

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**SÜREKLİ SİSTEMDE KURUTMA İŞLEMİNİN  
KIRMIZIBİBERDE KALİTE ÖZELLİKLERİNE  
ETKİSİ**

**Alper KUŞÇU  
Yüksek Lisans Tezi**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI  
ISPARTA-2002**

T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128260

SÜREKLİ SİSTEMDE KURUTMA İŞLEMİNİN  
KIRMIZIBİBERDE KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Alper KUŞÇU

Danışman: Prof. Dr. Sami ÖZÇELİK

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ISPARTA-2002

128260

**S.D.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

Bu çalışma jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Sami ÖZÇELİK

**Üye** : Prof. Dr. Nevzat ARTIK

**Üye** : Doç. Dr. Erdoğan KÜÇÜKÖNER

*Sami Özçelik*  
*Nevzat Artık*  
*Erdoğan Küçüköner*

**ONAY**

Bu tez, S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10./07/2002 tarih ve 51/01-2-33 sayılı kararınca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 05./08./2002 tarihinde kabul edilmiştir.

**S.D.Ü FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ**

Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL

*Remzi Karagüzel*

**TC. YÜSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**TC. YÜSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER .....	I
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
SİMGELER DİZİNİ .....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	IX
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1. Biberin botanik özellikleri .....	3
2.2. Kırmızıbiberin Türkiye ve Dünyadaki yeri .....	5
2.3. Kırmızıbiberlerin bileşimi .....	8
2.3.1. Kırmızıbiberlere acılık veren maddeler .....	9
2.3.2. Renk bileşikleri .....	10
2.4. Karotenoidler .....	12
2.4.1. Kimyasal ve fizikokimyasal özellikler .....	13
2.4.2. Cis-Trans ve optikçe izomerlik .....	15
2.4.3. Çözünürlük .....	15
2.4.4. Işık Absorpsiyonu ve fotokimyasal özellikler .....	16
2.4.5. Biyolojik fonksiyonlar ve aktiviteler .....	16
2.4.6. Karotenoidler ve sağlık .....	17
2.4.6.1. Karotenoidler ve hastalıkların önlenmesi .....	17
2.4.6.2. Karotenoidler ve kanser .....	18
2.4.6.3. Karotenoidler ve kalp hastalıkları .....	18
2.4.6.4. Karotenoidler ve göz hastalıkları .....	20
2.5. Askorbik asit .....	21
2.5.1. Kimyasal yapısı ve genel tanımı .....	21
2.5.2. Askorbik asit stabilitesi ve bozunumu .....	22
2.5.3. Askorbik asit ve antioksidan özelliği .....	23
2.6. Konuyla ilgili yapılmış farklı çalışmalar .....	24
3. MATERYAL VE METOT .....	26
3.1. Materyal .....	26
3.2. Metot.....	29

3.2.1. Fiziksel analizler .....	29
3.2.1.1. Nem tayini .....	29
3.2.1.2. Kül tayini .....	29
3.2.1.3. Pomolojik özellikler .....	29
3.2.1.4. Renk ölçümü .....	29
3.2.2. Kimyasal analizler .....	30
3.2.2.1. Titrasyon asitliği .....	30
3.2.2.2. pH Değerlerinin belirlenmesi.....	30
3.2.2.3. İndirgen şeker ve toplam şeker içerikleri .....	30
3.2.2.4. Mineral madde .....	30
3.2.2.5. Askorbik asit tayini .....	31
3.2.2.5.1. Asorbik asit ekstraksiyonu .....	31
3.2.2.5.2. Kullanılan alet ve cihazlar .....	31
3.2.2.5.3. Kromatografi koşulları .....	31
3.2.2.5.4. Kullanılan standartlar .....	32
3.2.2.6. Karotenoid bileşiklerin spektrofotometrik analizi .....	34
3.2.2.7. Karotenoid bileşiklerin HPLC analizi .....	35
3.2.2.7.1. Karotenoidlerin ekstraksiyonu .....	35
3.2.2.7.2. Kullanılan alet ve cihazlar .....	35
3.2.2.7.3. Kromatografi koşulları .....	35
3.2.2.7.4. Kullanılan standartlar .....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	39
4.1. Kırmızıbiber ait analitik bulgular .....	39
4.2. Kırmızıbiber örneklerinin karotenoid madde miktarı (Spektrofotometrik) .....	43
4.3. Askorbik asit içerikleri .....	43
4.4. Pomolojik özellikler .....	44
4.5. Mineral madde içeriği .....	47
4.6. Karotenoid madde içerikleri (HPLC yöntemi) .....	49
5. SONUÇLAR .....	52
6. KAYNAKLAR.....	56
7. ÖZGEÇMİŞ .....	66

**ÖZET**

Bu çalışmada, Isparta yöresinde faaliyet göstermekte olan sebze kurutma tesisinde kurutulan kırmızıbiberlerde, askorbik asit ve karotenoid bileşiklerdeki değişim farklı kurutma aşamalarında belirlenmiştir. Ayrıca sisteme bütün halde verilen kırmızıbiberlerde de aynı analizler yapılmıştır. Askorbik asit miktarı ters faz HPLC metodu ile saptanmıştır. Bu metot, YMC-Pack ODS-AM (250 mm, 4.6 mm ID, 5 µm) kolonu, 210 nm DAD dedektörü, fosforik asitle pH'sı 3'e ayarlanmış su mobil fazı, 10 µL enjeksiyon hacmi ile 0.5 mL/dak. akış hızına sahip işlem koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Kapsantin, β-karoten ve β-kriptoksantin Astec (100 mm, 4.6 mm ID, 3 µm) kolon, 460 nm DAD dedektörü, metanol-THF mobil fazı, 10 µL enjeksiyon hacmi ve 0.8 mL/dak. akış hızına sahip işlem koşulları altında HPLC metodu ile tanımlanmıştır. Spektrofotometrik yöntemle kırmızı karotenoidler (kapsantin ve kapsorubin), toplam karotenoidler tanımlanmıştır. Ayrıca kırmızıbiberlerin nem, toplam kuru madde, kül, toplam asitlik, pH, indirgen şeker, toplam şeker, Hunter L, a, b değerleri ve mineral madde içerikleri de belirlenmiştir.

Bütün haldeki kurutulmamış biberde askorbik asit kuru maddede 136.52 mg/100g iken, fırın çıkışında bu değer 50.28 mg/100g olarak belirlenmiş, kayıp % 63 olarak saptanmıştır. Biberler doğrama sonrası % 37 askorbik asit kaybına uğramış, bütün halden doğranarak fırın çıkışına kadar toplam kayıp % 85 olarak tespit edilmiştir. Kurutma işlemi süresince kapsantin içeriği artarken, β-karoten ve β-kriptoksantin içeriklerinde azalma belirlenmiştir. Bütün işlenmemiş biberde ve doğranmış biberde toplam karotenoid miktarları sırasıyla 4.2 mg/g ve 4.1 mg/g olarak saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kırmızıbiber, askorbik asit, karotenoidler, HPLC, kurutma

**ABSTRACT**

In this study, variation of ascorbic acid and carotenoid components which are processed whole and sliced red peppers were determined in the different stage of dehydration system worked at Isparta region. Ascorbic acid amount was quantified by reverse phase HPLC method in red pepper samples. This method was carried out under operation conditions which have YMC-Pack ODS-AM (250 mm, 4.6 mm ID, 5  $\mu$ m) column, 210 nm DAD detector, water mobil phase which was calibrated pH value at 3 with phosphoric acid, 10  $\mu$ L injection volume and 0.5 mL/min. flow rate. Capsanthin,  $\beta$ -carotene and  $\beta$ -cryptoxanthin were identified by HPLC method under operation conditions which have Astec (100 mm, 4.6 mm ID, 3  $\mu$ m) column, 460 nm DAD detector, methanol-THF mobil phase, 10  $\mu$ L injection volume and 0.8 mL/min. flow rate. Red carotenoids (capsanthin and capsorubin) and total carotenoids were determined by spectrophotometric method. And also, moisture, total dry matter, ash, titratable acidity, pH, invert sugar, total sugar, Hunter L, a, b value and mineral compositions were determined.

While ascorbic acid amounts of undehydrated whole peppers were 136.52 mg/g, after dehydration this amount were recorded 50.28 mg/g in dry basis. The loss of ascorbic acid level were 63 % for dehydrated whole pepper. In sliced peppers after slicing loss were 37 % and after dehydration loss of sliced peppers were found 85 %. The amount of capsanthin was gradually increased but  $\beta$ -carotene and  $\beta$ -cryptoxanthin were decreased during the dehydration. Total carotenoids amount of whole and sliced peppers were determined as 4.2 mg /g and 4.1 mg /g, respectively.

**Key Words:** Red pepper, ascorbic acid, carotenoids, HPLC, dehydration

**TEŞEKKÜR**

Bana bu araştırmaı gerçekleştirme olanağı veren danışman hocam Prof. Dr. Sami ÖZÇELİK'e, öneri ve değerli bilgileriyle beni yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Nevzat ARTIK'a, analizlerin gerçekleştirilmesinde deneyimleri ile laboratuvar imkanları sunarak destek olan Sayın Hocam Prof. Dr. Güleren ALSANCAK'a, değerli görüşleriyle yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Aynur Gül KARAHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince daimi olarak yazım aşaması dahil her konuda yardımlarını gördüğüm çok değerli nişanlım Arş. Gör. Özlem SELÇUK'a, her zaman için değerli görüş ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Osman SAĞDIÇ'a, analizlerin gerçekleştirilmesinde yardımcı geçen S.D.Ü. Temel ve Uygulamalı Bilimler Araştırma ve Uygulama Merkezi çalışanlarına, çalışmalarım ile ilgili yardımlarını esirgemeyen bölüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında, manevi desteğiyle bana destek olan aileme en derin sevgi ve saygılarımı belirtmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca bana, bu konuda yaptığım projeme (S.D.Ü. Araştırma Fonu, Proje No:407) destek vererek katkıda bulunan üniversiteme de teşekkür ederim.

