinonen (1990) tarafından önerilen yönteme göre yapılmıştır. Analizde kullanılan HPLC cihazı; Waters 510 pompa (Millipore Co., Milford, USA), Waters 486 UV-VIS dedektör (Millipore Co., Milford, USA) ve Millennium 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 ayrıştırılmıştır. Mobil faz olarak asetonitril:diklorometan:metanol (70:20:10) karışımı 1ml/dak akış hızında kullanılmıştır. Örnek enjeksiyon hacmi 20 μL'dir.

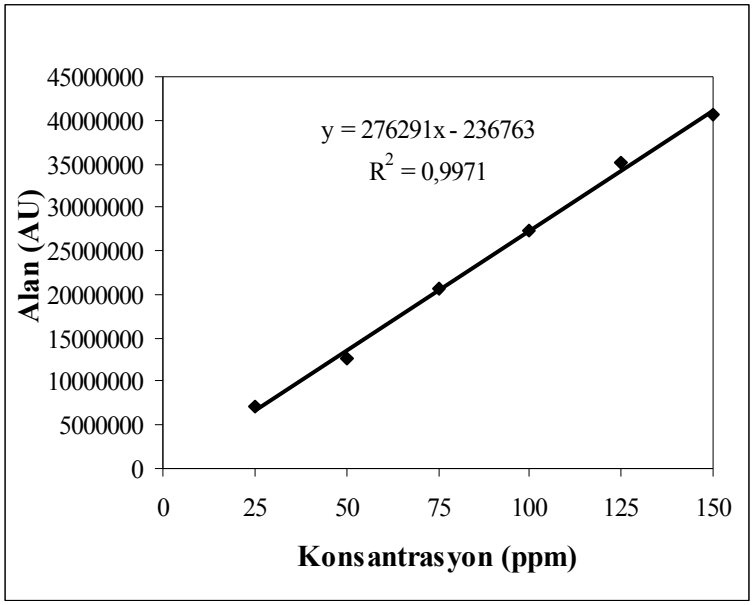
3.2.6.1 Karotenoid piklerinin tanımlanması ve hesaplama

Havuçta bulunan karotenoidler, elde edilen kromatogramdaki piklerin geliş zamanları ile karotenoid standartlarına ait piklerin geliş zamanlarının karşılaştırılması ve ayrıca örneklere standart maddelerin ilave edilmesi suretiyle tanımlanmıştır. Uygulanan HPLC koşulunda geliş süreleri; lutein için 4.300 dakika, α-karoten için 24.300 dakika ve β-karoten için 26.150 dakikadır. Karotenoid madde miktarları ise standart karotenoid maddelerden hazırlanan çalışma solüsyonları kullanılarak çizilen kalibrasyon kurvelerinden elde edilen denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

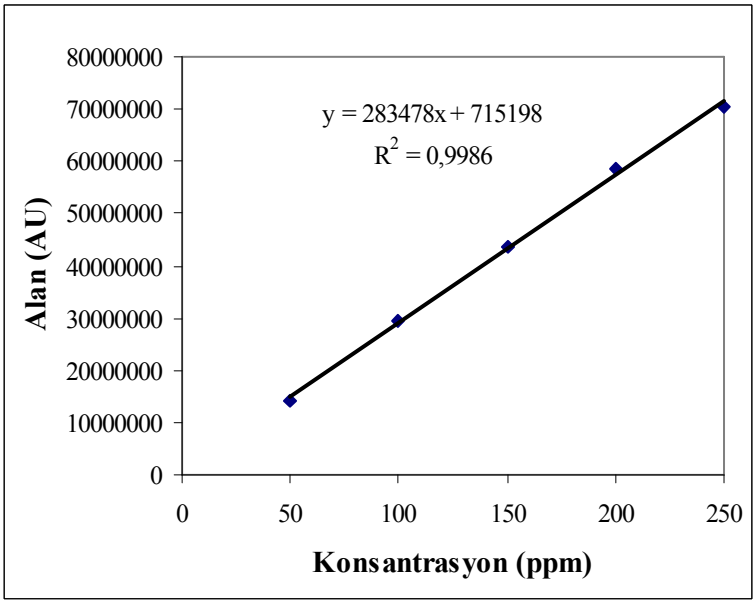
3.2.6.1.1 Karotenoid standart çözeltilerinin hazırlanması

β-karoten, karoten miks izomer (β:α/2:1) ve lutein standartları Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) firmasından temin edilmiştir. Her bir karotenoid standardı 1 mL kloroformda çözündürüldükten sonra hekzanla 10 mL'ye tamamlanmıştır. Stok çözeltilerden alınan 0.5 mL'lik bir kısım azot gazı altında kurutulduktan sonra her karotenoid için uygun solvent ile (Çizelge 2.1.) belirli oranda seyreltilmiştir. Karotenoid standartlarının konsantrasyonları Çizelge 2.1.'de belirtilen dalga boylarında her karotenoidin spesifik absorbsiyon katsayıları ($A_{1cm}^{\%1}$) dikkate alınarak Beer's kanununa göre belirlenmiştir. Standartların hazırlanmasında kullanılan tüm solventler % 0.01 BHT içermektedir. β-karoten, karoten miks izomer ve lutein ara stok çözeltileri

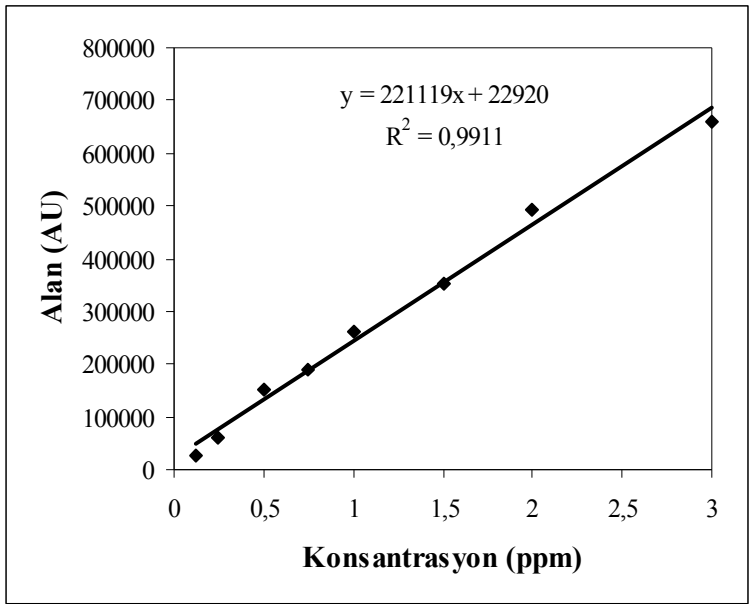
sırasıyla 25–150 ppm, 50–250 ppm ve 0.125–3 ppm konsantrasyon aralıklarında mobil faz kullanılarak hazırlanmıştır. Şekil 3.1–3.3'de sırasıyla β-karoten, karoten miks izomer ve lutein standart kurveleri verilmiştir.



Şekil 3.1 β-karoten standart kurvesi



Şekil 3.2 Karoten miks izomer standart kurvesi



Şekil 3.3 Lutein standart kurvesi

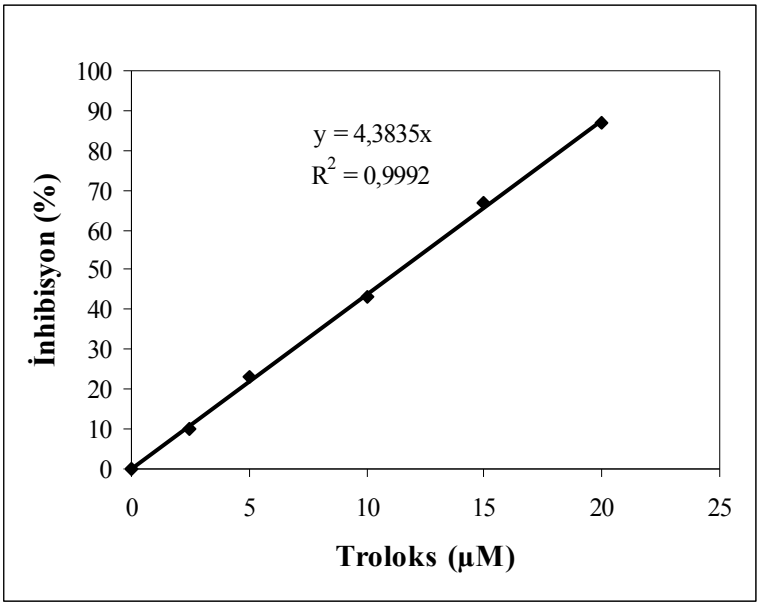
3.2.7 Antioksidan madde ekstraksiyonu

Örneklerde antioksidan madde ekstraksiyonu Dewanto *et al.* (2002)'e göre yapılmıştır. Buna göre, 25 g homojenize havuç örneği 50 mL % 80'lik aseton kullanılarak önce waring blender daha sonra da ultra turraks homojenizer ile 3 dk süreyle ekstrakte edilmiştir. Elde edilen homojenizat Whatman No:1 filtre kağıdı ile vakum filtrasyona tabi tutulduktan sonra filtre kağıdı üzerinde kalan kısma bir kez daha 25 mL % 80'lik aseton ilave edilmiş ve ekstraksiyon tekrarlanmıştır. Toplanan filtratlar, içerisindeki asetonun yaklaşık % 90'ı uzaklaşıncaya dek döner buharlaştırıcıda 45 °C sıcaklıkta buharlaştırılmıştır. Balondan % 80'lik aseton ile yıkanarak 10 mL'ye tamamlanan ekstraktlar kahverengi şişelere alınıp –26 °C'de depolanmıştır.

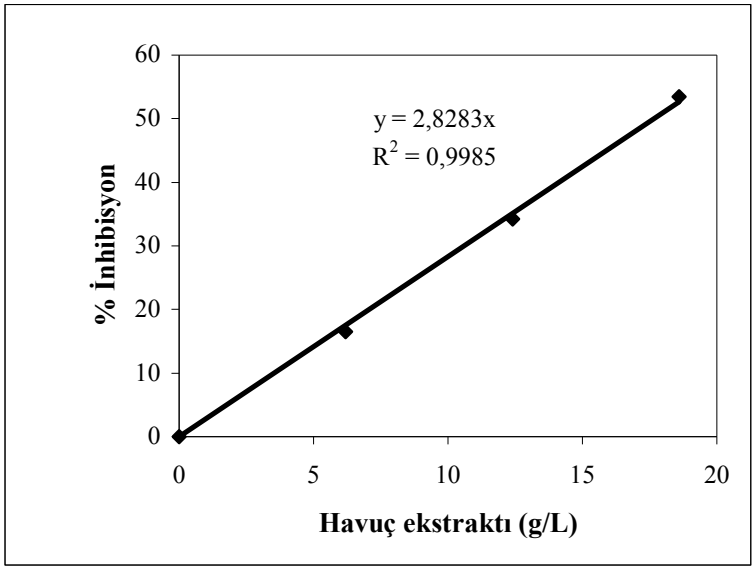
3.2.8 Antioksidan aktivite (TEAC) analizi

Havuç çeşitlerinde antioksidan aktivite Re *et al*. (1999) tarafından önerilen TEAC (Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite) yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemin esası; ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzothiazoline-6-sülfonik asit) ile potasyum persülfatın ($K_2S_2O_8$) oksidasyon reaksiyonu sonucu oluşturulan ABTS radikal

katyonunun ($ABTS^{\cdot+}$), ortama ilave edilen antioksidan maddeler tarafından inhibisyonuna dayanmaktadır. 734 nm dalga boyunda 6 dk boyunca mavi/yeşil renge sahip radikalin indirgenerek renksizleşmesi ile belirlenen antioksidan aktivite, absorbanstaki inhibisyon yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Standart referans madde olarak bir E vitamini analoğu olan Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) kullanılmaktadır. Troloks eşdeğeri olarak ifade edilen antioksidan aktivite, analiz edilen bileşiğin 1 g/L konsantrasyonu ile aynı inhibisyon yüzdesini veren Troloksun konsantrasyonu (µmol) olarak hesaplanmış ve sonuçlar µmol Troloks eşdeğeri/100g cinsinden ifade edilmiştir. Havuçlardaki antioksidan aktivite değerlerinin belirlenmesinde yararlanılan standart kurve ve havuç ekstraktına ait bir inhibisyon kurvesi sırasıyla Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'de görülmektedir.



Şekil 3.4 Troloks standart kurvesi



Şekil 3.5 Havuç ekstraktına ilişkin tipik bir inhibisyon kurvesi

3.2.9 İstatistiksel değerlendirme

Tüm analizler 3 tekerrür olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar; ortalama ± ortalamanın standart hatası (SE) şeklinde ifade edilmiştir. Üzerinde durulan özellikler bakımından (antioksidan aktivite, β-karoten, α-karoten, lutein, toplam karoten vb.) elde edilen gözlemler Faktöriyel düzende varyans analizi (Two-way ANOVA) tekniğiyle değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Depolama denemesinde ise aylar arasındaki faklılıkların belirlenmesinde tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği (Repeated measurement ANOVA) kullanılmıştır. Tekrarlanan ölçümler zaman faktörünün seviyelerinde gerçekleştirilmiş olup zaman ortalamaları arasındaki farkın belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Bu testler MINITAB 14.0 ve SPSS 9.05 paket programları kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Havuçların Bazı Analitik Özellikleri

2003 ve 2004 yıllarında Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerinden materyal olarak temin edilen havuçların genel niteliklerini ortaya koyan bazı özellikler sırasıyla Çizelge 4.1–4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 2003 yılında temin edilen farklı havuç çeşitlerinin bazı analitik özellikleri [a,b]

Yöre	Çeşit	°Bx (%)	pH	Titrasyon Asitliği[c] (g/L)
Beypazarı	Nanco	8.64 ± 0.05c	6.65 ± 0.02c	0.32 ± 0.01b
	Maestro-F1	9.64 ± 0.05b	6.59 ± 0.05c	0.44 ± 0.02a
	Bolero	11.01± 0.03a	6.82 ± 0.01a	0.13 ± 0.01d
	Presto-F1	8.61 ± 0.06c	6.75 ± 0.01b	0.24 ± 0.00c
	Min.	8.61	6.59	0.13
	Max.	11.01	6.82	0.44
	Ort.	9.48 ± 0.30	6.70 ± 0.03	0.28 ± 0.03
Burdur	PS-F1	9.58 ± 0.07b	6.50 ± 0.05a	0.42 ± 0.01c
	Nanco	10.31± 0.11a	6.54 ± 0.02a	0.46 ± 0.00b
	PS-Almaro	8.20 ± 0.11d	6.04 ± 0.07b	0.60 ± 0.01a
	Tito	8.66 ± 0.06c	6.10 ± 0.02b	0.58 ± 0.00a
	Min.	8.20	6.04	0.42
	Max.	10.31	6.54	0.60
	Ort.	9.19 ± 0.25	6.30 ± 0.07	0.51 ± 0.02
Konya	Nanco	9.25 ± 0.01a	6.17 ± 0.01b	0.58 ± 0.03a
	Maestro-F1	8.38 ± 0.07a	6.42 ± 0.04a	0.36 ± 0.02c
	Nantindo	9.29 ± 0.14a	6.43 ± 0.02a	0.42 ± 0.01b
	Min.	8.38	6.17	0.36
	Max.	9.29	6.43	0.58
	Ort.	8.97 ± 0.16	6.34 ± 0.05	0.45 ± 0.03
Genel	Min.	8.20	6.04	0.13
	Max.	11.01	6.82	0.60
	Ort.[d]	9.24	6.46	0.41

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[c] Susuz sitrik asit cinsinden.
[d] Tartılı ortalama = $(n_{Beyp.} \times Ort._{Beyp.} + n_{Bur.} \times Ort._{Bur.} + n_{Kon.} \times Ort._{Kon.}) / (n_{Beyp.} + n_{Bur.} + n_{Kon.})$.