Mayıs 2002

Alper KUŐU



**SİMGELER DİZİNİ****Kısaltmalar**

HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
LAA	L-Askorbik Asit
LDHAA	L-Dehidro Askorbik Asit
DAA	D-İzoaskorbik Asit
IAA	Izoaskorbik Asit
IDHAA	Izo-Dehidroaskorbik Asit
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
HDL	Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein

**Birimler**

g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
$\mu$ L	Mikrolitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
cal	Kalori
kcal	Kilokalori

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. <i>Capsicum annuum</i> L.'nin dalında çiçek ve meyve şekilleri .....	4
Şekil 2.2. <i>Capsicum</i> türüne ait değişik şekil ve renk özelliği gösteren meyveler .....	4
Şekil 2.3. Kırmızıbiberin anavatanı ve üretim yapılan bölgeler .....	6
Şekil 2.4. Çeşitli karotenoidlerin kimyasal yapısı .....	14
Şekil 2.5. Askorbik asidin vücuda alınmasında gıdalara göre yüzde dağılımı .....	21
Şekil 2.6. Askorbik asidin genel yapısı ve yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları .....	22
Şekil 3.1. Kurutma işlemi akış şeması ve örnek alınan noktalar .....	27
Şekil 3.2. İşlenmemiş tüm haldeki kırmızıbiberler .....	27
Şekil 3.3. Bütün olarak kurutucuya verilip farklı noktalardan alınan örnekler .....	28
Şekil 3.4. Doğranmış ve doğranarak kurutulmuş örneklerle analizlerde kullanılmak üzere öğütülmüş kırmızıbiberler .....	28
Şekil 3.5. Askorbik asit standardının kalibrasyon eğrisi .....	32
Şekil 3.6. Askorbik asit standardının HPLC spektrumu .....	33
Şekil 3.7. Kırmızıbiber örneğine ait askorbik asit HPLC spektrumu .....	33
Şekil 3.8. Kapsantin standardının kalibrasyon eğrisi .....	36

Şekil 3.9. $\beta$ -kriptoksantin standardının kalibrasyon eğrisi .....	37
Şekil 3.10. $\beta$ -karoten standardının kalibrasyon eğrisi .....	37
Şekil 3.11. Standart karışımdan elde edilen HPLC pikleri .....	38
Şekil 3.12. Örneklerden elde edilen HPLC pikleri .....	38
Şekil 4.1. Tüm ve doğranmış kırmızıbiberlerin kuruma eğrileri .....	39



**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sayfa**

Çizelge 2.1. Kırmızıbiber ürünlerinin katkı olarak kullanımı .....	5
Çizelge 2.2. Türkiye ve dünya genelinde yedi yıllık kırmızı ve yeşil biber üretim miktarları .....	7
Çizelge 2.3. Türkiye ve dünya genelinde hektar başına yedi yıllık kırmızıbiber verimi .....	7
Çizelge 2.4. Biberin bileşiminde bulunan maddeler .....	8
Çizelge 2.5. Çeşitli meyve ve sebzelerin askorbik asit içerikleri .....	9
Çizelge 2.6. Çeşitli meyve ve sebzelerin vitamin A içerikleri .....	9
Çizelge 2.7. Karotenoidler ve fonksiyonel özellikleri .....	17
Çizelge 2.8. Vitamin A ve karotenoidler ile kalp hastalıkları arasındaki ilişkiyi tespit için yapılan bazı çalışmalar .....	19
Çizelge 3.1. Kurutma işleminden temin edilen örnek çeşitleri ve örnek alınan noktalar .....	26
Çizelge 3.2. Askorbik asidin ara çözeltilerinin alan ve derişim değerleri .....	32
Çizelge 3.3. Kapsantin ara çözeltilerinin alan ve derişim değerleri .....	36
Çizelge 3.4. $\beta$ -kriptoksantin çözeltilerinin alan ve derişim değerleri .....	36
Çizelge 3.5. $\beta$ -karoten ara çözeltilerinin alan ve derişim değerleri .....	37

Çizelge 4.1. Kırmızıbiber ait analitik bulgular .....	40
Çizelge 4.2. Kırmızıbiber örneklerinin kırmızı ve toplam karotenoid miktarları ....	45
Çizelge 4.3. Kırmızıbiber örneklerinin başlangıçta ve kurutma süresince askorbik asit içerikleri .....	45
Çizelge 4.4. Kırmızıbiberlerin meyve boyu, tüm meyve ve perikarp ağırlıkları ...	46
Çizelge 4.5. Kırmızıbiberin tohum, sap ve tohumevi ağırlıkları .....	46
Çizelge 4.6. Kırmızıbiber örneklerinin kuru ağırlıkça mineral madde içerikleri ..	48
Çizelge 4.7. Kırmızıbiber örneklerinin kuru ağırlıkça kapsantin, $\beta$ -karoten ve $\beta$ -kriptoksantin içerikleri .....	51

## 1. GİRİŞ

Kurutma, meyve ve sebzelerin muhafazasında kullanılan başlıca yöntemlerden biridir. Kurutmada amaç; ortamdaki su aktivitesini ( $a_w$ ) belirli bir değerin altına indirmek suretiyle, ürünü mikrobiyolojik, kimyasal ve enzimatik bozulmalara karşı dayanıklı hale getirmektir (Geankoplis,1993; Ünlütürk ve ark.,1998). Kurutma sırasında aynı anda bir çok fiziksel, kimyasal, mekanik, biyokimyasal ve mikrobiyal olaylar oluşmakta ve bu olaylar son ürünün kalite özelliklerini etkilemektedir (Evranoz,1988).

Kurutma işleminin pek çok olumlu yönü vardır. Öncelikle kurutma işlemi ile kuru madde miktarı arttığı için, kuru meyve ya da sebze, aynı miktardaki yaş meyve ya da sebzedden daha fazla enerji sağlamaktadır. Uygun koşullar sağlandığı takdirde ise kuru ürünün raf ömrü artmaktadır. Kuru ürünlerin taşıma, nakliye ve depolama giderleri diğer ürünlere göre daha azdır ve kuru ürün kalitesi her mevsim aynıdır (Atlı,1998).

Gıdaların kurutulması ile ilgili bilinen ilk kayıtlar 18. yüzyıla aittir. Daha sonraki dönemlerde Dünyada çıkan savaşlar nedeniyle, kurutma endüstrisi gelişmeye başlamıştır. İngiliz süvari birlikleri 1854-1856 yılları arasında Kırım'da iken, ülkelerinden kurutulmuş sebzeleri beraberlerinde getirmişlerdir. Boer Savaşı (1899-1902) süresince kurutulmuş sebzeler gemilerle Kanada'dan Güney Afrika'ya nakledilmiştir. Yine Birinci Dünya Savaşı süresince 4500 ton kurutulmuş sebze gemilerle taşınmıştır (Vega-Mercado vd., 2001).

1919'lu yıllarda Amerika'da taze fasulye, lahana, havuç, kereviz, patates, ıspanak, tatlı mısır, şalgam ve çorbaya konulan sebzeler kurutularak işlenmeye başlamıştır (Vega-Mercado vd., 2001). Ülkemizde ise endüstriyel anlamda sebze kurutmak için kurulan ilk tesis 1965 yılında hizmete girmiştir (Bingöl,1992).

Kurutma ve dehidrasyon terimleri farklı anlamlar içermektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Amerikan Tarım Bakanlığı'nın tanımlamasında; kuru ağırlıkça % 2.5'den fazla su içermeyen gıdalar dehidre edilmiş gıdalar, kuru ağırlıkça % 2.5'den fazla su

içeren gıdalar ise kurutulmuş gıdalar olarak sınıflandırılmaktadır (Vega-Mercado vd., 2001).

Kırmızıbiberde bulunan askorbik asit ve karotenoidler sahip oldukları antioksidan özellikleri sayesinde, bazı tip kanserleri, kardiyovasküler hastalıkları, arteriyosklerozisi ve yaşlanmayı önleyici etki göstermektedir (Weisburger, 1998). Karotenoidler, insan sağlığı açısından son derece faydalı olmaları yanı sıra kullanıldıkları gıdalara kazandırmış oldukları cazip renkten dolayı birçok araştırmaya konu olmuştur.

Bu çalışmanın amacı; işletmede sürekli sistemde kurutulan kırmızıbiberin, kurutma işlemi süresince uğramış olduğu fiziksel ve kimyasal değişimler incelenerek, bu değişimlerin ürün kalitesi üzerine olan etkileri saptanmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulguların endüstriye katkıda bulunması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

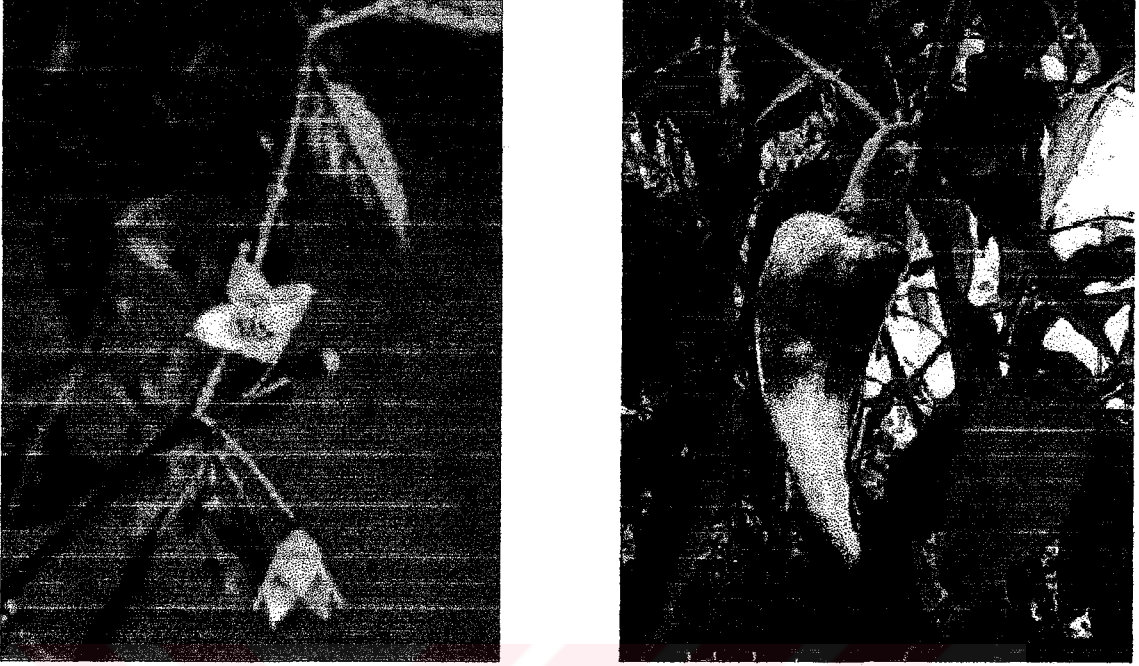
### 2.1. Biberin Botanik Özellikleri

*Capsicum* L. (biber), Dicotyledonae sınıfının, Tubiflorae (Solanales) takımının, Solanaceae familyasına dahildir (Beis, 1990; Yemiş, 2001). Vatanı tropikal Amerika olan *Capsicum* cinsleri ılık iklimlerde bir yıllık, tropik iklimlerde ise çok yıllık kültür bitkileridir. Tek yıllık türlere örnek *Capsicum annuum* L., çok yıllık türlere örnek *Capsicum frutescens* L.' dir. Baharat pazarlarında tatlı ve az acı biberler *Capsicum annuum* türü "paprika", acı olan biberler *Capsicum frutescens* türü "Chilli" adı altında işlem görmektedir (Beis, 1990).

*Capsicum annuum* L. boyu 20-50 (-100) cm, gövdesi dik ve dallanmış bir bitkidir. Yaprakları düz ve tüysüz, yaprak sapı uzun, şekli ovattan lanseolata, değişebilen yapıda olup ucu uzun ve sivridir. Çiçekler pedisellat, kaliks çok kısa dişli, korolla beyaz, bazen yeşilimsi veya erguvani lekeli. Meyvesi 1-25 cm boyunda, şekil olarak oldukça değişken, genellikle kırmızı bazen turuncu, sarı, kahverengi, yeşil, sarı, erguvani veya siyahtır. Anavatanı Meksika'dır, olgunlaşma öncesinde yeşil sonrasında kırmızı renk alır. "Longum" ve "Grossum" olarak iki tür şeklinde sınıflandırılırlar (Davis, 1978; Tutin vd., 1996). *Capsicum annuum* L.'nin dalında çiçek ve meyve hali Şekil 2.1.'de, aynı tür içerisinde değişik boyut, renk ve şekillerdeki *Capsicum* meyvelerini gösteren fotoğraf Şekil 2.2.'de verilmiştir.

Biber perikarp (meyve), tohum ve sap olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. Perikarp pürüzsüz parlak, rengi ise genellikle koyu kırmızı-kahverengimsi, kırmızı-turuncu arası bir renktedir. Yoğun mor renge sahip bazı kültürlerde yetersiz kurutmadan dolayı renk açılmaktadır. Tam olgunlukla beraber renk tamamen kırmızıya dönmektedir. Yüksek oranda bulunan tohum ise, pürüzsüz sarı renktedir ve plasentanın merkezine tutunmuştur (Govindarajan, 1985).





Şekil 2.1. *Capsicum annuum* L.'nin dalında çiçek ve meyve şekilleri (Anonymous, 2002 a)



Şekil 2.2. *Capsicum* türüne ait değişik şekil ve renk özelliği gösteren meyveler (Anonymous, 2002 b)

## 2.2. Kırmızıbiberin Türkiye ve Dünyadaki Yeri

Ilıman iklim kuşağında yer alan ülkemiz hem iklim hem de toprak özellikleri bakımından biber üretimine uygundur. Kurutma endüstrisinde % 55'lik paya sahip olan kırmızıbiber, yurdumuzun bütün bölgelerinde yetişmektedir (Bingöl, 1992).

Kırmızıbiber üreten bölgeler kuzey ve güney üretim bölgesi olmak üzere ikiye ayrılır. Bilecik ve Bursa kuzey bölgesinde, Şanlıurfa, Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri güney üretim bölgesinde bulunur. Biber yetiştirmede başlıca illerimiz; Ankara, Aydın, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Denizli, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, İzmit, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Mersin, Konya, Kütahya, Malatya, Kahramanmaraş, Niğde, Adana ve Diyarbakır'dır. Ülkemizde geniş çapta kırmızıbiber tarımı yapılmaktadır. Fakat, hangi tatlı varyetelerin ne kadar üretildiği, elde edilen baharatların renk ve acılık özellikleri hakkında kesin bilgiler yoktur. Ülkemizin kuzey bölgelerinde yetişen biberler tatlı, güney bölgesinde yetişenler ise acıdır (Demir, 1996). Türkiye'nin ihraç ürünlerinden olan kırmızıbiberin önemli bir kısmının tatlı olduğu sanılmaktadır. Kırmızıbiber çeşitli amaçlarla kullanılır. Taze meyvelerden biber salçası yapılır. Baharat olarak kullanılan kırmızıbiber toz veya pul şeklinde piyasaya sunulmaktadır (Akgül, 1993). Çizelge 2.1.'de kırmızıbiber ürünlerinin katkı olarak kullanımları görülmektedir.

Çizelge 2.1. Kırmızıbiber ürünlerinin katkı olarak kullanımı (ppm) (Akgül, 1985)

Gıda maddesi	<i>Capsicum</i> Ekstraktı	Paprika Ekstraktı	Paprika	Kırmızıbiber	Cayenne biberi
Alkolsüz içecek	14	1-25	-	15-240	1
Dondurma, buz vb.	-	1	-	-	2
Şekerleme	11	0.1	-	-	2
Fırın ürünü	14	12	1900	270	2-50
Sos	92	100	970	630	610
Et	50-100	96	7400	310	910
Sakız	46	-	-	-	-
Çorba	-	-	1000-7500	-	100
Turşu	-	-	-	11-59	-

Baharat biberler (kırmızıbiberler), çeşitli özellikler açısından farklılık arz ederler. Meyvelerin şekil, büyüklük, renk ve yakıcılık gibi nitelikleri daha çok çevre şartları ve çeşit gelişimine göre önemli ölçüde değişir. Genel olarak kırmızıbiber *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L. ve *Capsicum minimum* mill türünden oluşur. Ticari olarak, *Capsicum annuum* ve varyeteleri “İspanyol biberi” ve “Paprika”, *Capsicum frutescens* ise “çili (Chillies)” olarak bilinir. Ancak chilli ismi herhangi bir varyete için de kullanılabilir. Yakıcılığı fazla kırmızıbiber meyvelerinden elde edilen kırmızımsı turuncu toz, “Rosenpaprika” veya sadece “Paprika” ismiyle bilinir. *Capsicum annuum* meyveleri diğer türünkilere göre daha az yakıcı, daha açık renkli ve daha küçüktür (Akgül, 1985).

Şekil 2.3.’de dünya genelinde kırmızıbiberin anavatanı olan bölgeler kırmızı renkte, genel olarak uygun iklim şartlarına sahip olup üretimi yapılan bölgeler yeşil renkte görülmektedir.



Şekil 2.3. Kırmızıbiberin anavatanı ve üretim yapılan bölgeler (Anonymous, 2002 c)

Türkiye’de kırmızıbiber üretimi yaklaşık olarak yılda 25.000 tondur. Hasat yılda üç kez yapılır. Birinci hasat Ağustos’un ortasında, ikinci hasat Eylül’ün ortasında ve üçüncü hasat ise Ekim’in ortasında yapılmaktadır (Öztekin vd., 1999).

Çizelge 2.2.’de Türkiye ve dünyada yedi yıllık kırmızıbiber üretim kapasitesi verilmiştir. Bu tabloya göre Türkiye dünyada biber üretimi bakımından Çin ve Meksika’dan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Buradan dünya biber üretiminin

verilmiştir. Biber üretiminde Türkiye; Çin ve Meksika'nın ardından 3. sırada yer alırken, hektar başına düşen biber veriminde ise İspanya ve Amerika'nın ardından 3. sırada yer almaktadır.

Çizelge 2.2. Türkiye ve Dünya genelinde yedi yıllık kırmızı ve yeşil biber üretim miktarları (Anonymous, 2002 d)

Ülke	YILLAR (Milyon ton)						
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Çin	5.492	6.525	7.033	7.283	7.521	8.136	8.238
Meksika	918	982	1.445	1.849	1.797	1.826	1.800
Türkiye	1.080	1.150	1.130	1.390	1.400	1.400	1.400
İspanya	790	867	893	890	924	939	940
Barbados	639	600	902	900	900	900	900
Amerika	642	754	678	660	705	885	885
Dünya Toplamı	13.858	15.606	16.620	17.748	18.151	18.902	19.039

Çizelge 2.3. Türkiye ve Dünya genelinde hektar başına yedi yıllık kırmızı biber verimi (Anonymous, 2002 e)

Ülke	YILLAR (Hektogram/Hektar)						
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Çin	181.601	185.133	183.541	180.588	175.441	185.679	185.792
Meksika	120.899	118.765	145.073	118.577	109.898	119.279	130.496
Türkiye	189.474	191.667	188.333	204.412	200.000	200.000	200.000
İspanya	345.196	374.009	390.827	398.242	408.894	411.842	414.249
Barbados	71.000	66.667	60.946	60.811	60.000	60.000	60.000
Amerika	235.458	275.474	298.417	287.816	307.038	309.769	309.769
Dünya Ortalaması	116.901	121.049	126.091	125.333	121.959	128.274	130.693

### 2.3. Kırmızıbiberlerin Bileşimi

Biberin yapısında başta askorbik asit olmak üzere bazı vitaminler, kırmızı karotenoidler, yağ, mineraller ve aromatik bileşikler bulunmaktadır. Biberin bileşiminde bulunan maddeler Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Biberin bileşiminde bulunan maddeler (100 g madde de) (Beis, 1990)

Bileşim ögesi	Kapsikum	Hindistan		Amerikan		Kapsikum (tohum)
		Chilli	Paprika	Chilli	Paprika	
Kalori (kcal)	45	246	390	415	420	309
Nem (g)	86.9	10.0	7.9	6.5	6.2	7.4
Protein (g)	2.0	15.9	13.8	14.0	16.0	16.1
Yağ (g)	0.8	6.2	10.4	14.1	15.0	1.8
Karbonhidrat (g)	9.5	31.6	41.1	42.6	28.3	71.3
Lif (g)	1.7	30.2	19.2	15.6	26.0	35.0
Kül (g)	0.8	6.1	7.6	7.2	8.0	3.4
Ca (mg)	11	0.16	0.2	0.1	0.1	0.57
P (mg)	47	0.37	0.3	0.32	0.32	0.466
Fe (mg)	0.9	2.3	0.23	0.01	0.01	7.0
K (mg)	3.74	–	2.4	2.1	2.1	–
β-karoten (mg)	4.77	0.576	4.915	6.185	3.53	0.3
Tiamin (mg)	0.09	–	0.6	0.59	0.52	0.64
Riboflavin (mg)	0.12	–	1.36	1.66	0.93	0.29
Niasin (mg)	0.4	–	15.3	14.2	13.6	11.8
Askorbik asit (mg)	86	50	58.8	63.7	29.41	29

Kırmızıbiber askorbik asit yönünden oldukça zengindir. Turunçgillerden daha fazla askorbik asit içermektedir. Çizelge 2.5.'de bazı meyve ve sebzelerin askorbik asit içerikleri, Çizelge 2.6.'da ise vitamin A içerikleri verilmiştir.