Çizelge 4.2 2004 yılında temin edilen farklı havuç çeşitlerinin bazı analitik özellikleri [a,b]

Yöre	Çeşit	°Bx (%)	pH	Titrasyon Asitliği[c] (g/L)
Beypazarı	Nanco	7.77 ± 0.17b	6.11 ± 0.02c	0.48 ± 0.01b
	Maestro-F1	7.97 ± 0.03b	6.13 ± 0.03c	0.47 ± 0.01b
	Bolero	9.07 ± 0.03a	6.37 ± 0.00a	0.33 ± 0.04c
	Presto-F1	6.87 ± 0.13c	6.27 ± 0.01b	0.54 ± 0.01a
	Min.	6.87	6.11	0.33
	Max.	9.07	6.37	0.54
	Ort.	7.92 ± 0.24	6.22 ± 0.03	0.46 ± 0.03
Burdur	PS-F1	10.6 ± 0.00a	6.23 ± 0.03a	0.62 ± 0.01a
	Nanco	9.20 ± 0.12b	6.17 ± 0.01a	0.39 ± 0.02c
	PS-Almaro	9.50 ± 0.20b	6.28 ± 0.02a	0.55 ± 0.02b
	Tito	9.43 ± 0.03b	6.20 ± 0.02a	0.38 ± 0.00c
	Min.	9.20	6.17	0.38
	Max.	10.60	6.28	0.62
	Ort.	9.68 ± 0.17	6.22 ± 0.02	0.49 ± 0.03
Konya	Nanco	9.07 ± 0.07a	6.30 ± 0.03a	0.34 ± 0.02b
	Maestro-F1	8.50 ± 1.05a	6.41 ± 0.07a	0.37 ± 0.02b
	Nantindo	8.70 ± 0.15a	6.36 ± 0.03a	0.43 ± 0.02a
	Min.	8.50	6.30	0.34
	Max.	9.07	6.41	0.43
	Ort.	8.76 ± 0.32	6.36 ± 0.03	0.38 ± 0.02
Genel	Min.	6.87	6.11	0.33
	Max.	10.60	6.41	0.62
	Ort.[d]	8.79	6.26	0.45

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel açıdan farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[c] Susuz sitrik asit cinsinden.
[d] Tartılı ortalama = $(n_{Beyp.} \times Ort._{Beyp.} + n_{Bur.} \times Ort._{Bur.} + n_{Kon.} \times Ort._{Kon.}) / (n_{Beyp.} + n_{Bur.} + n_{Kon.})$.

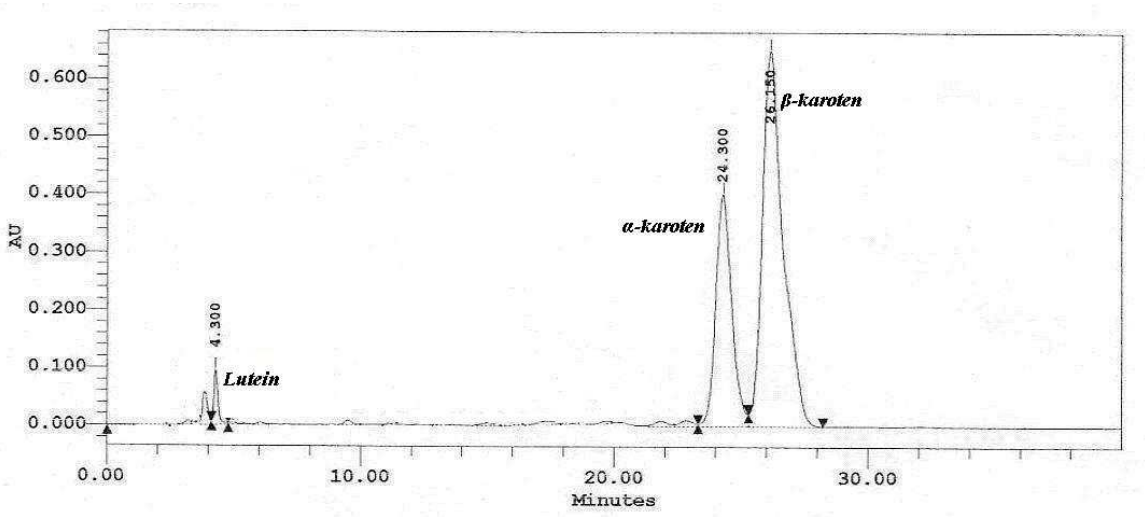
2003 yılına ait havuçlarda briks derecesi 8.20–11.01, pH değeri 6.04–6.82 ve titrasyon asitliği ise 0.13–0.60 g/L arasında değişmektedir. 2003 yılında, Beypazarı yöresine ait Bolero çeşidinin tüm yörelerdeki havuç çeşitleri içerisinde en yüksek suda çözünür kurumaddeye (11.01) ve en düşük asitliğe (0.13 g/L) sahip çeşit olduğu gözlenmektedir. Burdur yöresine ait PS-Almaro çeşidi ise 2003 yılında hasat edilen çeşitler arasında suda çözünür kuru maddesi en düşük (8.20), titrasyon asitliği ise en yüksek (0.60 g/L) olan çeşit olarak dikkat çekmektedir.

2004 yılında hasat edilen havuçlarda ise briks derecesi 6.87–10.60, pH değeri 6.11–6.41 ve titrasyon asitliği 0.33–0.62 g/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.2.). 2004 yılında suda çözünür kuru madde açısından en yüksek değerlere sahip havuçların (9.20–10.60) Burdur yöresine ait çeşitler olduğu dikkat çekmektedir. 2004 yılında da 2003 yılında olduğu gibi, Beypazarı yöresine ait Bolero çeşidi tüm çeşitler arasında en düşük asitliğe (0.33 g/L) sahip olan çeşit olmuştur.

Beypazarı, Burdur ve Konya'dan 2 yıl süreyle temin edilen havuç örneklerinde briks derecesinin 6.87–11.01, pH değerinin 6.04–6.82 ve titrasyon asitliğinin 0.13–0.62 g/L arasında değiştiği belirlenmiştir. Taze havuçlarda briks derecesinin 8.50–11.25 (Müftigil 1984, Ağacık 1989), pH değerinin 5.5-6.5 (Chen *et al*. 1996) ve titrasyon asitliğinin ise 0.5-0.6 g/L arasında değiştiği bildirilmektedir (Müftigil 1984). Bu araştırmada elde edilen briks ve pH değerleri literatür bulguları ile uyumlu iken titrasyon asitliği verilerinin düşük olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, meyve ve sebzelerde asitliğin iklim ve çeşit gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterdiği farklı kaynaklar tarafından bildirilmektedir (Cemeroğlu vd. 2001, Del Caro *et al*. 2004).

4.2 Havuçlarda Tanımlanan Karotenoidler

Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerinden temin edilen havuç çeşitlerinde HPLC ile belirlenen karotenoid profiline ilişkin tipik bir kromatogram Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Havuçta belirlenen karotenoidlere ilişkin tipik bir HPLC kromatogramı

Uygulanan HPLC koşulunda havuçlarda belirlenen başlıca karotenoidler geliş zamanlarına göre sırasıyla lutein (4.300 dakika), α-karoten (24.300 dakika) ve β-karoten (26.150 dakika)'dir. Bu bulgular, aynı HPLC koşullarında çalışan Heinonen (1990)'ın bulguları ile paralel olmakla birlikte araştırıcı havuçta bu karotenoidlere ilaveten γ-karoten bulunduğunu da belirlemiştir. Ayrıca; Heinonen *et al*. (1989), Hart and Scott (1995), Ferruzzi *et al*. (1998), Niizu and Rodriguez-Amaya (2005) gibi birçok araştırıcı da havuçlarda β-karoten, α-karoten ve lutein olmak üzere başlıca 3 karotenoid tanımlamışlardır. Nitekim, havuçlardaki karotenoidlerin % 60-80'ini β-karoten, % 10–40'ını α-karoten ve % 1-5'ini ise lutein oluşturmaktadır (Chen *et al*. 1995, Sulaeman *et al*. 2001). Farklı kaynaklarda (Simon and Wolff 1987, Desobry *et al*. 1998) havuçlarda γ-karoten, ζ-karoten, β-zeakaroten ve likopen gibi karotenoidlerin de bulunduğu bildirilmiş olmakla birlikte, bu karotenoidlerin havuçlardaki toplam karotenoid içerisinde % 0.1–1.0 gibi çok düşük oranlarda yer aldığı aktarılmaktadır.

4.3 Havuçlarda Belirlenen Karotenoid Miktarları ve Çeşitlere Göre Değişimi

2003 ve 2004 yıllarında farklı yörelerden temin edilen havuç çeşitlerinde belirlenen β-karoten, α-karoten, lutein ve toplam karotenoid miktarları ile A vitamini aktiviteleri sırasıyla Çizelge 4.3–4.4'de verilmektedir.

Çizelge 4.3'den görüleceği üzere, 2003 yılı havuç örneklerinde en yüksek miktarda bulunan karotenoid β-karoten (41.60–71.62 mg/kg) olup, bunu sırasıyla α-karoten (13.44–30.11 mg/kg) ve lutein (0.02–0.42 mg/kg) izlemektedir. Toplam karotenoid miktarı ise 58.15–102.02 mg/kg arasında değişmektedir. Aynı yılda, Beypazarı'ndan temin edilen havuçlarda ortalama β-karoten, α-karoten ve lutein miktarları sırasıyla 60.00, 26.22 ve 0.37 mg/kg iken, Burdur'dan temin edilen havuçlarda 58.80, 20.31 ve 0.08 mg/kg olarak saptanmıştır. Konya yöresine ait havuçların ise gerek β-karoten (44.12 mg/kg) gerekse α-karoten (16.15 mg/kg) ve toplam karotenoid miktarları (60.61 mg/kg) bakımından en düşük değerlere sahip olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4.3 2003 yılında farklı yörelerden temin edilen farklı havuç çeşitlerinde karotenoid madde miktarı ve A vitamini aktivitesi [a,b]

Yöre	Çeşit	Karotenoidler (mg/kg)				RAE [d]
		β-karoten	α-karoten	Lutein	Toplam karotenoid[c]	
Beypazarı	Nanco	54.35 ± 1.68b	26.30 ± 0.33ab	0.42 ± 0.01a	81.07 ± 1.37b	563
	Maestro-F1	62.18 ± 4.43b	24.78 ± 1.79b	0.40 ± 0.02a	87.36 ± 3.99b	622
	Bolero	71.62 ± 5.03a	30.11 ± 2.17a	0.29 ± 0.05a	102.02 ± 6.97a	723
	Presto-F1	51.85 ± 4.68b	23.67 ± 2.17b	0.36 ± 0.04a	75.88 ± 6.82b	531
	Min.	51.85	23.67	0.29	75.88	531
	Max.	71.62	30.11	0.42	102.02	723
	Ort.	60.00 ± 2.93	26.22 ± 1.06	0.37 ± 0.02	86.58 ± 3.72	610
Burdur	PS-F1	63.73 ± 4.76a	26.88 ± 2.25a	0.06 ± 0.01b	90.67 ± 5.04a	643
	Nanco	60.26 ± 2.82a	19.35 ± 1.34b	0.02 ± 0.02b	79.63 ± 4.01a	583
	PS-Almaro	65.59 ± 6.19a	21.56 ± 1.22b	0.02 ± 0.02b	87.18 ± 7.30a	637
	Tito	45.63 ± 3.11b	13.44 ± 0.17c	0.22 ± 0.01a	59.29 ± 2.96b	437
	Min.	45.63	13.44	0.02	59.29	437
	Max.	65.59	26.88	0.22	90.67	643
	Ort.	58.80 ± 3.03	20.31 ± 1.58	0.08 ± 0.03	79.19 ± 4.26	575
Konya	Nanco	43.10 ± 1.18b	14.73 ± 0.34a	0.32 ± 0.02a	58.15 ± 1.53b	421
	Maestro-F1	41.60 ± 1.48b	17.06 ± 0.60a	0.32 ± 0.03a	58.98 ± 0.94b	418
	Nantindo	47.67 ± 1.23a	16.65 ± 1.13a	0.37 ± 0.04a	64.70 ± 2.37a	467
	Min.	41.60	14.73	0.32	58.15	418
	Max.	47.67	17.06	0.37	64.70	467
	Ort.	44.12 ± 1.12	16.15 ± 0.52	0.34 ± 0.02	60.61 ± 1.34	435
Genel	Min.	41.60	13.44	0.02	58.15	418
	Max.	71.62	30.11	0.42	102.02	723
	Ort.[e]	55.23	21.33	0.26	76.81	550

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Aynı sütundaki farklı harfler istatistik açıdan farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[c] Toplam karotenoid = β-karoten + α-karoten + lutein.
[d] Retinol aktivite eşdeğeri (μg/100 g) = (μg β-karoten/12) + (μg α-karoten/24).
[e] Tartılı ortalama = $(n_{Beyp.} \times Ort._{Beyp.} + n_{Bur.} \times Ort._{Bur.} + n_{Kon.} \times Ort._{Kon.}) / (n_{Beyp.} + n_{Bur.} + n_{Kon.})$.