Çizelge 2.5. Çeşitli meyve ve sebzelerin askorbik asit içerikleri (Wills vd., 1998)

Meyve – Sebze	Askorbik asit (mg /100g)
Guava	200
Kırmızıbiber	150
Brokoli	100
Papaya	80
Kiwi	70
Çilek, Turunçgiller	40
Lahana	35
Mango (Hint kirazı)	30
Elma, muz, patates, domates, kayısı	10
Pancar, soğan	5

Çizelge 2.6. Çeşitli meyve ve sebzelerin vitamin A içerikleri (Wills vd., 1998)

Meyve – Sebze	Vitamin A (mg /100g)
Havuç	10.0
Patates	6.8
Maydanoz	4.4
Ispanak	2.3
Mango	2.4
Kırmızıbiber	1.8
Domates	0.3
Kayısı	0.1
Muz	0.1
Patates	0.0

### 2.3.1. Kırmızıbiber Acılık Veren Maddeler

Kapsaisinoidlerle ilgili ilk çalışmalar 1816'da Burcholz ile başlamıştır. Burcholz, Capsicumdaki acılık bileşenlerinin maserasyona tabi tutularak organik çözücülerle ekstrakte edilebileceğini ve bir yıl sonra da bu bileşenlerin alkalilerle tuz şeklinde kompleks halde bulunduğunu kaydetmiştir. 1846'da Tresh, bu aktif bileşenleri "capsaicin" olarak isimlendirmiştir. Daha sonraları Kosuge ve arkadaşları ince tabaka kromatografisinin geliştirilmesi ile acılık uyarıcı özelliğe sahip birbiriyle ilişkili iki bileşen belirlemişler ve komponent karışımına "kapsaisinoid" adını vermişlerdir. Daha etkili kromatografik ayırma ve spektral metotların uygulanması ile bu iki temel komponent (kapsaisin ve dihidrokapsaisin) ile üç minör komponent



(nordihidro kapsaisin, homokapsaisin ve homodidro kapsaisin) Capsicum ekstraktından izole edilmiştir (Yemiş, 2001).

Yemiş (2001)'in yaptığı çalışmada değişik illerden temin edilen kırmızı biber örneklerinden etanol ekstraksiyonu ile oleoresin capsicum üretimi gerçekleştirilmiştir. Kırmızı biber ve kırmızı biber tohumlarında temel acılık maddeleri (kapsaisin, dihidro kapsaisin ve nordihidro kapsaisin) ters faz HPLC metodu ile tanımlanmış ve miktarları saptanmıştır. Maraş yöresine ait kırmızı biberlerde kapsaisin % 0.081-0.142 (m/m), dihidro kapsaisin % 0.038-0.070, nordihidro kapsaisin % 0.001-0.004 sınırları arasında saptanmıştır. Süs ve Chilli biberlerinde toplam kapsaisinoid miktarı sırasıyla % 0.211 ve % 0.470 olarak bulunmuştur. Maraş, Süs ve Chilli biber tohumlarının toplam kapsaisinoid içeriği sırasıyla % 0.063, % 0.170 ve % 0.160 olarak bulunmuştur. En düşük toplam kapsaisinoid içeriği (% 0.055) İso biberinde saptanmıştır.

### 2.3.2. Renk Bileşikleri

Olgun kırmızı biberdeki renk kapsantin ve kapsorubinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda kırmızı biberin zeaksantin,  $\beta$ -kriptoksantin, antraksantin gibi ksantofiller ve  $\beta$ -karoten gibi karotenlerce zengin olduğu tespit edilmiştir. Bu karotenoidlerin en önemlilerinden olan kapsantin kırmızı renkli capsicumların farklı varyetelerinde % 30-60 arasında değişen oranlarda bulunmaktadır. Kırmızı renge katkısı olan diğer bir karotenoid kapsorubin olup, toplam karotenoidlerin % 6-18'ini oluşturmaktadır (Minquez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1994).

Birçok gıda için, içerdiği karotenoid madde miktarı önemli bir kalite kriteridir. Karotenoid pigmentleri gıdalara karakteristik renklerini vermeleri dışında, birçok karotenoid madde de vitamin A aktivitesi göstermektedir (Özkan ve Cemeroglu, 1997).

Kapsantin, *Capsicum annuum* çeşidi paprikanın en önemli pigmentidir. Paprikalar ve *Capsicum annuum* türü diğer kırmızı çeşitler özellikle kapsantin ve kapsorubin

açısından oldukça önemli zengin karotenoid kaynaklarıdır. Kapsantin ve kapsorubine ek olarak  $\beta$ -karoten, kriptoksantin, zeaksantin, kriptokapsin, viyolaksantin, antheraksantin, mutaksantin ve lutein epoksit varlığı yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Daha önceden karotenoidlerde siklopentan halkasının varlığı bilinmezken daha sonra kapsantinde 1, kapsorubinde 2 tane siklopentan halkası olduğu saptanmıştır (Yemiş, 2001).

Öğütme koşulları, depolama sıcaklığı, nemi, işleme sırasındaki mekanik kurutuculardaki yüksek sıcaklık, güneş altında uzun süre kurutma gibi işlemler boyunca oksidasyondan dolayı renk bozulması meydana gelebilmektedir (Govindarajan, 1985).

Karotenoidlerin yüksek derecedeki doymamışlığı onları ısı, ışık ve oksijene karşı duyarlı kılmaktadır. Gıda maddelerine işleme ve depolama boyunca uygulanan sıcaklık ve ön işlemler, son ürünlerdeki stabilitenin belirlenmesinde önemlidir. Biberin üretimi sırasında özellikle karotenoidleri içeren fraksiyonların uygulanan endüstriyel işlemlerden dolayı, başlangıçta meyvede bulunan bazı komponentlerin parçalanmasına neden olabilmektedir. Karotenoid pigmentleri kendi doğal çevrelerinde oldukça stabildir, fakat gıda maddesi ısı ile işleme maruz kaldığında veya toz haline getirildiğinde, yağ ve organik asit ile ekstrakte edildiğinde daha duyarlı olurlar. Bu nedenle termo-oksidatif reaksiyonların karotenoidlerin termal degradasyonunda oldukça etkili olduğu görülmüştür. Renk bozulmasının derecesi, oksidanların varlığına (moleküler oksijen) ve degradasyon reaksiyonunun meydana gelmesi için gerekli enerjinin sağlanmasına bağlıdır. Bu enerji ısı ve ışık şeklinde olup, bozulmanın en önemli nedeninin oksidasyon olduğunu saptamıştır (Minquez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1994).

İşlemenin yani toz haline getirmenin pigment stabilitesi üzerine etkisini inceleyen bir araştırmada, sarı pigmentlerin kırmızı pigmentlerden daha fazla miktarda degrade olduğu görülmüştür.  $\beta$ -karoten en duyarlı pigment olup bunu  $\beta$ -kriptoksantin ve zeaksantin izlemiştir. Kırmızı pigmentler içerisinde kapsantin ve kapsorubin en stabil bileşikler oldukları görülmüştür (Minquez-Mosquera ve Hornero-Mendez, 1994).



Lee ve Kim (1989) kırmızıbiber kurutulması süresince enzimatik olmayan kararma karotenoid parçalanmasının fonksiyonel ilişkilerini, gerçek kurutma deneylerinde nem-sıcaklık-kalite değişkenlerini içeren bir dinamik test ile belirlemişlerdir. Karotenoid parçalanmasının 1. dereceden, enzimatik olmayan kararmanın 0. dereceden reaksiyon verdiğini kabul edip, sıcaklık ve nem içeriklerine göre hız sabitlerini saptamışlardır. Karotenoid parçalanmasının hız sabiti, yüksek sıcaklık ve nemde yüksek olduğu anlaşılmıştır. Karotenoid yıkımının aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) 7.7-27.4 kcal /mol iken enzimatik olmayan kararmanın aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) 7.5-20.2 kcal /mol olduğu ve yüksek nemde yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir.

Aczel (1986) yaptığı çalışmada kırmızı rengi sağlayan kapsantin ve kapsorubini biberin olgunlaşması ile saptamıştır. Rengin % 60'dan fazlasını kırmızı oluştururken bunun % 53.5 'i de kapsantin bileşenidir.

#### **2.4. Karotenoidler**

Karotenidler, genel olarak yağda çözünen, bitkisel ve hayvansal ürünlerde sarıdan koyu kırmızıya, viyoleye ve hatta siyaha kadar değişen farklı renkte maddelerdir. Ancak çoğunluğu sarı ve kırmızı renktedir. Karotenoidler biyolojik olarak çok farklı fonksiyonlara sahiptirler (Olson, 1989; Kuşçu vd., 2002). Karotenoidler üzerine yapılan araştırmalar onların doğal oluşumu, biyolojik aktiviteleri, biomedikal uygulamaları, fotokimyasal ve elektrokimyasal özellikleri üzerine yoğunlaşmaktadır (Liu vd., 2000). Şimdiye kadar üzerinde en fazla çalışılan karotenoid,  $\beta$ -karoten ve bunun sahip olduğu provitamin A'dır. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalarla birlikte, diğer karotenoidlerin sahip oldukları farklı özelliklere ait bilgilerde hızlı bir şekilde artış görülmektedir (Molnár vd., 2000).

Karotenoidler, *in vitro* sistemde etkili olarak antioksidan özellik gösterirken, *in vivo* sistemdeki durumları çok açık bir şekilde bilinmemektedir (Sies ve Krinsky, 1995). *In vivo* sistemde antioksidan etki, konsantrasyona, hedef hücrelerdeki yerleşimine ve oksijenin durumuna bağlı olmaktadır. Fakat bu bilgilerin çoğu hala netlik kazanmamıştır (Berg vd., 2000).

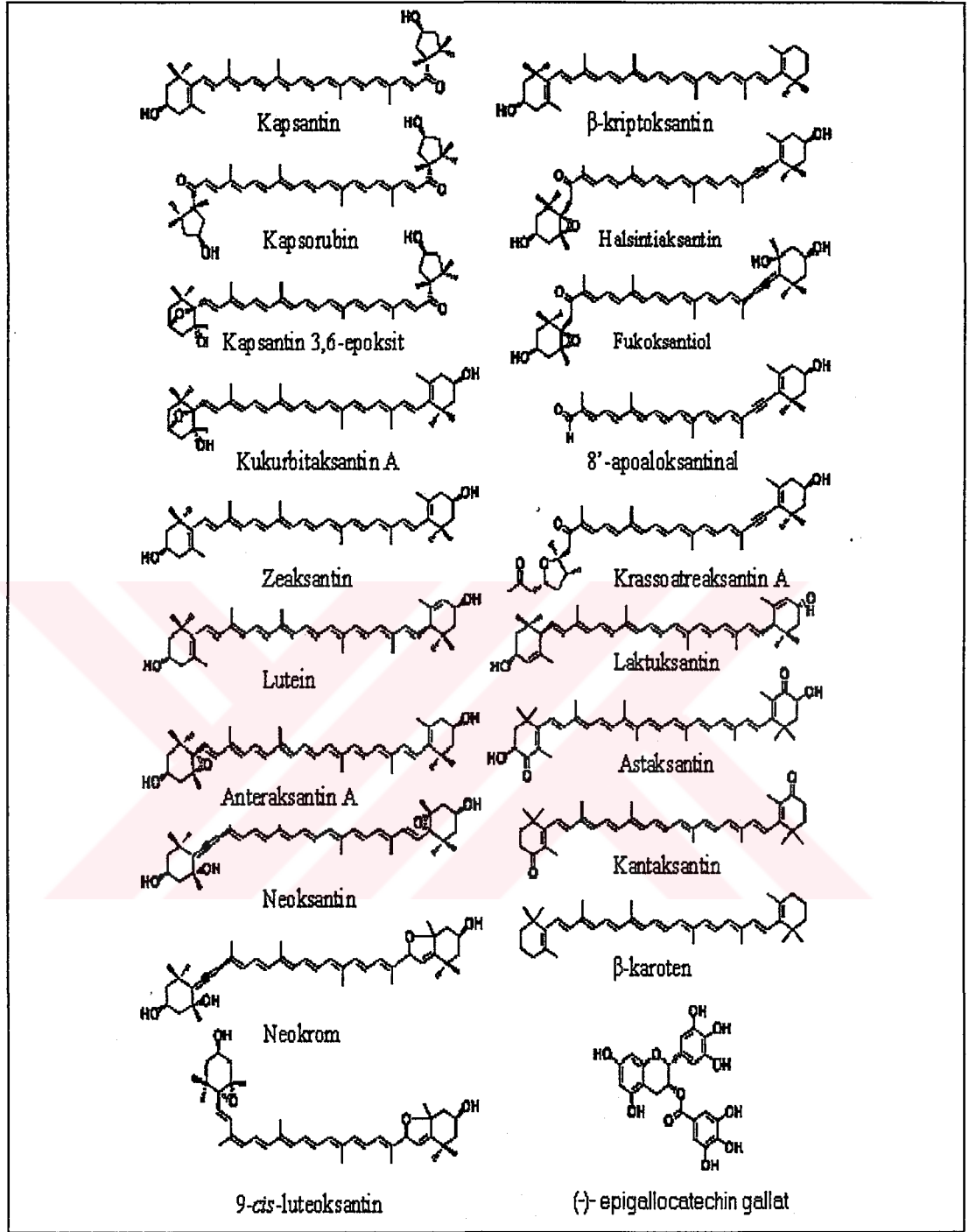
Bitkiler aleminde karotenoid grubu maddeler yapraklarda, çeşitli meyvelerde, çiçeklerde, köklerde bulunan doğal renk pigmentleridir. Ayrıca süt ürünleri, yumurta sarısı, somon balığı, karides, yengeç, tereyağı gibi hayvansal ürünlerde, yosunlarda, fotosentetik bakterilerde, funguslarda ve kanda da bulunmaktadır (Macrae, 1988; Van Niekerk, 1988; Özkan ve Cemeroğlu, 1997; Tatsuzawa vd., 2000; Hornero-Méndez ve Mínguez-Mosquera, 2000; Kuşçu vd., 2002). Bakteri, alg, fungus ve bitkiler karotenoidleri bünyelerinde sentezlerken, hayvanlar kendi bünyelerinde bu maddeleri sentezleyemedikleri için besinle dışarıdan alırlar (Astorg, 1997). Son yıllarda tanımlanan karotenoid madde sayısında hızlı bir artış olmuş ve bu sayı günümüzde 1000 civarına ulaşmıştır (Handelman, 2001).

#### 2.4.1. Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikler

Karotenoidler iki adet konjuge  $C_{20}$  ünitesinden oluşan simetrik tetraterpen yapıda renk maddeleridir. Bütün karotenoidler asiklik  $C_{40}H_{56}$  ünitesinden hidrojenasyon, dehidrojenasyon, siklik ve/veya oksidasyon reaksiyonları sonucu oluşurlar. Karotenoidlerin hepsi konjuge çift bağlardan meydana gelir ve bu bağların konumu karotenoidin fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliğini ortaya koyar (Berg vd., 2000). Şekil 2.4.'de bazı karotenoidlerin kimyasal yapıları verilmiştir.

Genel olarak karotenoidler, karotenler ve ksantofiller olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. 1906 yılında Michael Tsweet karoten ile ksantofili kalsiyum karbonatlı kolonda çözücü olarak petrol eterini kullanarak ayırmıştır (Macrae, 1988).

Karotenler, yapılarında karbon ve hidrojen içeren hidrokarbonlardır. Örnek olarak,  $\beta$ -karoten ve  $\alpha$ -, $\gamma$ -, $\delta$ - izomerleri ile likopen verilebilir. Ksantofiller (Oksikarotenoidler) yapılarında karbon ve hidrojene ek olarak oksijen de içeren karoten türevleridir ve örnek olarak kantaksantin, lutein ile kapsantin verilebilir. Doğadaki karotenoidlerin büyük bölümü ksantofillerden oluşur. Ksantofiller yapılarında hidroksil, alkoksi, epoksi, aldehit, keton ve asit grubu içerirler (Smith, 1993; Özkan ve Cemeroğlu, 1997).



Şekil 2.4. Çeşitli karotenoidlerin kimyasal yapısı (Murakami vd., 2000)

Karotenoidler karbon-karbon çift bağ zincirine sahiptirler. Çift bağ sayısı arttıkça karotenoidlerin rengi daha kırmızı olmaktadır (Bağdatlıoğlu ve Demirbüker, 1999).

Yeşil bitkilerde karotenoidler klorofil tarafından maskelenirler, zaman içerisinde klorofilin değişimi ile birlikte karotenoidlerin baskılanmış olan renkleri açığa çıkar (yeşil biberin olgunlaştıktan sonra kırmızı renk alması gibi) (Belitz ve Grosch, 1999).

#### 2.4.2. Cis-Trans ve Optikçe İzomerlik

Karbon atomları arasındaki çift bağlarla ve yeri değişmiş olan karbon atomlarına bağlı olmak üzere izomer oluşumları cis/trans şeklinde ifade edilir. Cis-trans ifade şekli genellikle karotenoidlerin biyokimya bilim dalındaki gösteriliş tarzıdır. Moleküldeki çift bağ sayısına göre, teorik olarak çok sayıda farklı mono ve poli-cis geometrik izomerler oluşmaktadır. Bu yapılar ısı, ışık, ya da kimyasal reaksiyonlarla bir şekilden diğer şekle dönüşebilmektedirler. Örnek olarak sebzelerin pişirilmesi sırasında trans şeklindeki karotenoid izomerleri cis şeklindeki karotenoid izomerlerine dönüşür (Rock, 1997).

Karotenoidlerin çoğu asimetric karbon atomuna sahiptirler. Bu bileşikler farklı stereoizomerik (optik izomerler veya enantiomerler) yapıdadırlar ve biri birinin aynadaki görüntüsü gibidirler. Optikçe izomerler, polarize ışıktan etkilenenler hariç kendilerine has özelliklere sahiptirler. Normal olarak doğal karotenoidler, biosentezlenirken enantiomerik seçicilikte olmaları nedeniyle sadece bir enantiomerik şekilde bulunurlar (Wingerath vd., 1996; Berg vd., 2000).

#### 2.4.3. Çözünürlük

Karotenoidler, su içerisinde çözünmeyen aşırı lipofilik bileşiklerdir. Sulu ortamlarda yüzeye düzensiz bir şekilde tutunurlar veya yüzeyde dağılmamış şekilde bulunurlar. Karotenoidler tetrahidrofuran, halojenlenmiş hidrokarbonlar ve hekzan gibi polar olmayan organik çözücülerde çözünürler. Organizma içinde vücudun yağ bölgelerinde, hücre membranlarında veya lipofilik kısımlarda bulunurlar. Karotenoidler siklomikronlar, orta kalan siklomikron, VLDL, LDL ve HDL içeren lipofilik lipoproteinlere taşınırlar (Johnson ve Russell, 1992; Craft ve Soraes, 1992). Bazı bitkilerde, hidrokside olmuş karotenoidler çeşitli yağ asitleri esterleriyle esterleştirilirler. Bu durum onlara daha çok lipofilik özellik kazandırır.