Beypazarı'ndan temin edilen çeşitler arasında Bolero çeşidi; 71.62 mg/kg β-karoten, 30.11 mg/kg α-karoten ve 102.02 mg/kg toplam karotenoid miktarları ile diğer çeşitlere göre önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılık göstermekteyken, lutein miktarı açısından çeşitler arasında bir farklılık saptanmamıştır. Burdur'dan temin edilen Tito çeşidi, en düşük β-karoten (45.63 mg/kg) ve α-karoten (13.44 mg/kg) ve en yüksek lutein (0.22 mg/kg) miktarları ile diğer çeşitlerden önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılık

göstermektedir. Konya'dan temin edilen havuç çeşitlerine bakıldığında ise, α-karoten ve lutein düzeyleri açısından bir fark görülmemişken, β-karoten ve toplam karotenoid içeriği bakımından Nantindo çeşidi diğer çeşitlere göre farklılık göstermiştir ($p<0.01$).

2003 yılında en yüksek ortalama A vitamini aktivitesi (610 µg RAE/100g), aynı zamanda en yüksek toplam karotenoid miktarına sahip olması dolayısıyla (86.58 mg/kg) Beypazarı yöresi havuçlarında saptanmıştır. Beypazarı yöresinde 102.02 mg/kg toplam karotenoid içeren Bolero havuç çeşidi tüm çeşitler arasında en yüksek A vitamini aktivitesine sahip (723 µg RAE/100g) olan çeşittir. Bunu 90.67 mg/kg toplam karotenoid ve 643 µg RAE/100g ile Burdur yöresine ait PS-F1 çeşidi izlemiştir. Burdur yöresine ait havuç çeşitlerinde ortalama A vitamini aktivitesi 575 µg RAE/100g iken Konya yöresi havuçları 435 µg RAE/100g ile en düşük A vitamini aktivitesine sahiptir.

2004 yılında temin edilen havuç çeşitlerinin karotenoid bulgularına bakıldığında, toplam karotenoid içerisinde en yüksek paya sahip olan β-karoten 48.11–67.06 mg/kg arasında değişmekte iken, α-karoten 16.28–30.06 mg/kg ve lutein 0.44–1.44 mg/kg arasında değişmektedir. Toplam karotenoid miktarları ise 64.94–97.53 mg/kg arasında değişim göstermektedir. 2004 yılında Beypazarı'ndan temin edilen havuçlarda ortalama β-karoten, α-karoten ve lutein miktarları sırasıyla 60.43, 22.65 ve 0.93 mg/kg, Burdur'dan temin edilen havuçlarda ise yine sırasıyla 58.85, 24.29 ve 0.86 mg/kg olarak belirlenmiştir. Konya yöresine ait havuçlarda ise ortalama 57.10 mg/kg β-karoten, 22.81 mg/kg α-karoten ve 0.70 mg/kg lutein bulunmaktadır.

2004 yılında Beypazarı'ndan temin edilen Bolero çeşidi, 2003 yılındaki yüksek bulguların aksine, sahip olduğu en düşük β-karoten (48.26 mg/kg), α-karoten (16.42 mg/kg), lutein (0.46 mg/kg) ve toplam karotenoid (65.14 mg/kg) düzeyleri ile diğer çeşitlerden farklılık göstermiştir ($p<0.01$). Burdur'dan temin edilen Tito çeşidi, 2003 yılı bulgularına paralel olarak en düşük β-karoten (48.35 mg/kg), α-karoten (17.18 mg/kg) ve lutein (0.60 mg/kg) miktarlarına sahip olup, Burdur yöresine ait diğer çeşitlerden farklıdır ($p<0.01$). Konya'da ise, Nantindo çeşidi en yüksek β-karoten (66.37 mg/kg), α-karoten (30.06 mg/kg), lutein (1.10 mg/kg) ve toplam karotenoid (97.53

mg/kg) bulguları ile aynı yörenin Nanco ve Maestro-F1 çeşitlerinden farklılık göstermiştir ($p<0.01$).

Çizelge 4.4 2004 yılında farklı yörelerden temin edilen farklı havuç çeşitlerinde karotenoid madde miktarı ve A vitamini aktivitesi [a,b]

Yöre	Çeşit	Karotenoidler (mg/kg)				RAE [d]
		β-karoten	α-karoten	Lutein	Toplam karotenoid[c]	
Beypazarı	Nanco	64.40 ± 1.46a	26.03 ± 0.96a	1.18 ± 0.06b	91.61 ± 1.26a	645
	Maestro-F1	67.06 ± 0.42a	24.67 ± 0.26a	1.44 ± 0.02a	93.17 ± 0.67a	662
	Bolero	48.26 ± 4.65b	16.42 ± 1.01b	0.46 ± 0.01c	65.14 ± 5.18b	471
	Presto-F1	61.98 ± 1.38a	23.46 ± 0.45a	0.62 ± 0.14c	86.06 ± 1.71a	615
	Min.	48.26	16.42	0.46	65.14	471
	Max.	67.06	26.03	1.44	93.17	662
	Ort.	60.43 ± 2.44	22.65 ± 1.16	0.93 ± 0.13	84.00 ± 3.59	598
Burdur	PS-F1	61.68 ± 3.02a	29.67 ± 0.30a	1.07 ± 0.06a	92.43 ± 3.25a	638
	Nanco	62.83 ± 3.80a	24.52 ± 2.10b	0.87 ± 0.02b	88.22 ± 5.73a	626
	PS-Almaro	62.55 ± 0.86a	25.78 ± 1.11b	0.90 ± 0.11b	89.23 ± 1.36a	629
	Tito	48.35 ± 4.73b	17.18 ± 1.53c	0.60 ± 0.03c	66.13 ± 5.97b	475
	Min.	48.35	17.18	0.60	66.13	475
	Max.	62.83	29.67	1.07	92.43	638
	Ort.	58.85 ± 2.34	24.29 ± 1.49	0.86 ± 0.06	84.00 ± 3.69	592
Konya	Nanco	48.11 ± 1.51c	16.28 ± 0.42c	0.55 ± 0.04b	64.94 ± 1.88c	469
	Maestro-F1	56.81 ± 0.67b	22.08 ± 1.90b	0.44 ± 0.06b	79.33 ± 1.25b	566
	Nantindo	66.37 ± 0.58a	30.06 ± 0.66a	1.10 ± 0.02a	97.53 ± 0.79a	679
	Min.	48.11	16.28	0.44	64.94	469
	Max.	66.37	30.06	1.10	97.53	679
	Ort.	57.10 ± 2.68	22.81± 2.08	0.70 ± 0.11	80.60 ± 4.76	571
Genel	Min.	48.11	16.28	0.44	64.94	469
	Max.	67.06	30.06	1.44	97.53	679
	Ort.[e]	58.95	23.29	0.84	83.07	589

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Aynı sütundaki farklı harfler istatistik açıdan farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[c] Toplam karotenoid = β-karoten + α-karoten + lutein.
[d] Retinol aktivite eşdeğeri (µg/100 g) = (µg β-karoten/12) + (µg α-karoten/24).
[e] Tartılı ortalama = $(n_{Beyp.} \times Ort._{Beyp.} + n_{Bur.} \times Ort._{Bur.} + n_{Kon.} \times Ort._{Kon.}) / (n_{Beyp.} + n_{Bur.} + n_{Kon.})$.

2004 yılında temin edilen havuçlarda ortalama A vitamini aktivitesi 469–679 µg RAE/ 100g arasında değişmektedir. En yüksek A vitamini aktivitesi (679 µg RAE/100g), Konya yöresinden alınan Nantindo'da belirlenmiştir. Bunu 662 µg RAE/100g ile

Beypazarı'na ait Maestro-F1 havuç çeşidi izlemiştir. Beypazarı yöresi havuçları ortalama 598 µg RAE/100g A vitamini aktivitesi ile 2003 yılında olduğu gibi 2004 yılında da en yüksek aktiviteye sahip olup bu yöreyi ortalama 592 µg RAE/100g ile Burdur yöresi izlemektedir. 2004 yılında da Konya yöresine ait havuçlarda belirlenen ortalama A vitamini aktivitesi (571 µg RAE/100g) en düşük olmakla birlikte, 2003 yılına kıyasla bir artış gözlenmektedir.

Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerinden 2 yıl süre ile temin edilen havuç çeşitlerinde belirlenen karotenoid miktarları genel olarak değerlendirildiğinde; β-karoten miktarı 41.60–71.62 mg/kg, α-karoten 13.44–30.11 mg/kg ve lutein miktarı 0.02–1.44 mg/kg arasında değişmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından havuçlarda belirlenen karotenoid miktarlarına ilişkin bulgular; β-karoten miktarının 46–130 mg/kg, α-karoten miktarının 20–66 mg/kg ve lutein miktarının da 1.1–5.6 mg/kg arasında değiştiğini göstermektedir (Bushway and Wilson 1982, Bushway 1986, Bureau and Bushway 1986, Heinonen *et al.* 1989, Hart and Scott 1995, Konings and Romans 1997, Skrede *et al.* 1997, Alasalvar *et al*. 2001, Sulaeman *et al*. 2001, Niizu and Rodriguez-Amaya 2005, Olives Barba *et al.* 2006). Bu araştırmada elde edilen minimum β-karoten ve α-karoten bulguları literatür bulguları ile uyum göstermekte iken maksimum değerlerin literatür bulgularından daha düşük olduğu görülmektedir. Lutein bulgularının ise literatüre kıyasla daha düşük olduğu gözlenmektedir.

Meyve ve sebzelerde karotenoid madde miktarlarının aynı türün farklı çeşitlerinde değişim gösterdiği bildirilmektedir (Abushita *et al*. 2000, Leonardi *et al*. 2000, Thompson *et al*. 2000, Alasalvar *et al*. 2001, Kidmose *et al*. 2004, Dutta *et al*. 2005). Nitekim, Heinonen (1990) 19 havuç çeşidinde karotenoidler üzerine yaptığı çalışmada, havuçlarda 46–103 mg/kg β-karoten, 22–49 mg/kg α-karoten, 1.1–5.6 mg/kg luteine ilaveten 6.3–27.0 mg/kg düzeyinde de γ-karoten bulunduğunu belirlemiştir. Kidmose *et al*. (2004) ise, 6 havuç çeşidinde β-karoten ve α-karoten düzeylerinin sırasıyla 29–88 mg/kg ve 9–42 mg/kg arasında değiştiğini bildirmektedir. Simon and Wolff (1987), havuçlarda toplam karotenoidin % 44–79'unu oluşturan β-karoten miktarının 52–117 mg/kg arasında, toplam karotenoidin % 13-40'ını oluşturan α-karotenin ise 32–66 mg/kg arasında değiştiğini belirlemiştir. Skrede *et al*. (1997) tarafından farklı havuç

çeşitlerinde belirlenen β-karoten (55.5–66.9 mg/kg) ve α-karoten (23.0–25.0 mg/kg) bulguları da bu araştırmada elde edilen β-karoten ve α-karoten bulguları ile uyum göstermektedir.

Elde edilen bulgulara göre, havuçlarda A vitamini aktivitesi düzeylerinin 418–723 µg RAE/100g aralığında değiştiği ve ortalama 570 µg RAE/100g olduğu belirlenmiştir. Bu düzey, Kidmose *et al*. (2004) tarafından havuçlarda ortalama 560 µg RAE/100g olarak belirlenen A vitamini aktivitesi düzeyi ile uyum göstermektedir. Havuçlardaki A vitamini miktarlarına ilişkin daha önceki literatür bulgularında (Bureau and Bushway 1986, Heinonen *et al*. 1989, Heinonen 1990) retinol eşdeğeri (RE) cinsinden verilmiş olan değerlerin 2'ye bölünmesi sonucunda elde edilen RAE değerleri ise 600-1150 µg/100g arasında değişmektedir. Bu araştırmada havuçlarda belirlenen ortalama A vitamini aktivitesi düzeyinin, literatür bulgularında verilen aralığın maksimum düzeyinden düşük olduğu ancak minimum düzeyi ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Ayrıca havuçlarda ortalama 570 µg RAE/100g olarak belirlenen A vitamini aktivitesi düzeyinin; kadınlar, erkekler ve çocuklar için günlük olarak alınması önerilen A vitamini miktarını sırasıyla % 81, % 63 ve % 163 oranlarında karşıladığı belirlenmiştir.

4.4 Havuçlarda Karotenoidlerin Yıllara Göre Değişimi

Farklı yörelere ait havuç çeşitlerindeki β-karoten, α-karoten, lutein ve toplam karotenoid miktarlarının yıllara göre değişimi Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5'deki verilere göre, Beypazarı yöresinde Maestro-F1 çeşidi β-karoten içeriği bakımından yıllar arasında farklılık göstermezken, 2004 yılında Nanco ve Presto-F1 çeşitlerinde β-karoten miktarının arttığı, Bolero çeşidinde ise azaldığı belirlenmiştir. Burdur yöresinde, β-karoten ve toplam karotenoid bakımından yıllar arasında bir farklılık görülmemiş ancak α-karoten ve lutein düzeyleri 2004 yılında artmıştır. Konya yöresinde ise, β-karoten ve lutein düzeyleri 2004 yılında daha yüksek düzeydedir. Buna ilaveten, α-karoten ve toplam karotenoid düzeyleri bakımından da Nanco çeşidi hariç yörenin diğer iki çeşidinde 2004 yılında önemli bir artış olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 Havuçlarda karotenoidlerin yıllara göre değişimi[a]

Yöre	Çeşit	Karotenoidler (mg/kg)							
		β-karoten		α-karoten		Lutein		Toplam karotenoid	
		2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Beypazarı	Nanco	54.35b	64.40a	26.30a	26.03a	0.42b	1.18a	81.07a	91.61a
	Maestro-F1	62.18a	67.06a	24.78a	24.67a	0.40b	1.44a	87.36a	93.17a
	Bolero	71.62a	48.76b	30.11a	16.42b	0.29b	0.46a	102.02a	65.14b
	Presto-F1	51.85b	61.98a	23.67a	23.46a	0.36b	0.62a	75.88a	86.06a
	Ort.	60.00	60.43	26.22	22.65	0.37	0.93	86.58	84.00
Burdur	PS-F1	63.73a	61.68a	26.88b	29.67a	0.06b	1.07a	90.67a	92.43a
	Nanco	60.26a	62.83a	19.35b	24.52a	0.02b	0.87a	79.63a	88.22a
	PS-Almaro	65.59a	62.55a	21.56b	25.78a	0.02b	0.90a	87.18a	89.23a
	Tito	45.63a	48.35a	13.44b	17.18a	0.22b	0.60a	59.29a	66.13a
	Ort.	58.80	58.85	20.31	24.29	0.08	0.86	79.19	84.00
Konya	Nanco	43.10b	48.11a	14.73a	16.28a	0.32b	0.55a	58.15a	64.94a
	Maestro-F1	41.60b	56.81a	17.06b	22.08a	0.32b	0.44a	58.98b	79.33a
	Nantindo	47.67b	66.37a	16.65b	30.06a	0.37b	1.10a	64.70b	97.53a
	Ort.	44.12	57.10	16.15	22.81	0.34	0.70	60.61	80.60

[a] Her karotenoid ve her çeşit için aynı satırdaki farklı harfler yıllar arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).