#### 2.4.4. Işık Absorbsiyonu ve Fotokimyasal Özellikler

Karotenoidler konjuge çift bağ sayısına göre sarı, turuncu veya kırmızı renk veren bileşiklerdir. Karotenoidlerin maksimum absorpsiyonu konjuge çift bağ sayısına bağlıdır ve 400-500 nm dalga boylarında maksimum absorbanza sahiptirler. Görünür bölge spektrumları spesifik karotenoidlerin ilk tanımlanmasında kullanılır. Yapıyı oluşturan bileşenlerin spektrumları yardımıyla gerçek yapıya ait ek bilgiler sağlanır. Karotenoidlerin cis izomerleri 320-360 nm dalga boyları arasında da absorpsiyon özelliği gösterirler. Absorpsiyonun yoğunluğu, cis bağı molekülün ortadaysa çok kuvvetli, molekülün sonundaysa zayıf ya da hiç etkisizdir (Berg vd., 2000).

#### 2.4.5. Biyolojik Fonksiyonlar ve Aktiviteler.

Biyolojik fonksiyonlar bir organizmanın iyi durumda olması için önemliken, biyolojik aktiviteler ise uygulamadan sonra fizyolojik ya da farmakolojik durumdan sorumludurlar (Rock, 1997).

Bitkiler ve fotosentetik organizmalarda bulunan karotenoidler, fotosentez oluşumunda ve ışıktan korunmada enerjiyi transfer edebilme yeteneklerinden dolayı fonksiyonel göreve sahiptirler. Bu fonksiyonlar belirli fotokimyasal reaksiyonlarla ilgili hücrel hasarlardan hücreleri ve dokuları korumakla görevlidirler (Krinsky, 1994).

Karotenoidlerin yaklaşık altmış kadarı provitamin A özelliği gösterir (Kuşçu vd., 2002). Vitamin A, görme, gelişme, hücrel farklılıklar, genlerin morfolojik özellikleri, diğer hücrel ve fizyolojik fonksiyonlar için gereklidir (Olson, 1996). Diyetlerdeki karotenoidlerin vitamin A aktivitesine olan katkıları, toplumdaki topluma alışlagelen beslenme tarzına göre farklılıklar gösterir. Vitamin A nispeten zayıf bir antioksidandır. Karotenoidlerin sahip oldukları farklı antioksidan aktiviteler in vitro sistemde gözlenmiştir. Örnek olarak; likopen,  $\beta$ -karoten ve lutein'e göre daha güçlü antioksidan etki göstermektedir (DiMascio vd., 1991).

Karotenoidlerin in vivo sistemde antioksidan aktiviteleri bir çok çalışmada gözlenmiştir (Krinsky, 1993). Ayrıca karotenoidlerin antioksidan özelliklerinin lipid peroksidasyonunu da engellediği kanıtlanmıştır (Canfield ve Valenzuela, 1993).

#### 2.4.6. Karotenoidler ve Sağlık

##### 2.4.6.1. Karotenoidler ve Hastalıkların Önlenmesi

Karotenoidlerin, antioksidan, serbest radikal baskılayıcı ve provitamin A özellikleri yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Nesaretnom vd., 1997). Çeşitli karotenoidler bazı hastalıkların önlenmesinde etkin rol oynamaktadırlar. Karotenoidlerin bazı fonksiyonel özellikleri Çizelge 2.7.'de verilmiştir. Düşük karotenoid içeren beslenme şekli yada kandaki karotenoid seviyesinin düşük olması, hastalık riskini artırmaktadır (Sies ve Krinsky, 1995). Bu hastalıkların çoğunda serbest radikallerin vermiş oldukları hasarlar hastalığın patofizyolojisinde önemli rol oynamaktadır (Diplock, 1991).

Çizelge 2.7. Karotenoidler ve fonksiyonel özellikleri (Berg vd., 2000)

Fonksiyon	Karotenoidler
Provitamin A aktivitesi	$\beta$ - $\alpha$ -karoten, $\beta$ -kriptoksantin
Antioksidan	Bütün karotenoidler
Hücre iletişimi	$\beta$ -karoten, kantaksantin, kriptoksantin
Bağışıklık sistemini güçlendirici	$\beta$ -karoten
UV'den cildi koruma	$\beta$ -karoten, likopen
Ciltte leke oluşumunu engelleme	Lutein, zeaksantin
Katarak oluşumunu engelleme	$\beta$ -karoten

Kanser tedavilerinde cerrahi müdahale en çok uygulanan yöntem olmakla birlikte, radyasyon-kemoterapi uygulamaları da sıklıkla uygulanmaktadır. Bu amaçla kullanılan serbest radikaller ve OH, HO<sub>2</sub><sup>·</sup>, ROO<sup>·</sup>, 'O<sub>2</sub>, HO<sup>·</sup><sub>3</sub>, gibi moleküler reaktif oksijenlere suda çözülmüş elektronların (e<sub>aq</sub><sup>-</sup>), H-atomları ve nitroksit türevlerinin reaksiyona girmesiyle oksidatif baskı oluşturmaktadır (Getoff, 2001).



#### 2.4.6.2. Karotenoidler ve Kanser

Son yirmi yıl içerisinde bilim adamlarının ortak görüşü, özellikle karotenoid içeren meyve-sebze tüketimi ile kanser arasında yakın bir ilişki olduğu yönündedir (Van Poppel ve Van Den Berg, 1997; Ovesen, 1999; Collins, 2001).  $\beta$ -karoten en bol bulunan ve üzerinde en çok çalışılan karotenoid olmuştur. Düşük oksijen basıncında ve tokoferoller gibi diğer antioksidanların varlığında  $\beta$ -karoten etkili bir lipid peroksidasyon önleyici özellik gösterirken, yüksek oksijen basıncında pro-oksidasyon önleyici özelliği göstermektedir. Yapılan son çalışmalarla birlikte sadece  $\beta$ -karoten'in değil  $\alpha$ -karoten, likopen gibi karotenoidlerle lutein, kantaksantin, fukoksantin, halosintiaksantin gibi ksantofillerin de kanserin kimyasal olarak önlenmesinde etkin rol oynadıkları anlaşılmıştır. Kantaksantin, astaksantin ve zeaksantin gibi ksantofiller  $\beta$ -karotenden daha yüksek antioksidan özellik gösterirler (Astorg, 1997; Maoka vd., 2001).

$\beta$ -karoten ve kanser ilişkisi üzerine Lixian tarafından yapılan çalışmada 15 mg  $\beta$ -karoten 30 mg E vitamini ve 50  $\mu$ g selenyum karışımının kanser önlemede etkili olduğu belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada sadece 25 mg/gün  $\beta$ -karoten miktarının kanser üzerinde hiçbir koruma etkisi göstermediği tespit edilmiştir (Physician Health Study). Yüksek dozda  $\beta$ -karoten miktarında (The Alpha-Tocopherol,  $\beta$ -carotene Cancer Prevention Study Group (ATBC) çalışması 20 mg/gün ve Carotene and Retinol Efficacy Trial (CARET) çalışması 25000 IU vitamin E ile 30 mg/gün  $\beta$ -karoten bileşimi) akciğer kanserinde büyük bir risk ortaya çıkarmıştır. Yüksek dozda  $\beta$ -karoten sigara ve alkol içenlerde kanser açısından büyük risk oluşturmaktadır (Berg vd., 2000).

#### 2.4.6.3. Karotenoidler ve Kalp Hastalıkları

Kalp hastalıklarında,  $\beta$ -karoten'in pozitif etkisi bir çok gözlemsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Mevcut veriler vitamin A ve karotenoidlerin antioksidan olarak etkili olduklarını göstermektedir. Çizelge 2.8.'de karotenoidlerin kalp hastalıklarıyla olan ilişkisi ile ilgili bazı çalışma sonuçları verilmiştir (Palace vd., 1990).

Çizelge 2.8. Vitamin A ve karotenoidler ile kalp hastalıkları arasındaki ilişkiyi tespit için yapılan bazı çalışmalar (Palace vd., 1999)

Üzerinde Çalışma Gerçekleştirilenler	Çalışılan Grup	Çalışma süresi	Gözlemler
Hemşireler, profesyonel sağlık çalışanları	87.245 Kadın 34-59 yaş grubu	8 yıl	$\beta$ -karoten ve vitamin A alımı ile koroner kalp hastalığı riskinde azalma
Massachusetts'te bulununlar da	1299 yaşlı	Tek analiz	Plazmadaki yüksek $\beta$ -karoten'in kalp ile ilgili rahatsızlıkları azaltması
Avrupa değişik merkezlerde	1410 < 70 yaş	Tek analiz	Yağlı dokularda fazla $\beta$ -karoten miktarı çok sigara içenlerde zayıflama etkisi gösterdi
İsviçre'de oturanlarda	3000 Erkek yaş ortalaması 50.9	12 yıl	Plazmadaki düşük karoten miktarının kalp hastalığı ve çarpıntı riskini artırması
Washington County Hastanesinde	125	Tek analiz	Plazmadaki yüksek $\beta$ -karoten ve lutein'in miyokard enfarktüsü azalttığı gözlemlendi (sigara kullananlar hariç)
Batı Avrupa ülkeleri	Erkekler < 65 yaş	17 yıl	Diyetle alınan yüksek $\beta$ -karoten'in kalp hastalığından ölüm oranını azalttığı
Yağ araştırma merkezi çalışanlarında	1899 kişi 40-59 yaş	13 yıl	Aşırı şişman ve sigara içen erkeklerde kan serumundaki düşük karotenoid seviyesi ile koroner hastalıkların artış göstermesi
Chicago Western Elektrik Şirketin de	1556 Erkek 40-55 yaş	24 yıl	Yüksek $\beta$ -karoten alımı ile kalp hastalıklarında düşüş gözlenmiş
Dermatoloji çalışanları	1730 kişi yaş ortalaması 63.2	8.2 yıl	Yüksek $\beta$ -karoten alımı ile kardiyovasküler kalp hastalığında azalma
İspanya'da	62 kişi 30-70 yaş	Tek analiz	Miyokardiyal enfarktüs sonrası plazmada vitamin A seviyesi düşük görüldü
Eddinburg'da	6000 Erkek 35-64 yaş	Tek analiz	Plazmadaki yüksek $\beta$ -karoten miktarının anjin riskini düşürdüğü gözlemlendi
Arteriyosiklorozis riski olanlar	11307 kişi 45-64 yaş	Tek analiz	Provitamin A özelliği gösteren karotenoid alımı ile aort damar kalınlığı arasında ters orantı olduğu gözlemlendi

Vücutta vitamin A; retinol, retinal ve retinoik asit olarak bulunmaktadır. Bunların yüksek konsantrasyonları toksiktir, proteinlere dışarıdan bağlanırlar ve hücre içinde



bulunurlar. Vitamin A ve karotenoidlerin antioksidan özellikleri hidrofobik polien zincirlerinden ileri gelmektedir ve böylelikle kalp hastalıklarına sebep olan singlet oksijen baskı altına alınmakta, thiyl radikalleri nötralize olarak peroksil radikalleriyle birleşerek bu radikalleri stabilize etmektedir. Genel olarak daha uzun polien zincirleri daha fazla peroksil radikallerini stabilize etmektedir. Vitamin A ve karotenoidler yapılarından dolayı oksijen yoğunluğu arttığında otookside olabilmektedirler, dolayısıyla düşük oksijen yoğunluğunda daha fazla antioksidan etkisi göstermektedir. Bu da dokularda bulunan oksijen yoğunluğunun fizyolojik tipiyle ilgilidir (Gey, 1995; Palace vd., 1999).

Besinlerle alınan fazla miktardaki karotenoidlerle kardiyovasküler hastalık riskinin azalması arasında biyolojik bağlantı olduğu belirtilmektedir. Fakat in vivo sistem üzerinde yapılmış çalışmalara göre karotenoidler ile LDL oksidasyonu arasındaki ilişkiyi açıklayan destekleyici bilgiler azdır. Hücre kültürlerinin bir çok tipinde, karotenoidlerin tümör gelişimini ve transformasyonunu engellediği görülmüştür (Krinsky, 1994).

#### **2.4.6.4. Karotenoidler ve Göz Hastalıkları**

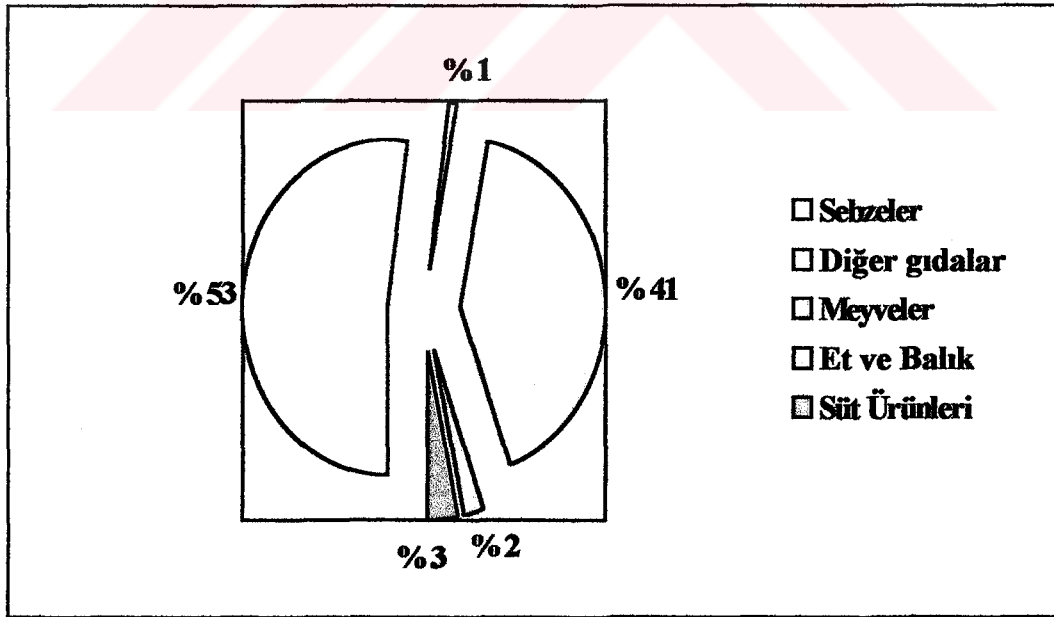
Epidemik çalışmalar, antioksidan ve karotenoid alımı ile katarakt ve yaşa bağlı leke oluşumu riski arasında ters bir ilişki olduğunu göstermiştir. Katarakt riskinin  $\beta$ -karoten seviyesinin düşmesiyle arttığı, ayrıca düşük seviyede karotenoid ya da likopen alımının yaşla ilgili leke oluşumuyla yakından alakalı olduğu bildirilmektedir. Ayrıca karotenoidlerin aktif oksijeni kullanarak lens lipidlerinin oksidasyonunu ve dolayısıyla yaşa bağlı katarakt gelişimini engellediği de belirlenmiştir (Baysal ve Ersus, 1999).

## 2.5. Askorbik Asit

### 2.5.1. Kimyasal Yapısı ve Genel Tanımı

Askorbik asit (vitamin C), taze meyvelerde özellikle turunçgiller ve sebzelerde bulunan, suda çözünebilir bir vitamindir (Anonymous, 1989; Suntornsuk vd., 2001). Askorbik asit yüksek polariteye sahip olmasından dolayı suda kolayca çözünürken apolar solventlerde çözünme özelliği gösterememektedir (DeMan, 1990). Askorbik asidin suda ki çözünürlüğü yaklaşık 30 mg/100 mL iken alkolde az, gliserinde erimesi güç, eter ve kloroformda ise hiç erimemektedir (Anonymous, 1992).

İnsanlarda L-Glukonolakton oksidaz enzimi bulunmadığı için, insan organizması L-Askorbik Asit (LAA) sentezi yapamaz. Fakat ekseri hayvanlar ve bütün bitkiler askorbik asidi sentezleyebilirler (Kaya, 1993). Dolayısıyla askorbik asit insan organizmasına besinlerle alınmaktadır. Amerika'da yapılan bir araştırmada besin yoluyla vücuda alınan askorbik asidin gıda gruplarına göre dağılımı Şekil 2.5.'de görülmektedir.

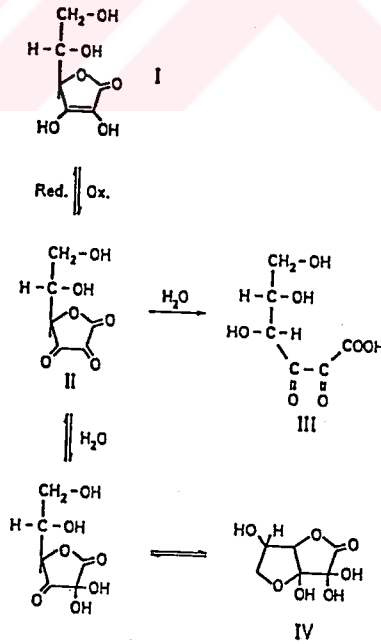


Şekil 2.5. Askorbik asidin vücuda alınmasında gıdalara göre yüzde dağılımı (Anonymous, 2002 f)

Askorbik asit denince akla LAA gelir. Çünkü, sadece bu izomerinin biyolojik aktivitesi vardır. Diğer bir izomeri olan DAA'nın hiçbir biyolojik aktivitesi yoktur. Başka bir izomer olan D-izoaskorbik asit (eritorbik asit) ise, aynen askorbik asit düzeyinde indirgen güce sahiptir fakat herhangi bir biyolojik aktivitesi bulunmamaktadır (Cemeroğlu ve Acar, 1986; Tüzün, 1992).

### 2.5.2. Askorbik Asit Stabilitesi ve Bozunumu

Askorbik asit, C-3 hidroksil grubunun iyonizasyonu sonucu asidik karaktere sahiptir (Potter ve Hotchkiss, 1995; Saldamlı, 1998). Askorbik asit ile L-dehidroaskorbik asit tersinir olarak indirgenme-yükseltgenme reaksiyonlarıyla birbirine dönüşebilmektedir. L-dehidroaskorbikasit sulu ortamda hemiketal'e dönüşmektedir. L-dehidroaskorbik asidin lakton halkası tersinir olmayan şekilde açıldığında biyolojik aktivitesini kaybederek 2,3-diketo glukonikasit'e dönüşür (Belitz ve Grosch, 1999). Reaksiyon oluşumu ve askorbik asidin genel yapısı Şekil 2.6.'da görülmektedir.



Şekil 2.6. Askorbik asidin genel yapısı ve yükseltgenme-indirgenme reaksiyonları (Belitz ve Grosch, 1999)

Askorbik asidin L-dehidroaskorbik aside oksidasyonu ve ilerleyen safhalardaki bozulma ürünleri bir takım parametrelere bağlıdır. Oksijen kısmi basıncı, pH, sıcaklık ve ağır metal iyonlarının varlığı büyük önem taşımaktadır. Metallerin katalize ettiği parçalanma, katalize edilmemiş kendiliğinden oluşan otooksidasyondan daha fazla olmaktadır. İz miktardaki ağır metal iyonları özellikle  $\text{Cu}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  büyük kayıplara sebep olmaktadır (Belitz ve Grosch, 1999).

Bognár ve Daood (1999), meyve-sebze ve değişik gıdalar olmak üzere 25 farklı gıdada LAA, L-Dehidroaskorbik asit (LDHAA), İzaskorbik asit (IAA) ve L-dehidroaskorbik asit (IDHAA) belirlemede üç yöntemi mukayese etmiştir. Alternatif olarak sundukları yöntemde LAA'nın ve IAA'nın tek hatta oksidasyonlarında kısa kolon kullanılmış, aktif karbonlu yatak sistemi geliştirilerek LDHAA ile IDHAA optimize edilmiştir. Ters fazlı HPLC analizinde, ön kolon kullanılarak oksidasyon ve türevlendirmeyele askorbik asit belirlenirken, referans diğer metotta da askorbik asit belirlenmiş ve modifiye ettikleri kendi metotlarında (aynı hatta) son-kolon oksidasyonu ve türevlendirmeyele LAA, LDHAA ve toplam askorbik asit belirlemişlerdir. Mevcut metoda göre kırmızıbiberde LAA 212 mg /100g, LDHAA 3.1 mg/100g ve toplam askorbik asit 215.1 mg/100g bulunurken, ters fazlı HPLC analizinde ve referans metotta toplam askorbik asit 215.3 mg/100g olarak bulunmuştur. Analizi yapılan örnekler içerisinde kırmızıbiber en yüksek askorbik asit içeriğine sahip meyve olarak bulunmuştur. Sonuçlara göre metotlarını oldukça basit, hatalara karşı hassas, mükemmel uyumlu ve tekrar edilebilirliğinin oldukça yüksek olduğunu belirtmektedirler.