Görüldüğü gibi, Konya yöresinde Nanco çeşidi hariç tüm çeşitlerde karotenoid miktarları yıldan yıla farklılık göstermektedir ($p<0.01$). Beypazarı yöresinde ise Nanco, Maestro-F1 ve Presto-F1 çeşitlerinde α-karoten ve toplam karotenoid miktarlarının yıllara göre istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir. Ayrıca, Burdur yöresinde lutein ve α-karoten içerikleri bakımından yıllar arasında önemli farklılıklar mevcuttur ($p<0.01$). Havuçlarda karotenoid içeriğinin yıllara göre önemli ölçüde değişim gösterdiği Simon and Wolff (1987) tarafından da bildirilmektedir.

4.5 Havuçlarda Karotenoidlerin Yörelere Göre Değişimi

Karotenoid miktarları bakımından yörelerin karşılaştırılmasında, her 3 yöreden de temin edilebilen ortak çeşit olarak ön plana çıkan Nanco havuç çeşidi ve ayrıca Beypazarı ve Burdur yörelerinin ortak çeşidi olan Maestro-F1 havuç çeşidine ait veriler kullanılmıştır.

2003 ve 2004 yıllarında Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde yörelere göre karotenoidlerde meydana gelen farklılıklar sırasıyla Çizelge 4.6–4.7'de görülmektedir.

2003 yılına ait Nanco çeşitlerinde β-karoten miktarı 43.10–60.26 mg/kg, α-karoten 14.73–26.30 mg/kg, lutein 0.02–0.42 mg/kg ve toplam karotenoid miktarı 58.15–81.07 mg/kg arasında değişmektedir. Nanco çeşidine ait β-karoten ve toplam karotenoid miktarları Beypazarı ve Burdur yöreleri arasında istatistik açıdan önemli bir fark göstermezken, Konya yöresi diğer iki yöreden de farklılık göstermektedir ($p<0.01$). Buna karşılık, α-karoten ve lutein miktarlarının her 3 yörede de birbirinden farklı olduğu gözlenmektedir ($p<0.01$). 2003 yılında Beypazarı yöresinden temin edilen Maestro-F1 çeşidine ait karotenoid madde miktarlarının Konya yöresine ait Maestro-F1 çeşidinden daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Maestro-F1 çeşidinde lutein dışındaki tüm karotenoidler yöreler arasında farklılık göstermektedir ($p<0.01$).

Çizelge 4.6 2003 yılında temin edilen Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde karotenoidlerin yöreye göre değişimi [a]

Çeşit	Yöre	Karotenoidler (mg/kg)			
		β-karoten	**α-karoten**	**Lutein**	**Toplam karotenoid**
Nanco	Beypazarı	54.35 ± 1.68a	26.30 ± 0.33a	0.42 ± 0.01a	81.07 ± 1.37a
	Burdur	60.26 ± 2.82a	19.35 ± 1.34b	0.02 ± 0.02c	79.63 ± 4.01a
	Konya	43.10 ± 1.18b	14.73 ± 0.34c	0.32 ± 0.02b	58.15 ± 1.53b
	Min.	43.10	14.73	0.02	58.15
	Max.	60.26	26.30	0.42	81.07
	Ort.	52.57 ± 2.71	20.13 ± 1.73	0.25 ± 0.06	72.95 ± 3.93
Maestro-F1	Beypazarı	62.18 ± 4.43a	24.78 ± 1.79a	0.40 ± 0.02a	87.36 ± 3.99a
	Konya	41.60 ± 1.48b	17.06 ± 0.60b	0.32 ± 0.03a	58.98 ± 0.94b
	Min.	41.60	17.06	0.32	58.98
	Max.	56.33	24.78	0.40	81.52
	Ort.	51.88 ± 5.05	20.92 ± 1.92	0.36 ± 0.03	73.17 ± 6.61

[a] Her karotenoid ve her çeşit için aynı sütundaki farklı harfler yöreler arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).

2004 yılında ise, farklı yörelerden sağlanan Nanco havuç çeşitlerinde β-karoten miktarı 48.11–64.40 mg/kg, α-karoten 16.28–26.03 mg/kg, lutein 0.55–1.18 mg/kg ve toplam karotenoid 64.94–91.61 mg/kg arasında değişmektedir. 2003 yılında olduğu gibi, 2004 yılında da Konya yöresine ait Nanco çeşidi daha düşük karotenoid düzeyleri ile Beypazarı ve Burdur yörelerinden farklılık göstermektedir. Maestro-F1 çeşidi ise tüm karotenoidler bakımından yöreler arasında farklılık göstermektedir ($p<0.01$). 2004 yılında, 2003 yılına benzer şekilde Nanco ve Maestro-F1 çeşitlerinin her ikisinde de en yüksek toplam karotenoid miktarı Beypazarı yöresinden temin edilenlerde belirlenmiştir.

Farklı yörelerde yetiştirilen havuçlarda karotenoid düzeylerinin değişiklik gösterdiği Simon and Wolff (1987), Kimura *et al*. (1991) ve Kidmose *et al*. (2004) tarafından da bildirilmektedir.

Çizelge 4.7. 2004 yılında temin edilen Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde karotenoidlerin yöreye göre değişimi [a]

Çeşit	Yöre	Karotenoidler (mg/kg)			
		β-karoten	**α-karoten**	**Lutein**	**Toplam karotenoid**
Nanco	Beypazarı	64.40 ± 1.46a	26.03 ± 0.96a	1.18 ± 0.06a	91.61 ± 1.26a
	Burdur	62.83 ± 3.80a	24.52 ± 2.10b	0.87 ± 0.02b	88.22 ± 5.73a
	Konya	48.11 ± 1.51b	16.28 ± 0.42c	0.55 ± 0.04c	64.94 ± 1.88b
	Min.	48.11	16.28	0.55	64.94
	Max.	64.40	26.03	1.18	91.61
	Ort.	58.45 ± 2.88	22.28 ± 1.66	0.87 ± 0.09	81.59 ± 4.55
Maestro-F1	Beypazarı	67.06 ± 0.42a	24.67 ± 0.26a	1.44 ± 0.02a	93.17 ± 0.67a
	Konya	56.81 ± 0.67b	22.08 ± 1.90b	0.44 ± 0.06b	79.33 ± 1.25b
	Min.	56.81	22.08	0.44	79.33
	Max.	67.06	24.67	1.44	93.17
	Ort.	61.94 ± 2.32	23.38 ± 1.04	0.94 ± 0.23	86.25 ± 3.16

[a] Her karotenoid ve her çeşit için aynı sütundaki farklı harfler yöreler arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).

4.6 Havuçlarda Antioksidan Aktivite

Beypazarı, Burdur ve Konya'dan temin edilen havuç çeşitlerinde Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) yöntemine göre belirlenen antioksidan aktivite değerlerinin çeşitlere ve yetişme yılına göre göstermiş olduğu farklılıklar Çizelge 4.8'de yer almaktadır.

Çizelge 4.8 Farklı yörelerden temin edilen farklı havuç çeşitlerinde antioksidan aktivitenin çeşide ve yetişme yılına göre değişimi [a,b,c]

Yöre	Çeşit	Antioksidan aktivite (µmol TE/100 g)	
		2003	2004
Beypazarı	Nanco	40.6 ± 1.33bB	48.9 ± 3.53bA
	Maestro-F1	52.7 ± 1.07aB	83.2 ± 2.78aA
	Bolero	33.6 ± 2.10cB	55.2 ± 15.5bA
	Presto-F1	42.5 ± 3.21bA	25.9 ± 1.65cB
	Min.	33.6	25.9
	Max.	52.7	83.2
	Ort.	42.3 ± 3.95	53.3 ± 11.7
Burdur	Nanco	45.6 ± 1.88aB	55.3 ± 0.95bA
	PS-F1	29.2 ± 3.42bB	86.6 ± 0.87aA
	PS-Almaro	32.6 ± 1.57bB	55.4 ± 2.64bA
	Tito	42.4 ± 1.49aB	82.6 ± 0.53aA
	Min.	29.2	55.3
	Max.	45.6	86.6
	Ort.	37.5 ± 3.89	69.9 ± 8.48
Konya	Nanco	59.5 ± 5.24aA	46.2 ± 4.79bB
	Maestro-F1	52.2 ± 4.10aB	85.6 ± 1.64aA
	Nantindo	27.4 ± 3.00bB	47.0 ± 3.29bA
	Min.	27.4	46.2
	Max.	59.5	85.6
	Ort.	46.4 ± 8.40	59.6 ± 22.5
Genel	Min.	27.4	25.9
	Max.	59.5	86.6
	Ort.[d]	41.7	61.1

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Her yöre için aynı sütundaki farklı küçük harfler çeşitler arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[c] Her yöre ve çeşit için aynı satırdaki farklı büyük harfler yıllar arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[d] Tartılı ortalama = $(n_{Beyp.} \times Ort._{Beyp.} + n_{Bur.} \times Ort._{Bur.} + n_{Kon.} \times Ort._{Kon.}) / (n_{Beyp.} + n_{Bur.} + n_{Kon.})$.

2003 yılında havuçlarda belirlenen antioksidan aktivite düzeyleri 27.4–59.5 µmol TE/100g (ortalama 41.7 µmol TE/100g) arasında değişmekte iken 2004 yılında 25.9–86.6 µmol TE/100g (ortalama 61.1 µmol TE/100g) arasında değişmektedir. Havuçlarda antioksidan aktivite değerleri her yörenin çeşitleri arasında farklılık gösterdiği gibi, yıllar arasında da önemli farklılıklar göstermektedir ($p<0.01$). Antioksidan aktivitenin çeşitlere göre değişim gösterdiği farklı kaynaklar tarafından da bildirilmektedir (Wang and Stretch 2001, Connor *et al*. 2002).

2003 yılında Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerinden temin edilen havuçlarda ortalama antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 42.3, 37.5 ve 46.4 µmol TE/100g olarak belirlenmiştir. En yüksek antioksidan aktivite (59.5 µmol TE/100g) Konya yöresine ait olan Nanco havuç çeşidinde belirlenmiş olup bunu 52.7 µmol TE/100g ile Beypazarı yöresine ait Maestro-F1 ve 52.2 µmol TE/100g ile Konya'dan temin edilen Maestro-F1 çeşidi izlemiştir.

2003 yılında Beypazarı yöresinde, Bolero çeşidi en düşük (33.6 µmol TE/100g) ve Maestro-F1 çeşidi en yüksek antioksidan aktivite düzeyi ile (52.7 µmol TE/100g) Nanco ve Presto-F1 çeşitlerinden farklılık göstermektedir ($p<0.01$). Burdur yöresinde sırasıyla 45.6 ve 42.4 µmol TE/100g antioksidan aktiviteye sahip Nanco ve Tito çeşitleri, sırasıyla 29.2 ve 32.6 µmol TE/100g TEAC değerlerine sahip olan PS-F1 ve PS-Almaro çeşitlerinden farklıdır ($p<0.01$). Konya yöresinde ise en düşük antioksidan aktiviteye sahip olan (27.4 µmol TE/100g) Nantindo çeşidi yörenin diğer 2 çeşidinden farklılık göstermektedir ($p<0.01$).

2004 yılında Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerine ait havuçlarda ortalama antioksidan aktivite düzeyleri sırasıyla 53.3, 69.9 ve 59.6 µmol TE/100g olarak belirlenmiştir. Burdur yöresinden temin edilen PS-F1 çeşidi en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olup (86.6 µmol TE/100g) bunu sırasıyla 85.6 ve 83.2 µmol TE/100g TEAC değerleri ile Konya yöresi ve Beypazarı yöresi Maestro-F1 çeşitleri izlemiştir. Aynı yıl, 83.2 µmol TE/100g TEAC değerine sahip olan Beypazarı yöresine ait Maestro-F1 çeşidi yüksek antioksidan içeriğiyle bu yörenin diğer 3 çeşidinden farklılık göstermektedir ($p<0.01$).

2004 yılında, Burdur yöresinde sırasıyla 55.3 ve 55.4 µmol TE/100g antioksidan aktiviteye sahip Nanco ve PS-Almaro çeşitleri, sırasıyla 86.6 ve 82.6 µmol TE/100g TEAC değerlerine sahip olan PS-F1 ve Tito çeşitlerinden önemli düzeyde farklıdır ($p<0.01$). Konya'da ise en yüksek TEAC değerine sahip olan (85.6 µmol TE/100g) Maestro-F1 çeşidi, yörenin diğer çeşitlerinden önemli düzeyde farklılık göstermektedir ($p<0.01$).

2003 ve 2004 yıllarında temin edilen tüm havuç çeşitleri dikkate alındığında, TEAC yöntemine göre havuçlarda belirlenen antioksidan aktivite düzeylerinin 25.9–86.6 µmol TE/100g arasında değişim gösterdiği saptanmıştır.

Meyvelerde bulunan bazı spesifik antioksidan bileşiklerin (C vitamini, flavonoidler gibi) antioksidan aktivitesi üzerine çalışmalar bulunmakla birlikte (Kanner *et al*. 1994, Wang *et al*. 1996, Heinonen *et al*. 1998, Kalt *et al*. 1999, Connor *et al*. 2002, Leong and Shui 2002), sebzelerdeki antioksidan bileşikler ve toplam antioksidan aktivite konusunda çok az sayıda yayın bulunmaktadır (Cao *et al*. 1996, Ou *et al*. 2002, Szeto *et al*. 2002). Nitekim havuçların antioksidan aktivitesine ilişkin çalışmalar da sınırlı düzeyde olup elde edilen sonuçlar kullanılan yöntemlerin farklı olması nedeniyle birbiriyle karşılaştırılabilir nitelikte değildir. Bununla birlikte, bir fikir vermesi bakımından literatürde rastlanılan farklı yöntemlere ilişkin veriler aşağıda verilmektedir.

Kendall (2006), havuçta ABTS radikal katyonu yakalama aktivitesinin kuru ağırlıkta 3.1–7.2 µmol troloks eşdeğeri/g arasında değiştiğini bildirmektedir. Nitekim, bu araştırmada üç farklı yöreden elde edilen 9 havuç çeşidinde belirlenen antioksidan aktivite düzeyleri de Kendall (2006)'a ait sonuçlarla uyum göstermektedir.

Cao *et al*. (1996), 22 farklı sebzede antioksidan aktiviteyi belirlemek amacıyla farklı radikal üreticileri tarafından üretilen radikallere karşı gösterilen antioksidan aktiviteyi ölçme esasına dayanan ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) yöntemini kullanmıştır. Bu yönteme göre, havucun peroksil ve hidroksil radikalleri ile bakır iyonlarına karşı göstermiş olduğu toplam antioksidan aktiviteyi ifade eden antioksidan skoru 3.4 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada en yüksek antioksidan düzeyleri ise

sırasıyla 24.1 ve 23.2 antioksidan aktivite skoruna sahip olan yaprak lahana ve sarımsakta belirlenmiştir.

59 havuç örneği de dahil olmak üzere 927 sebzede ORAC ve FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) yöntemlerine göre belirlenen antioksidan düzeyleri arasında bir ilişki saptanamamıştır. Nitekim ORAC yöntemi peroksil radikali yakalama aktivitesini ifade ederken, FRAP sadece Fe (III) iyonunu indirgeme aktivitesini ölçmektedir. Dolayısıyla zincir kırıcı antioksidanların aktivitesi ile ilişkili olan ORAC sonuçlarının antioksidan aktiviteyi belirlemede daha duyarlı olduğu belirtilmiş olup bu yönteme göre havuçlarda belirlenen ORAC değerinin yaklaşık 60 µmol Troloks eşdeğeri/g olduğu bildirilmektedir (Ou *et al*. 2002).

Öte yandan Kaur and Kapoor (2002), β-karoten ağartma yöntemi ile % 67 düzeyinde antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirledikleri havucu orta düzeyde antioksidan aktiviteye sahip sebzeler grubunda sınıflandırmışlardır.

Gębczyński (2006), DPPH (1,1-difenil-2-pikril-hidrazil hidrokinon) radikalini yakalama özelliğini ölçmeye dayanan DPPH yöntemine göre radikal yakalama aktivitesinin havuçta % 19.4 olduğunu bildirmekte iken Puupponen-Pimiä *et al*. (2003), havuçlarda DPPH indeksinin 18–29 arasında değiştiğini ifade etmektedirler.

4.7 Havuçlarda Antioksidan Aktivitenin Yörelere Göre Değişimi

Antioksidan aktivite bakımından yöreler, ortak çeşitler olan Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitleri esas alınarak karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.9).

Beypazarı, Burdur ve Konya'dan 2003 yılında hasat edilen Nanco çeşidi havuçlarda antioksidan aktivite 40.6–59.5 µmol TE/100 g arasında değişmekteyken, 2004 yılına ait antioksidan aktivite düzeyleri 46.2–55.3 µmol TE/100 g arasında değişmektedir. 2003 yılında en yüksek TEAC değerine sahip olan Konya yöresine ait Nanco çeşidi (59.5 µmol TE/100 g), antioksidan aktivite açısından Beypazarı ve Burdur yörelerine ait Nanco çeşitlerinden farklılık göstermektedir ($p<0.01$). Konya yöresine ait Nanco çeşidi, 2003 yılındaki yüksek TEAC değerinin aksine, 2004 yılında bu kez en düşük TEAC

değerine (46.2 µmol TE/100 g) sahip Nanco çeşidi olmuştur. Bununla birlikte, 2004 yılında antioksidan aktivite bakımından yöreler arasında istatistik açıdan önemli bir farklılık saptanmamıştır. Nanco çeşidinde antioksidan aktivite açısından yıllar arasındaki değişime bakıldığında ise, Beypazarı ve Burdur yörelerinde önemli bir farklılık görülmemişken, Konya yöresinde 2003 ve 2004 yılları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.9 Nanco ve Maestro-F1 havuç çeşitlerinde antioksidan aktivitenin yörelere göre değişimi [a,b,c]

		Antioksidan aktivite (µmol TE/100 g)	
Çeşit	**Yöre**	**2003**	**2004**
Nanco	Beypazarı	40.6 ± 1.33bA	48.9 ± 3.53aA
	Burdur	45.6 ± 1.88bA	55.3 ± 0.95aA
	Konya	59.5 ± 5.24aA	46.2 ± 4.79aB
	Min.	40.6	46.2
	Max.	59.5	55.3
	Ort.	48.6 ± 5.65	50.1 ± 2.69
Maestro-F1	Beypazarı	52.7 ± 1.07aB	83.2 ± 2.78aA
	Konya	52.2 ± 4.10aB	85.6 ± 1.64aA
	Min.	52.2	83.2
	Max.	52.7	85.6
	Ort.	52.5 ± 0.25	84.4 ± 1.20

[a] Ortalama ± standart hata.
[b] Her çeşit için aynı sütundaki farklı küçük harfler yöreler arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).
[c] Her çeşit için aynı satırdaki farklı büyük harfler yıllar arasındaki farkın önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.01$).

Öte yandan, 2003 ve 2004 yıllarında temin edilen Maestro-F1 havuç çeşitlerinde antioksidan aktivite bakımından Beypazarı ve Konya yöreleri arasında bir farklılık belirlenmemiştir. Buna karşılık, gerek Beypazarı'ndan gerekse Konya'dan temin edilen Maestro-F1 çeşitlerine ait antioksidan aktivite değerleri yıldan yıla farklılık göstermiştir ($p<0.01$). Maestro-F1 havuç çeşitlerinde 2004 yılı antioksidan aktivite düzeylerinin, 2003 yılına kıyasla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

4.8 Karotenoid Maddeler ve Antioksidan Aktivite Arasındaki İlişki

Havuçlarda antioksidan aktivite düzeyleri ile karotenoid madde miktarları arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek amacıyla korelasyon katsayıları hesaplanarak veriler istatistik açıdan değerlendirilmiştir. Kullanılan havuç çeşitleri esas alınarak antioksidan aktivite ile β-karoten, α-karoten, lutein ve toplam karotenoid miktarları arasındaki ilişkileri tanımlayan korelasyon katsayıları (r) Çizelge 4.10'da görülmektedir. Nantindo dışındaki çeşitlerde antioksidan aktivite ile β-karoten ve α-karoten miktarları arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır. Tito, Maestro-F1 ve Nantindo çeşitlerinde ise TEAC değerleri ile toplam karotenoid miktarları arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. Ayrıca, havuçtaki toplam karotenoidin yalnızca % 0.7'sini oluşturmakla birlikte lutein ve TEAC arasında da PS-F1, PS-Almaro, Tito ve Nantindo çeşitlerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bir ilişki saptanmıştır.

Çizelge 4.10 Antioksidan aktivite ve karotenoid madde miktarları arasındaki ilişki

Çeşit	Korelasyon katsayısı (r)			
	TEAC-β-karoten	**TEAC-α-karoten**	**TEAC-Toplam karotenoid**	**TEAC-Lutein**
PS-F1	–	–	–	0.99**
Nanco	–	–	–	–
PS-Almaro	–	–	–	0.99**
Tito	–	–	0.97**	0.99**
Maestro-F1	–	–	0.61*	–
Bolero	–	–	–	–
Presto-F1	–	–	–	–
Nantindo	0.95**	0.96**	0.95**	0.92**

* $p<0.05$ düzeyinde önemli.
** $p<0.01$ düzeyinde önemli.

4.9 Depolamanın Havuçlardaki Karotenoid Maddeler ve Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Havuçlar hasattan tüketiciye ulaşana kadar geçen sürede soğuk depolarda muhafaza edildiği için, bu depolama sürecinde gerek karotenoid maddelerde ve gerekse antioksidan akvitede meydana gelen değişimin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Bu

amaçla, Beypazarı yöresinden temin edilen Maestro-F1 havuç çeşidi, havuçlar için önerilen depolama koşulu olan 0 °C'de ve % 93–98 bağıl neme sahip soğuk depoda 6 ay süre ile muhafaza edilmiştir. 1 ay aralıklarla alınan örneklerde suda çözünür kuru madde (°Bx), pH ve titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11'deki verilere göre, havuçta suda çözünür kurumadde miktarı depolamanın ilk 3 ayında önemli bir değişim göstermemiş ancak 4. aydan itibaren azalmaya başlamıştır. Depolama başlangıcında 9.64 olarak belirlenen suda çözünür kuru madde miktarı, 6 ay depolama sonunda 8.65'e düşmüştür. Nitekim, Svanberg and Nyman (1997) da 0 °C'de ve % 93–98 bağıl nemde depolanan havuçlarda kuru maddede bir azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Kuru maddede meydana gelen bu azalmada, depolama sırasında solunum olayının devam etmesi nedeniyle havucun yapısında bulunan depo maddelerinin harcanmış olmasının etkili olabileceği düşünülmektedir (Ağaoğlu vd. 1997).

Çizelge 4.11 Havuçta bazı analitik özelliklerin depolama sırasındaki değişimi[a]

Ay	°Bx	pH	Titrasyon asitliği (g/L)[b]
0	9.64 ± 0.05a	6.59 ± 0.05b	0.44 ± 0.02d
1	9.30 ± 0.06a	6.79 ± 0.02a	0.40 ± 0.02d
2	9.48 ± 0.36a	6.71 ± 0.07a	0.46 ± 0.01d
3	9.40 ± 0.06a	6.42 ± 0.06b	0.54 ± 0.04c
4	8.36 ± 0.01b	6.70 ± 0.02a	0.42 ± 0.02d
5	8.52 ± 0.16b	6.07 ± 0.04c	0.81 ± 0.01a
6	8.65 ± 0.13b	6.09 ± 0.06c	0.75 ± 0.01b

[a] Aynı sütundaki farklı harfler aylar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmektedir ($p<0.05$).
[b] Susuz sitrik asit cinsinden.

6 aylık depolama sürecinde havuçta pH değeri 6.59'den 6.09'a azalırken, titrasyon asitliği 0.44 g/L'den 0.75 g/L'ye yükselmiştir. Titrasyon asitliğinde meydana gelen bu artışın depolama sırasında mikrobiyel faaliyet gelişimi (Piga *et al*. 2003) veya havuçta bulunan pektinin parçalanması sonucunda oluşabileceği düşünülmektedir. Nitekim, pektinin parçalanması ile galaktronik asit ve asetik asit gibi asitlerin oluştuğu ve

titrasyon asitliğinde % 10 düzeyinde bir artış meydana geldiği aktarılmaktadır (Ekşi vd. 1997).

Havucun CIE-Lab renk parametrelerinde meydana gelen değişimler ise Çizelge 4.12'de görülmektedir. Elde edilen verilere göre, renk tonunu ifade eden h (hue) değerinin 6 ay boyunca önemli ölçüde değişmediği görülmektedir. Buna karşılık kırmızı rengi ifade eden +a değeri depolama süresi artışına bağlı olarak azalma göstermektedir. Sarı rengi ifade eden +b ve rengin yoğunluğunu ifade eden C (kroma) değerlerinde ise 5. ayda önemli bir azalma gözlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sırasında havuçta bulunan karotenoid maddeler ve renk parametreleri arasında ise istatistik açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır.

Çizelge 4.12 Havuçta depolama süresince renk değişimi [a,b]

	CIE-Lab değerleri				
Ay	**L**	**a**	**b**	**C**	**h**
0	48.45 ± 0.26a	29.34 ± 0.40a	37.81 ± 0.44a	43.33 ± 0.32a	61.10 ± 0.12a
1	48.36 ± 0.28a	20.95 ± 0.06b	37.25 ± 0.29a	43.17 ± 0.28a	60.70 ± 0.12a
2	47.98 ± 0.39ab	20.68 ± 0.48b	36.91 ± 0.31a	42.31 ± 0.46a	60.43 ± 0.29a
3	48.19 ± 0.32ab	20.74 ± 0.24b	36.97 ± 0.39a	42.38 ± 0.43a	60.87 ± 0.24a
4	48.09 ± 0.29ab	20.75 ± 0.21b	37.05 ± 0.20a	42.47 ± 0.28a	61.13 ± 0.26a
5	46.26 ± 0.23c	18.39 ± 0.25c	32.67 ± 0.61b	37.49 ± 0.64c	60.67 ± 0.27a
6	47.24 ± 0.33bc	19.81 ± 0.46b	34.25 ± 0.88b	39.61 ± 1.03b	60.10 ± 0.21a

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Aynı sütundaki farklı harfler üzerinde durulan özellik bakımından aylar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).

Sulaeman *et al*. (2003), 0-1 °C'de 5 ay süre ile depolanan havuç cipslerinde L, a, b ve h renk parametrelerinin değişmediğini bildirmektedir. Tang and Chen (2000) ise, dondurarak kurutulmuş karotenoid tozunda 4°, 25° ve 45 °C sıcaklıklarda depolamanın Hunter a değerini değiştirmediğini buna karşılık depolama süresi ve sıcaklık artışına bağlı olarak L ve b değerlerinde azalmaya neden olduğunu bildirmektedir.

Havuçta depolamanın karotenoid maddeler, antioksidan aktivite ve A vitamini düzeyleri üzerine etkisi ise Çizelge 4.13'de verilmektedir. Depolama sırasında havuçta bulunan β-karoten, α-karoten ve toplam karotenoid miktarlarında 6 ay boyunca önemli bir değişim olmadığı görülmektedir. Buna karşılık lutein miktarı depolama sırasında önemli ölçüde ($p<0.05$) azalmıştır. Ayrıca, 6 ay soğukta depolamanın havuçta A vitamini aktivitesini de etkilemediği belirlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.13 Havuçta depolama süresince karotenoid maddeler ve antioksidan aktivite değişimi [a,b]

Ay	Karotenoidler (mg/kg)				TEAC (µmol TE/100 g)	RAE[c]
	β-karoten	α-karoten	Lutein	Toplam karotenoid		
0	62.18 ± 4.43a	24.78 ± 1.79a	0.40 ± 0.02a	87.36 ± 3.99a	52.7 ± 1.07b	622 ± 35a
1	65.95 ± 1.21a	24.52 ± 1.28a	0.38 ± 0.005a	90.85 ± 2.13a	59.7 ± 4.38a	652 ± 14a
2	63.71 ± 5.48a	25.04 ± 1.92a	0.39 ± 0.006a	89.15 ± 7.39a	55.1 ± 10.8b	634 ± 54a
3	62.05 ± 3.22a	24.54 ± 0.66a	0.36 ± 0.02ab	86.95 ± 3.88a	43.8 ± 8.98c	620 ± 30a
4	61.59 ± 5.02a	24.16 ± 3.51a	0.31 ± 0.02bc	86.06 ± 4.28a	36.2 ± 2.03d	614 ± 36a
5	67.14 ± 7.76a	24.45 ± 2.76a	0.27 ± 0.02c	91.85 ± 10.49a	38.3 ± 1.97d	662 ± 76a
6	77.24 ± 2.26a	24.56 ± 1.07a	0.25 ± 0.03c	102.05 ± 1.85a	36.4 ± 2.75d	746 ± 17a

[a] Ortalama ± standart hata (n=3).
[b] Aynı sütundaki farklı harfler üzerinde durulan özellik bakımından aylar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.05$).
[c] Retinol aktivite eşdeğeri (µg/100 g) = (µg β-karoten/12) + (µg α-karoten/24).

Kidmose *et al*. (2004), 1 °C'de % 98 bağıl nemde veya –24 °C'de dondurarak depolamanın β-karoten ve α-karoten içeriği üzerine etkisinin olmadığını bildirmektedir. Benzer şekilde Park (1987), Kopas-Lane and Warthesen (1995) ve Kidmose and Martens (1999) de soğukta ve dondurarak depolamanın, havuç karotenoidleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını belirtmektedirler. Ayrıca, 4 °C'de 6 ay depolanan havuçlarda da β-karoten içeriği değişim göstermemiştir (Howard *et al*. 1999). Buna karşılık, kırmızı renkli Kintoki havuçlarında 1 °C'de % 97 bağıl nemde 2 ay süreyle depolama, toplam karotenoid içeriğinde % 30'luk bir azalmaya neden olurken, likopen içeriğinde % 60 ve β-karoten içeriğinde % 20'lik bir azalmaya neden olmuştur (Mayer-Miebach and Spieß 2003). Havuç suyunda ise 0 °C'de 9 ay depolamanın β-karoten miktarı üzerine etkili olmadığı bildirilmektedir (Saldana *et al*. 1976). Chen *et al*. (1996)

ise, 4°, 25° ve 35 °C'de 3 ay depolananan havuç suyunda depolama sıcaklığı artışına bağlı olarak karotenoid miktarlarının ve A vitamininin azaldığını bildirmektedir. Buna karşılık, oda sıcaklığında 3 ay depolanan bal kabaklarında β-karoten miktarının arttığı bildirilmektedir. Bu değişim kabakta et renginin depolama sırasında daha koyu sarıya ve kırmızıya dönmesiyle açıklanmıştır. Bütün haldeki bal kabağının oda sıcaklığında 3 ay depolanabileceği bildirilmiştir (Chavasit *et al*. 2002).

Havucun antioksidan aktivitesi üzerine depolamanın etkisine bakıldığında ise, depolama başlangıcında 52.7 µmol TE/100 g olarak belirlenen TEAC değerinin depolamanın 3. ayından itibaren azalmaya başladığı ve 6 aylık depolama sonunda % 31 azalarak 36.4 µmol TE/100 g düzeyine düştüğü görülmektedir.

Sebzelerde antioksidan aktivite düzeyi üzerine yapılmış önceki çalışmalarda daha çok taze ve işlenmemiş sebzeler kullanılmış olup (Cao *et al*. 1996), depolama sırasında antioksidan aktivitede meydana gelen değişime ilişkin çalışmalar sınırlıdır (Hunter and Fletcher 2002).

Havuç ekstraktı karanlıkta 5° ve 25 °C'de 15 gün depolandığında (% 95 O_2 + % 5 CO_2) antioksidan aktivitede önemli bir değişim olmadığı belirlenmiştir (Arabshahi-D *et al*. 2005). Ispanakta antioksidan aktivite düzeyinin 4 ° ve 20 °C'de depolama sonrasında azaldığı bildirilmektedir. Buna karşılık haşlandıktan sonra -30 °C'de dondurulan ve -20 °C'de depolanan ıspanakta antioksidan aktivitenin haşlama sırasında % 50 düzeyinde azaldığı ve daha sonraki depolama süresince sabit kaldığı belirlenmiştir. Bezelyelerde ise hasat sonrası 4 ° ve 20 °C'de 7 gün süre ile depolama sonrasında antioksidan aktivitede önemli bir farklılık görülmemiştir. Bezelye ve ıspanakta yağda çözünebilen antioksidan aktivite düzeyleri 4 ° ve 20 °C'de 21 gün depolama süresince sabit kalmıştır (Hunter and Fletcher 2002).

Sonuç olarak, optimum depolama koşullarında 6 ay depolamanın karotenoid dağılımını büyük ölçüde etkilemediği buna karşılık antioksidan aktivitede bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Bunun, havuçta bulunan ve antioksidan özelliğe sahip olan fenolik bileşikler ve C vitamini gibi diğer biyoaktif bileşiklerden (Cao *et al*. 1996,

Alasalvar *et al*. 2001, Zhang and Hamauzu 2004b) kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim havuçlarda çoğunluğu antioksidan özelliğe sahip olduğu bildirilen klorojenik asit ve dikafeoylkuinik asitten oluşmak üzere (Zhang and Hamauzu 2004b) yaklaşık 162.1 mg/kg düzeyinde toplam fenolik (Sarkar and Phan 1979) ve 28.0–53.3 mg/kg düzeyinde C vitamini bulunduğu belirtilmektedir (Favell 1998, Alasalvar *et al*. 2001).

5. SONUÇLAR

Bu araştırmada Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerinden 2003 ve 2004 yıllarında temin edilen 9 farklı havuç çeşidinde karotenoid madde dağılımı ve antioksidan aktivite düzeyleri belirlenmiştir. Buna ilaveten, havuç için önerilen optimum depolama koşulunda karotenoid maddeler ve antioksidan aktivitede meydana gelen değişimler incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmektedir:

1. 2003 yılına ait havuçlarda briks derecesi 8.20–11.01 (ortalama 9.24) arasında değişmekte iken 2004 yılında hasat edilen havuçlarda 6.87–10.60 (ortalama 8.79) arasında değişim göstermiştir. 2003 yılında en yüksek briks derecesi (11.01) Beypazarı yöresine ait Bolero çeşidinde, en düşük briks derecesi ise Burdur yöresine ait PS-Almaro çeşidinde (8.20) belirlenmiştir. 2004 yılında suda çözünür kuru madde açısından en yüksek değerlere sahip havuçların (9.20–10.60) Burdur yöresine ait çeşitler olduğu dikkat çekmektedir.

2. 2003 yılına ait havuçlarda pH değeri 6.04–6.82 (ortalama 6.46) ve titrasyon asitliği 0.13–0.60 g/L (ortalama 0.41 g/L) arasında değişirken, 2004 yılına ait havuçlarda bu değerler sırasıyla 6.11–6.41 (ortalama 6.26) ve 0.33–0.62 g/L (ortalama 0.45 g/L) arasında değişmektedir. Her iki yılda da Beypazarı yöresine ait Bolero çeşidi tüm çeşitler arasında en düşük asitliğe (2003 yılında 0.13 g/L, 2004 yılında 0.33 g/L) sahip olan çeşit olmuştur.

3. Beypazarı, Burdur ve Konya yörelerinden 2003 ve 2004 yıllarında temin edilen havuç çeşitlerinde HPLC ile belirlenen başlıca karotenoidler β-karoten, α-karoten ve luteindir. Havuçlarda bulunan toplam karotenoidin yaklaşık % 71'ini β-karoten, % 28'ini α-karoten ve % 0.7'sini de lutein oluşturmakta olup β-karoten miktarı 41.60–71.62 mg/kg, α-karoten 13.44–30.11 mg/kg ve lutein miktarı 0.02–1.44 mg/kg arasında değişim göstermiştir.

4. Yıllara göre karotenoidlerdeki değişime bakıldığında, Beypazarı yöresinde Maestro-F1 çeşidi hariç diğer çeşitlerde, Konya yöresinde ise tüm çeşitlerde β-karoten miktarının, Burdur yöresinde ise sadece α-karoten ve lutein miktarlarının yıldan yıla farklılık gösterdiği görülmektedir ($p<0.01$). Buna karşılık, Burdur yöresinde β-karoten ve toplam karotenoid açısından yıllar arasında istatistik olarak önemli bir farklılık saptanmamıştır.

5. Yörelere göre karotenoidlerin değişimi incelendiğinde, her iki yılda da Konya yöresine ait Nanco havuç çeşidinin daha düşük β-karoten, α-karoten ve toplam karotenoid düzeyleri ile Beypazarı ve Burdur yörelerinden temin edilen Nanco çeşitlerinden farklılık gösterdiği görülmektedir ($p<0.01$). Nanco çeşidindeki lutein miktarları ise her 3 yörede de birbirinden farklılık göstermektedir ($p<0.01$). Maestro-F1 çeşidinin temin edildiği yöreler karşılaştırıldığında; Beypazarı yöresinden temin edilen havuçların Konya yöresinden temin edilenlere kıyasla daha yüksek karotenoid içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Beypazarı yöresinden temin edilen Nanco ve Maestro-F1 çeşitlerinin her 2 yılda da en yüksek toplam karotenoid düzeylerine sahip olduğu dikkat çekmektedir**.** Elde edilen bu bulgular, farklı yörelerden temin edilen havuçlarda karotenoid miktarlarının değişim gösterdiğini bildiren çalışmaları destekler niteliktedir (Simon and Wolff 1987, Kidmose *et al*. 2004).

6. 2003 ve 2004 yıllarında Beypazarı yöresinden temin edilen havuçların ortalama değerler açısından en yüksek; buna karşılık Konya yöresine ait havuçların ise en düşük A vitamini aktivitesine sahip havuçlar olduğu belirlenmiştir. 2003 yılında Beypazarı yöresinde 102.02 mg/kg toplam karotenoid içeren Bolero havuç çeşidi tüm çeşitler arasında en yüksek A vitamini aktivitesine sahip (723 µg RAE/100g) çeşit olmuştur. 2004 yılında ise en yüksek A vitamini aktivitesi (679 µg RAE/100g) Konya yöresinden alınan Nantindo çeşidinde belirlenmiştir. Konya yöresinden temin edilen havuçlar diğer yörelere göre en düşük A vitamini aktivitesi değerlerine sahip olmakla birlikte, 2004 yılında (571 µg RAE/100g), 2003 yılına kıyasla (435 µg RAE/100g) bir artış olduğu gözlenmektedir.

7. Beypazarı, Burdur ve Konya'dan 2 yıl süreyle temin edilen havuç çeşitlerinde A vitamini aktivitesi düzeylerinin 418-723 µg RAE/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Havuçlarda ortalama A vitamini aktivitesi düzeyi ise 570 µg RAE/100 g olup bu değer, kadınlarda 700 µg, erkeklerde 900 µg ve çocuklarda ise 350 µg olarak önerilen günlük A vitamini ihtiyacının sırasıyla % 81'ini, % 63'ünü ve % 163'ünü karşılamaktadır.

8. 2003 yılında havuçlarda belirlenen antioksidan aktivite (TEAC) değerleri 27.4–59.5 µmol TE/100 g (ortalama 41.7 µmol TE/100 g) arasında değişmekte iken, 2004 yılında 25.9–86.6 µmol TE/100 g (ortalama 61.1 µmol TE/100 g) arasında değişmektedir. Havuçlarda antioksidan aktivitenin yıldan yıla önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir ($p<0.01$).

9. Antioksidan aktivite bakımından yörelerin karşılaştırılmasında Nanco ve Maestro-F1 çeşitleri esas alınmıştır. 2003 yılında en yüksek TEAC değeri (59.5 µmol TE/100 g) ile Beypazarı ve Burdur yörelerinden farklılık gösteren ($p<0.01$) Konya yöresine ait Nanco çeşidi, 2004 yılında en düşük TEAC değerine (46.2 µmol TE/100 g) sahip olan çeşit olmuştur. Ancak, 2004 yılında Nanco çeşidinin temin edildiği bu 3 yöre arasında antioksidan aktivite bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır ($p<0.01$). Öte yandan, 2003 ve 2004 yıllarında Maestro-F1 çeşidinin temin edildiği yöreler olan Beypazarı ve Konya yöreleri arasında istatistik açıdan önemli bir farklılık bulunmamakla birlikte her 2 yörede de bu çeşide ait antioksidan aktivite düzeylerinin 2004 yılında 2003 yılına kıyasla daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

10. Antioksidan aktivite ile karotenoidler arasındaki ilişkiye bakıldığında, Nantindo çeşidi dışındaki diğer çeşitlerde antioksidan aktivite ile β-karoten ve α-karoten miktarları arasında önemli bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Tito, Maestro-F1 ve Nantindo çeşitlerinde ise TEAC değerleri ile toplam karotenoid miktarları arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. Ayrıca havuçta % 0.7 gibi çok düşük düzeylerde bulunmasına rağmen PS-F1, PS-Almaro, Tito ve Nantindo çeşitlerinde lutein miktarı ile TEAC değerleri arasındaki ilişki önemli bulunmuştur.

11. 0 °C'de ve % 93-98 bağıl neme sahip soğuk depoda 6 ay süre ile depolanan havuçlarda β-karoten, α-karoten ve toplam karotenoid içeriğinde istatistik açıdan önemli bir değişim meydana gelmemiş ancak lutein miktarı azalmıştır. Ayrıca, depolama başlangıcında 52.7 μmol TE/100 g olarak belirlenen antioksidan aktivite düzeyi de % 31 oranında azalarak 36.4 μmol TE/100 g düzeyine düşmüştür. Her ne kadar depolama sırasında lutein miktarında bir azalma belirlenmiş olsa da havuçta bulunan lutein miktarının çok düşük düzeylerde olduğu dikkate alınırsa antioksidan aktiviteyi çok fazla etkilemeyeceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, soğuk depo koşullarında depolama sırasında antioksidan aktivitede meydana gelen azalmanın lutein dışında; havuçta bulunan ve antioksidan aktiveye sahip diğer bileşenlerden (fenolik bileşikler, C vitamini gibi) kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Anonymous. 1951. Methods of vitamin assay. The Association of Vitamin Chemists Inc. Interscience publishers, 301 p., New York.

Abushita, A.A., Daood, H.G. and Biacs, P.A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 2075–2081

Ağacık, H. 1989. Cezeriye üretim teknolojisi üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, 70 s., Ankara.

Ağaoğlu, Y.S., Çelik, H. Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, A.İ. ve Yanmaz, R. 1997. Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:4, 369 s., Ankara.

Alasalvar, C., Grigor, J.M., Zhang, D., Quantick, P.C. and Shahidi, F. 2001. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 1410–1416.

Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P.C., Shahidi, F. and Wiktorowicz, R. 2005. Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. Food Chemistry, 89, 69–76.

Arabshahi-D, S., Devi, D.V. and Urooj, A. 2007. Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. Food Chemistry, 100, 1100–1105.

Arya, S.S., Natesan, V., Parihar, D.B. and Vijayaraghavan, P.K. 1979. Stability of carotenoids in dehydrated carrots. Journal of Food Technology, 14, 579–586.

Astorg, P. 1997. Food carotenoids and cancer prevention: An overview of current research. Trends in Food Science and Technology, 8, 406–413.

Babic, I., Amiot, M.J., Nguyen-The, C. and Aubert, S. 1993. Changes in phenolic content in fresh ready-to-use shredded carrots during storage. Journal of Food Science, 58, 351–356.

Baloch, A.K., Buckle, K.A. and Edwards, R.A. 1987. Effect of sulphur dioxide and blanching on the stability of the carotenoids of dehydrated carrots. Journal of the Science and Agriculture, 40, 179–187.

Bao, B. and Chang, K.C. 1994. Carrot juice color, carotenoids and nonstarchy polysaccharides as affected by processing conditions. Journal of Food Science, 59, 1155–1158.

Basu H.N., Del Vecchio A.J., Flider F. and Orthoefer F.T. 2001. Nutritional and potential disease prevention properties of carotenoids. Journal of the American Oil Chemistry Society, 78, 665–675.

Bernstein, P.S. 2002. New insights into the role of the macular carotenoids in age-related macular degenaration. Resonance Raman studies. Pure and Applied Chemistry, 74, 1419–1425.

Bohm, V., Putpitasarı-Nienaber, N.L., Ferruzzi, M.G. and Schwartz, S.J. 2002. Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α-carotene, β-carotene, lycopene and zeaxanthin. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 221–226.

Brasitus, T.A. 1983. Parasites and malabsorption. Clinical Gastroenterology, 12, 495–510.

Britton, G. 1992. Carotenoids, In: Natural Food Colorants. Hendry, G.A.F. and Houghton, J.D. (eds), Blackie and Sons Ltd., pp. 141–182, New York.

Britton, G. 1995. Structure and properties of carotenoids in relation to function. FASEB Journal, 9, 1551–158.

Bureau, J. and Bushway, R.J. 1986. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United States. Journal of Food Science, 51, 128–130.

Bushway, R.J. and Wilson, A.M. 1982. Determinations of α- and β-carotene in fruit and vegetables by high-performance liquid chromatography. Canadian Instıtute of Food Science and Technology Journal, 15, 165–169.

Bushway, R.J. 1986. Determination of α- and β-carotene in some raw fruits and vegetables by high-performance liquid chromatography. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 34, 409–412.

Cao, G., Sofic, E. and Prior, R.L. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44, 3426–3431.

Castenmiller, J.J.M. and West, C.E. 1997. Bioavailability of carotenoids. Pure and Applied Chemistry, 69, 2145–2150.

Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A. and Özkan, M. 2001. Meyve ve sebzelerin bileşimi Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları: 24, 328 s., Ankara.

Chandler, L.A. and Schwartz, S.J. 1987. HPLC seperation of *cis-trans* carotene isomers in fresh and processed fruits and vegetables. Journal of Food Science, 52, 669–672.

Chandler, L.A. and Schwartz, S.J. 1988. Isomerization and losses of trans-β-carotene in sweet potatoes as affected by processing treatments. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36, 129–133.

Chavasit, V., Pisaphab, R., Sungpuag, P., Jittinandana, S. and Wasantwisut, E. 2002. Changes in β-carotene and vitamin A contents of vitamin A-rich foods in Thailand during preservation and storage. Journal of Food Science, 67, 375–379.

Chen, B.H., Peng, H.Y. and Chen, H.E. 1995. Changes of carotenoids, color, and vitamin A contents during processing of carrot juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 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 Chemistry, 57, 497–503.

Connor, A.M., Luby, J.J., Hancock, J.F., Berkheimer, S. and Hanson, E.J. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 893–898.

Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V. and Agabbio, M. 2004. Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. Food Chemistry, 84, 99–105.

Deming, D.M. and Erdman, J.W. 1999. Mammalian carotenoid absorption and metabolism. Pure and Applied Chemistry, 71, 2213–2223.

Desobry, S.A., Netto, F. M. and Labuza, T. P. 1998. Preservation of β-carotene from carrots. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38, 381–396.

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. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 3010–3014.

Dietmar, E.B. and Bamedi, A. 2001. Carotenoid esters in vegetables and fruits: A screening with emphasis on β-cryptoxanthin esters. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 2064–2067.

Dietz, J.M. and Gould, W.A. 1986. Effect of process stage and storage on retention of β-carotene in tomato juice. Journal of Food Science, 51, 847–848.

Di Mascio, P., Murphy, M.E. and Sies, H. 1991. Antioxidant defence system: the role of carotenoids, tocopherols and thiols. American Journal of Clinical Nutrition, 53, 194S-200S.

Dimitrov, N.V., Meyer, C., Ullrey, E., Chenoweth, W., Michelakis, A., Malone, W., Boone , C. and Fink, G. 1988. Bioavailability of β-carotene in humans. American Journal of Clinical Nutrition, 48, 298–304.

Duthie, G.G., Wahle, K.W.J. and James, W.P.T. 1989. Oxidants, antioxidants and cardiovascular disease. Nutrition Research Reviews, 2, 51–62.

Dutta, D., Chaudhuri, U.R. and Chakraborty, R. 2005. Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. African Journal of Biotechnology, 4, 1510–1520.

Edwards, C.G. and Lee, C.Y. 1986. Measurement of provitamin A carotenoids in fresh and canned carrots and green peas. Journal of Food Science, 51, 534–535.

Eheart, M.S. and Gott, C. 1964. Conventional and microwave cooking of vegetables. Journal of the American Dietetic Association, 44, 116–119.

Ekşi, A., Velioğlu, S. and Karadeniz, F. 1997. The effect of pomace liquefaction on apple juice yield and chemical composition. Fruit Processing, 12, 466–469.

Ezell, B.D. and Wilcox, M.S. 1952. Influence of storage temperature on carotene, total carotenoids and ascorbic acid content of sweet potatoes. Plant Physiology, 27, 81–94.

Favell, D.J.A. 1998. A comparison of the vitamin C content of fresh and frozen vegetables. Food Chemistry, 62, 59–64.

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. Analytical Chemistry, 256, 74–81.

Fisher, J.F. and Rouseff, R.L. 1986. Solid phase extraction and HPLC determinations of β-cryptoxanthin and α- and β-carotene in orange juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 34, 985–989.

Furr, H.C. and Clark, R.M. 1997. Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. Journal of Nutritional Biochemistry, 8, 364-–377.

Gärtner, C., Stahl, W. and Sies, H. 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. American Journal of Clinical Nutrition, 66, 116–122.

Gazzani, G., Papetti, A., Massolini, G. and Daglia, M. 1998. Antioxidative and pro-oxidant activity of water soluble components of some common diet vegetables and the effect of thermal treatment. Journal of Food Chemistry, 6, 4118–4122.

Gębczyński, P. 2006. Content of selected antioxidative compounds in raw carrot and in frozen product prepared for consumption. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue3/art-03.html. Erişim tarihi: 15.06.2006.

Gebhardt, S.E. and Holden, J.M. 2006. Consequences of changes in the dietary reference intakes for nutrient databases. Journal of Food Composition and Analysis, 19, 91–95.

Granado, F., Olmedilla, B., Blanco, I. and Rojas-Hidalgo, E. 1992. Carotenoid composition in raw and cooked Spanish vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40, 2135–2140.

Gregory, J.F. 1996. Vitamins. In "Food Chemistry", O.R. Fennema (Ed). Chapter 8. pp: 531–616. Marcel Dekker Inc., New York.

Guerra-Vargas, M., Jaramilla-Flores, M.E., Dorantes-Alvarez, L. and Hernandez-Sanchez, H. 2001. Carotenoid retention in canned pickled Jalapeno peppers and carrots as effected by sodium chlorid, acetic acid and pasteurization. Journal of Food Science, 66, 620–626.

Hansen, S.L., Purup, S. and Christensen, L.P. 2003. Bioactivity of falcarinol and the influence of processing and storage on its content in carrots (*Daucus carota* L.). Journal of the Science and Agriculture, 83, 1010–1017.

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 Chemistry, 54, 101–111.

Heinonen, M.I., Ollilainen, V., Linkola, E.K., Varo, P.T. and Koivistoinen, P.E. 1989. Carotenoids in Finnish foods: Vegetables, fruits, and berries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37, 655–659.

Heinonen, M.I. 1990. Carotenoids and provitamin A activity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38, 609–612.

Heinonen, I. M., Meyer, A.S. and Frankel, E.N. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 4107–4112.

Howard, L.A., Wong, A.D., Perry, A.K. and Klein, B.P. 1999. β-carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. Journal of Food Science, 64, 929–936.

Hughes, D.A. 2000. Dietary antioxidants and human immune function. Nutrition Bulletin, 25, 35–41.

Hunter, K.J. and Fletcher, J.M. 2002. The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 3, 399–406.

Jayaprakasha, G.K., Singh, R.P. and Sakariah, K.K. 2001. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. Food Chemistry, 73, 285–290.

Johnson, L.E. 1995. Food technology of the antioxidant nutrients. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 35, 149–159.

Kalt W., Forney C.F., Martin, A. and Prior R.L. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4638–4644.

Kalt, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. Journal of Food Science, 70, 11–19.

Kanner, J., Frankel, E., Granit, R., German, B. and Kinsella, J.E. 1994. Natural antioxidants in grapes and wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42, 64–69.

Katayama, T., Nakayama, T.O.M., Lee, T.H. and Chichester, C.O. 1971. Carotenoid transformations in ripening apricots and peaches. Journal of Food Science, 36, 804–806.

Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2002. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. International Journal of Food Science and Technology, 37, 153–161.

Kendall, P.A. 2006. Enhancing the market competitiveness of Colorado vegetables. http://www. colostate.edu/Dept/AES/projs/637.html. Erişim tarihi: 12.06.2006.

Khachik, F. and Beecher, G. R. 1988. Separation and identification of carotenoids and carotenal fatty acid esters in some squash products by liquid chramorography. 1. Quantification of carotenoids and related esters by HPLC. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 36, 929–937.

Khachik, F., Beecher, G.R. and Goli, M.B. 1991. Separation, identification, and quantification of carotenoids in fruits, vegetables and human plasma by high performance liquid chromatography. Pure and Applied Chemistry, 63, 71–80.

Khachik, F., Goli, M.B., Beecher, G.R., Holden, J., Lusby, W.R., Tenorio, M.D. and Barrera, M.R. 1992. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution of major carotenoids constituents of tomatoes and several green vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40, 390–398.

Kidmose, U. and Martens, H.J. 1999. Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79, 1747–1753.

Kidmose, U., Hansen, S.L., Christensen, L.P., Edelenbos, M., Larsen, E. and Nørbæk, R. 2004. Effects of genotype, root size, storage and processing on bioactive compounds in organically grown carrots (*Daucus carota* L.). Journal of Food Science, 69, 388–394.

Kimura, M., Rodriguez-Amaya, D.B. and Yokoyama, S.M. 1991. Cultivar differences and geographic effects on the carotenoid composition and vitamin A value of papaya. Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie, 24, 415–418.

King, T.J., Khachik, F., Bortkiewicz, H., Fukushima, L.H., Morioka, S. and Bertram, J.S. 1997. Metabolites of dietary carotenoids as potential cancer preventive agents. Pure and Applied Chemistry, 69, 2135–2140.

Klein, B.P. and Perry, A.K. 1982. Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. Journal of Food Science, 47, 941–948.

Kobaek-Larsen, M., Christensen, L.P. and Vach W., Ritskes-Hoitinga, J. and Brandt, K. 2005. Inhibitory effects of feeding with carrots or (-)-falcarinol on development of azomethane-induced preneoplastic lesions in the rat colon. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 812–815.

Koca, N. ve Karadeniz, F. 2003. Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve antioksidan savunma sistemleri. Gıda Mühendisliği Dergisi, 16, 32–37.

Koca, N. ve Karadeniz, F. 2005. Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. Gıda, 30, 229–236.

Koca, N., Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. Journal of Food Engineering, 78, 449–455.

Konings, E.J.M. and Romans, H.H.S. 1997. Evaluation and validation of an LC method for the analysis of carotenoids in vegetables and fruit. Food Chemistry, 59, 599–603.

Kopas-Lane, L.M. and Warthesen, J.J. 1995. Carotenoid photostability in raw spinach and carrots during cold storage. Journal of Food Science, 60, 773–776.

Kopsell, D.A. and Kopsell, D.E. 2006. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. Trends in Plant Science, 11, 499–507.

Krinsky, N.I., Russet, M.D., Hendelman, G.J. and Snadderly, D.M. 1990. Structural and geometrical isomers of carotenoids in human plasma. Journal of Nutrition, 120, 1654–1661.

Krinsky, N.I. 1994. The biological properties of carotenoids. Pure and Applied Chemistry, 66, 1003–1010.

Kurilich, A.C., Tsau, G.J., Brown, A., Howard, L., Klein, B.P., Jeffery, E.H., Kushad, M., Wallig, M.A. and Juvik, J.A. 1999. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica Oleracea*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 1576–1581.

Lee, H.S. and Coates, G.A. 2003. Effect of thermal pasteurization on valencia orange juice color and pigments. Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie, 36, 153-156.

Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F. and Fogliano, V. 2000. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh comsumption tomatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 4723–4727.

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

Lin, T.M., Durance, T.D. and Scaman, C.H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. Food Research International, 31, 111–117.

Llorach, R., Espin, J.C., Tomas-Barberan, F.A. and Ferreres, F. 2002. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts as a potential source of health-promoting antioxidant phenolics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 3458–3464.

Lyn-Patrick, N.D. 2000. β-carotene: The controversy continues. Alternative Medicine Review, 5, 530–545.

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. Journal of the American Dietetic Association, 93, 284–296.

Martin, M.E., Sweeney, J.P., Gilpin, G.L. and Chapman, V.J. 1960. Factors effecting the ascorbic acid and carotene content of broccoli. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 8, 387-390.

Mayer-Miebach, E. and Spieβ, W.E.L. 2003. Influence of cold storage and blanching on the carotenoid content of *Kintoki* carrots. Journal of Food Engineering, 56, 211–213.

McKevith, B. 2005. A carrot a day to keep cancer away. Nutrition Bulletin, 30, 117–119.

Mercadante, A.Z., Britton, G. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1998. Carotenoids from yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 4102–4106.

Miki, W. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. Pure and Applied Chemistry, 63, 141–146.

Miller, N.J., Rice-Evans, C.A., Davies, M.J., Gopinathan, V. and Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clinical Science, 84, 407–412.

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

Minguez-Mosquera, M.I. and Hornero-Mendez, D. 1994. Formation and transformation of pigments during the fruit ripening of *Capsicum annuum* cv. Bola and Agridulce. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42, 38–44.

Mozaffarieh, M., Sacu, S. and Wedrich, A. 2003. The role of the carotenoids, lutein, zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: a review based on controversial evidence. Nutrition Journal, 11, 20–28.

Müftigil, N. 1984. Havuç ve karnabaharın birer çeşitlerinin derin dondurulması üzerine çalışmalar. TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü yayını. Yayın no: 83, 155 s., Gebze-Kocaeli.

Nguyen, M.L. and Schwartz, S.J. 1999. Lycopene: Chemical and biological properties. Food Technology, 53, 38–45.

Niizu, P.Y. and Rodriguez-Amaya, D.B. 2005. New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. Journal of Food Composition and Analysis, 18, 739–749.

Ogunlesi, A.T. and Lee, C.Y. 1979. Effect of thermal processing on the stereoisomerisation of major carotenoids and vitamin A value of carrots. Food Chemistry, 4, 311–318.

Oliver, J. and Palou, A. 2000. Chromatographic determination of carotenoids in foods. Journal of Chromatography A, 881, 543–555.

Olives-Barba, A.I., Cámara-Hurtado, M., Sánchez-Mata, M.C., Fernández-Ruiz, V. and López Sáenz de Tejada. 2006. Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β-carotene in vegetables. Food Chemistry, 95, 328–336.

Olson, J.A. 1991. Biochemistry of vitamin A and carotenoids, http://www.sightandlife.org Erişim tarihi: 11.05.2006.

Olson, J.A. 1994. Absoption, transport, and metabolism of carotenoids in humans. Pure and Applied Chemistry, 66, 1011–1016.

Osmianski, J. And Górska, M. 2002. Improvement of carotenoid content and colour in carrot juice concentrate. Fruit Processing, 2, 70–73.

Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J.A. and Deemer, E.K. 2002. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assays: A comparative study. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 3122–3128.

Paiva, S.A.R. and Russell, R.M. 1999. β-carotene and other carotenoids as antioxidants. Journal of the American College of Nutrition, 18, 426–433.

Palozza, P. and Krinsky, N.I. 1992. Antioxidant effects of carotenoids in vivo and in vitro: An overview. Methods in Enzymology, 38, 403–420.

Panhwar, F. 2005. Bioavailability of vitamin A and mango fruit in Sindh Pakistan. http://www.ChemLin.com. Erişim tarihi: 13.07.2006.

Park, Y.W. 1987. Effect of freezing, thawing, drying, and cooking on carotene retention in carrots, broccoli and spinach. Journal of Food Science, 52, 1022–1025.

Parker, R.S. 1996. Absorption, metabolism, and transport of carotenoids. FASEB Journal, 10, 542–551.

Pesek, C.A. and Warthesen, J.J. 1990. Kinetic model for photoisomerization and concominant photodegradation of β-carotenes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38, 1313–1315.

Piga, A., Del Caro, A., Pinna, I. and Agabbio, M. 2003. Changes in ascorbic asit, polphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits. Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie, 36, 257–262.

Pokorny, J. 1991. Natural antioxidants for food use. Trends in Food Science and Technology, 2, 223–227.

Poor, C.L., Bierer, T.L., Merchen, N.R., Fahey, G.C. and Erdman, J.W. 1993. The accumulation of α- and β-carotene in serum and tissues of preruminant calves fed raw and steamed carrot slurries. Journal of Nutrition, 123, 1296–1304.

Pupin, A.M., Dennis, M.J. and Toledo, M.C.F. 1999. HPLC analysis of carotenoids in orange juice. Food Chemistry, 64, 269–275.

Puupponen-Pimiä, R., Häkkinen, S.T., Aarni, M., Suortti, T., Lampi, A.M., Eurola, M., Piironen, V., Nuutila, A.M. and Oksman-Caldentey, K.M. 2003. Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83, 1389–1402.

Rauscher, R., Edenharder, R. and Platt, K.L. 1998. In vitro antimutagenic and in vivo anticlastogenic effects of carotenoids and solvent extracts from fruits and vegetables rich in carotenoids. Mutation Research, 413, 129–142.

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

Rock, C.L. and Swenseid, M.E. 1992. Plasma β-carotene response in humans after meals supplemented with dietary pectin. American Journal of Clinical Nutrition, 55, 96–99.

Rock, C.L., Lovalvo, J.L., Emenhiser, C., Ruffin, M.T., Flatt, S.W. and Schwartz, J. 1998. Bioavailability of β-carotene is lower raw than in processed carrots and spinach in women. Journal of Nutrition, 128, 913–916.

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

Roodenburg, A.J.C., Leenen R., van het Hof, K.H., Weststrate, J.A. and Tijburg, L.B.M. 2000. Amount of fat in the diet affects bioavailability of lutein esters but not of α-carotene, β-carotene, and vitamin E in humans. American Journal of Clinical Nutrition, 71, 1187–1193.

Rouseff, R.L., Sadler, G.D., Putnam, T.J. and Davis, J.E. 1992. Determination of β-carotene and other hydrocarbon carotenoids in red grapefruit cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40, 47–51.

Saldana, G., Stephens, T.S. and Lime, B.J. 1976. Carrot beverages and lots of padding. Journal of Food Science, 41, 1243–1244.

Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B. and Cano, M.P. 2003. Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83, 430–439.

Sant'Ana, H.M.P., Stringheta, P.C., Brandão, S.C.C. and Azeredo, R.M.C. 1998. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. Food Chemistry, 61, 145–151.

Santos, M.S., Meydani, S.N., Leka, L., Wu, D., Fotouhi, N., Meydani, M., Hennekens, C.H. and Gaziano, J.M. 1996. Natural killer cell activity in elderly men is enhanced by beta-carotene supplementation. American Journal of Clinical Nutrition, 64, 772–777.

Sarkar, S.K. and Phan, C.T. 1979. Naturally-occuring and ethylene-induced phenolic compunds in the carrot root. Journal of Food Protection, 42, 526–534.

Schieber, A. and Carle, R. 2005. Occurence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical and nutritional implications. Trends in Food Science and Technology, 16, 416–422.

Sharoni, Y., Danilenko, M., Walfisch, H.A., Amir, H., Nahum, A., Ben-Dor, A., Hirsch, K., Khanin, M., Steiner, M., Agemy, L., Zango, G. and Levy, J. 2002. Role of gene regulation in the anticancer activity of carotenoids. Pure and Applied Chemistry, 74, 1469–1477.

Sies, H. and Stahl, W. 1997. Carotenoids and intercellular communication via gap junctions. International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 67, 364–367.

Simon, P. W. and Wolff, X. Y. 1987. Carotenes in typical and dark orange carrots. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 35, 1017–1022.

Singh, G., Kawatra, A. and Sehgal, S. 2001. Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots. Plants Foods for Human Nutrition, 56, 359–364.

Skrede, G., Nilsson, A., Baardseth, P., Rosenfeld, H.J., Enersen, G. and Slinde, E. 1997. Evaluation of carrot varieties for production of deep-fried carrot chips-III. Carotenoids. Food Research International, 30, 73–81.

Speek, A.J., Speek-Saichua, S. and Schreurs, W.H.P. 1988. Total carotenoid and β-carotene contents of Thai vegetables and effect of processing. Food Chemistry, 27, 245–257.

Sommerburg, O., Keunen, J.E.E., Bird, A.C. and van Kuijk, F.J.G.M. 1998. Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin: the macular pigment in human eyes. British Journal of Ophtalmology, 82, 907–910.

Stahl, W. and Sies, H. 1992. Uptake of lycopene and geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans. Journal of Nutrition, 122, 2161–2166.

Sulaeman, A., Keeler, L., Gıraud, D.W. , Taylor, S.L. , Wehling, R.L. and Driskell, J.A. 2001. Carotenoid content and physicochemical and sensory characteristics of carrot chips deep fried in different oils at several temperatures. Food and Chemical Toxicology, 66, 1257–1264.

Sulaeman, A. , Keeler, L., Gıraud, D.W. , Taylor, S.L. , Wehling, R.L. and Driskell, J.A. 2003. Changes in carotenoid, physicochemical and sensory values of deep-fried carrot chips during storage. International Journal of Food Science and Technology, 38, 603–613.

Svanberg, S.J.M. and Nyman, E.M.G.L. 1997. Effects of boiling and storage on dietary fibre and digestible carbohydrates in various cultivars of carrots. Journal of the Science of Food and Agriculture, 73, 245–254.

Sweeney, J.P. and Marsh, A.C. 1971. Effect of processing on provitamin A in vegetables. Journal of the American Dietetic Association, 59, 238–243.

Szeto, Y.T., Tomlinson, B. and Benzie, I.F.F. 2002. Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: Implications for dietary planning and food preservation. British Journal of Nutrition, 87, 55–59.

Talcott, S.T., Howard, L.R. and Brenes, C.H. 2000. Antioxidant changes and sensory properties of carrot puree processed with and without periderm tissue. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48, 1315–1321.

Tang, Y.C. and Chen, B.H. 2000. Pigment change of freze-dried carotenoid powder during storage. Food Chemistry, 69, 11–17.

The National Academies Press. 2001. Dietary reference index for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganase, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. http://www.nap.edu. Erişim tarihi: 20.08.2006

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. Journal of Food Science, 65, 791–795.

Törrönen, R., Lehmusaho, M., Häkkinen, S., Hänninen, O. and Mykkänen, H. 1996. Serum β-carotene response to supplementation with raw carrots, carrot juice or purified β-carotene in healthy non-smoking women. Nutrition Research, 16, 565–575.

Türkiye İstatistik Kurumu, 2004. Web sitesi. http://www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi: 11.07.2006.

Van den Berg, H., Faulks, R., Fernando-Granado, H., Hirschberg, J., Olmedilla, B., Sandmann, G., Southon, S. and Stahl, W. 2000. The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80, 880–912.

Velioğlu, Y.S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 4113–4117.

von Elbe, J.H. and Schwartz, S.J. 1996. Colorants. In "Food Chemistry", O.R. Fennema (Ed). Chapter 10. pp: 651–722. Marcel Dekker Inc., New York.

Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44, 701–705.

Wang, S.Y. and Stretch, A.W. 2001. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 969–974.

Wu, Y., Perry, A.K. and Klein, B.P. 1992. Vitamin and β-carotene in fresh and frozen green beans and brokoli in a simulated system. Journal of Food Quality, 15, 87–96.

Yanmaz, R. 1988. Havuç Yetişticiliği. 1. Havuç Sempozyumu. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Ankara İl Müdürlüğü. 17 Şubat 1988. Ankara.

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

Zhang, D. and Hamauzu, Y. 2004b. Phenolis compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). Food, Agriculture & Environment, 2, 95–100.

Ziegler, R.G. 1989. A review of epidemiologic evidence that carotenoids reduce the risk of cancer. Journal of Nutrition, 119, 116–122.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nuray KOCA

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 28.02.1976

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ankara Kurtuluş Lisesi – 1992

Lisans : Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü – 1996

Hazırlık : Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü İngilizce Hazırlık – 1997

Yüksek Lisans : Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı – 2000.

Çalıştığı Kurumlar

1998 – 2006 : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü – Araştırma Görevlisi

2006 – : T.C. Başbakanlık Gümrük Müsteşarlığı, Ankara Merkez Laboratuvarı – Gıda Mühendisi

Yayınları

A. Araştırma Makaleleri

AI. Science Citation Index (SCI) kapsamındaki dergilerde yayınlanan araştırma makaleleri

1. **Koca, N.,** Burdurlu, H.S. and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. Journal of Food Engineering. 78, 449–455.

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

3. Burdurlu, H.S., **Koca, N.** and Karadeniz, F. 2006. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. Journal of Food Engineering. 74, 211–216.

4. **Koca, N.** and Ekşi, A. 2005. Reduction of patulin in apple juice concentrates during storage. Journal of Food Safety. 25, 1–8.

5. Soyer, Y., **Koca, N.** and Karadeniz, F. 2003. Organic acid profile of Turkish white grapes and grape juices. Journal of Food Composition and Analysis. 16, 629–636.

AII. Yurt içi hakemli dergilerde yayınlanan araştırma makaleleri

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

BI. Hakemli dergilerde yayınlanan derleme makaleler

1. **Koca, N.** ve Karadeniz, F. 2003. Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve antioksidan savunma sistemleri. Gıda Mühendisliği Dergisi. 16, 32–37.

2. **Koca, N.** ve Karadeniz, F. 2005. Gıdalardaki doğal antioksidan bileşikler. Gıda. 30, 229–236.

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

4. **Koca, N.,** Burdurlu, H.S. ve Karadeniz, F. 2005. Glukozinolatlar ve fonksiyonel özellikleri. Gıda Mühendisliği Dergisi. 21, 28–33.

BII. Diğer derleme makaleler

1. Karadeniz, F., Burdurlu, H.S., **Koca, N.** 2005. Fındığın fonksiyonel özellikleri. Fiskobirlik. 9, 28–29.

C. Tebliğ

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

D. Poster

1. **Koca, N.** 2003. Edible films and coatings in food packaging. International Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment. 7–10 October 2003. Ege University, İzmir-Turkey. Congress Proceedings. s. 641–651.

2. Karadeniz, F., **Koca, N.** ve Burdurlu, H.S. 2004. Karadeniz Bölgesine Özgü Bir Meyve, Karayemiş. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu 23–24 Eylül 2004, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van. s. 284–287.

3. **Koca, N.** ve Karadeniz, F. Folik asit ve sağlık üzerine etkisi. Türkiye 9. Gıda Kongresi. 24–26 Mayıs 2006, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu. 345–346.