### 2.5.3. Askorbik Asit ve Antioksidan Özelliği

Bazı moleküller  $\text{O}^{-2}$  ile birleşerek  $\text{O}^{-2}$ 'nin hücreye vereceği hasarı ortadan kaldırırlar, bu moleküller "antioksidanlar" olarak adlandırılırlar. Fazla miktarda askorbik asit ve diğer antioksidanların kullanımı üzerine en ikna edici veriler serbest oksijen radikallerini absorbe edebilme yetenekleri üzerinedir. Hücre içi enerji üretiminde yanma sonucu açığa çıkan bazı oksijen atomları fazladan elektron vererek  $\text{O}^{-2}$  radikalini oluşturmaktadır. AA bu serbest radikallerle, özellikle peroksil radikalleriyle ve singlet moleküler oksijeni ile reaksiyona girmektedir. Eğer hücre içi

enerji üretim biriminde oksijen radikalleri serbest kalacak olursa, diğer moleküllerle reaksiyona girmektedir (Anonymous, 2002 g). Hücre zarı (membranı) serbest oksijen radikalinden dolayı hasar görmekte ve hücre içi fonksiyonların düzenini bozmaktadır. Ortamda daha fazla O<sub>2</sub>- olması durumunda, DNA ile reaksiyon gerçekleşmekte kodlar bloke olmakta kodların okunması ve replikasyonunda hatalara sebebiyet vererek hücre mutasyonuna sebep olmaktadır. Yıllarla birlikte artan trilyonlarca düzensiz O<sup>-2</sup> miktarıyla hücre görevini ifa edememekte, yaşlanma ve kanser oluşumu hızlanmaktadır. Hücresel hasarlar OH gibi reaktif radikallerin biomoleküllerden hidrojen atomuna transfer olmasıyla oluşmaktadır. Askorbik asidin OH radikalleriyle reaksiyonu sonucu askorbik asit ile su oluşmaktadır (Anonymous, 2002 g).

## 2.6. Konuyla İlgili Yapılmış Farklı Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada kurutulmuş kırmızıbiberde enzimatik olmayan esmerleşme farklı su aktivitesi değerlerinde, depolama sıcaklıklarında ve paketlenme şartlarında incelenmiştir. Tüm haldeki biber ve öğütülmüş biber tohumlu ve tohumuz olacak şekilde işlenmiş, esmerleşme 0. derece reaksiyonla tanımlanmış, denge sabitinin su aktivitesi ve sıcaklıktan fazlaca etkilendiği görülmüştür. Azot gazıyla paketlenmede esmerleşme oranında önemli bir değişiklik gözlenmemiş, minimum esmerleşme için biberlerin tüm şekilde veya tohumla birlikte tamamen öğütülmüş şekilde ve su aktivitesi 0.3'ün altında olacak şekilde depolanması tavsiye edilmiş, tohumuz toz halde depolama tavsiye edilmemiştir. Ayrıca su aktivitesi değeri 0.7'nin üzerinde iken esmerleşme oranı düşük bulunmuşsa da bu değerde depolamanın mikrobiyolojik sorunlara sebep olabileceğine dikkat çekilmiştir (Lee vd., 1991).

Paprikada bulunan antioksidan vitaminlerin farklı olgunluk evreleri (yeşil, birinci renk dönümü, ikinci renk dönümü, kırmızı ve koyu kırmızı) ve teknolojik işleme şartlarındaki değişimleri incelenmiştir. AA, LDHAA'dan kolayca ayrılabilmiş, paprika karotenoid ekstraktının kompleks yapıda olmasından dolayı β-karoten'in basit, doğruluğu yüksek ve tek analitik adımda belirlenmesi zor olmuştur. Merkez Gıda Araştırma Enstitüsü Lipid Grubu'nun geliştirdiği HPLC yöntemiyle karotenoid

ve esterlerinin izokratik mobil fazda ayrımı mükemmel sonuç vermiştir. Bu metot bazı araştırmacıların da kullanıp sonuç aldığı metot olmuş ve 42 karotenoid sabunlaştırma yapılmadan kalitatif ve kantitatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca karotenoidlerin yağ asitleri esterlerinin alkali hidrolizinden uzak tutulmasının önemli olduğu belirtilmiş aksi halde pigment bileşenlerinden gelebilecek büyüklü küçüklü yapıların deneysel hatalara yol açabileceği belirtilmiştir. Bu metodun diğer bir avantajı da  $\beta$ -karoten'in en önemli provitamin A yapısında olan cis formunun trans formundan ayrılabilirliği olmuştur. Meyve yeşil iken az miktarda AA,  $\alpha$ - tokoferol ve  $\beta$ -karoten belirlenmiştir. İkinci ve üçüncü renk dönümünde AA düşmeye başlarken  $\alpha$ -tokoferol ve  $\beta$ -karoten artmış, koyu kırmızı renkte AA düşmeye devam etmiş  $\alpha$ -tokoferol düşmeye başlamış,  $\beta$ -karoten en yüksek düzeye ulaşmıştır. Kurutma süresince her üç antioksidan da hava akımlı kurutucuda doğal kurutmaya göre daha az kayba uğramıştır. Doğal kurutmada koyu kırmızı renk meyvede AA kaybı % 63 iken hava akımlı kurutucuda kayıp % 54 olmuştur.  $\beta$ -karoten koyu kırmızı renkli meyvede % 8 oranında kayba uğrarken, olgunlaşma aşamasında aynı kurutma yönteminde % 53-56 oranında kayıp olduğu belirtilmiştir (Daood vd., 1996).

Paprika tozunda bulunan karotenoid pigmentlerindeki bozunma oranları depolama süresi, floresan ışığı ve oksijen varlığında HPLC yöntemiyle belirlenmiştir. Normal ve vakumla paketlenmiş örneklerin yarısı poşetlerde karanlık ve kuru ortamda, diğer yarısı 18 W'lık floresan ışıklı metal kutularda ışık poşetlerin 20 cm üzerinde olacak şekilde,  $22 \pm 1$  °C'de depolanmıştır. 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28 günlük depolama süresince analizler yapılmıştır. 35'den fazla pigment tanımlaması LiChrocart RP-18 kolonda, su-aseton-metanol mobil fazı kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak bozulmayı en fazla depolama süresinin en az da oksijen varlığının etkilediği belirtilmiştir (Morais vd., 2001).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

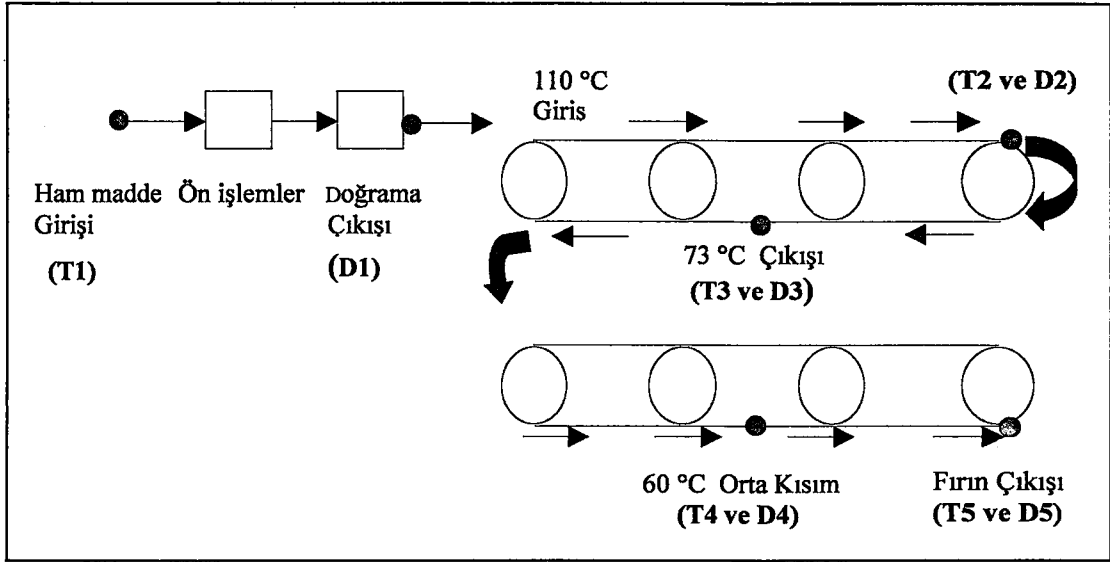
Araştırmada Isparta yöresinde faaliyet gösteren bir meyve-sebze kurutma işletmesinden, hammaddenin kurutma öncesi, kurutma esnası ve kurutma sonrası son ürün elde edilmesine kadar belirlenmiş 6 ayrı noktadan örnek temin edilmiştir. İşletmeye doğranmış ve tüm halde olmak üzere iki şekilde kırmızıbiber örnekleri verilmiş olup, bunlardan tüm olarak kurutulanlar T, doğranarak kurutulanlar D harfleriyle ifade edilmişlerdir. Çizelge 3.1'de Kurutma öncesi ve kurutma süresince temin edilen örnek çeşitleri ve örnek alınan noktalar simgeleriyle, Şekil 3.1.'de ise kurutma işlemi akış şeması ile örnek alınan noktalar gösterilmiştir.

İşletmeye alınmış, işlem görmemiş tüm haldeki kırmızıbiberler örnek T1; yıkama, göbek patlatma, sap, tohum ve tohumların ayrılmasından sonra 6x6 mm boyutlarında doğranmış hammadde örnek D1; kurutma tünelinin 96 °C çıkışından örnek T2 ve D2; 73°C çıkışından örnek T3 ve D3; 60 °C ' li fırın orta kısmından örnek T4 ve D4; son fırın çıkışından örnek T5 ve D5 alınmıştır. İşlenmemiş tüm haldeki biberlerin fotoğrafı Şekil 3.2.'de, tüm olarak kurutucuya verilip farklı noktalardan alınan örneklerin fotoğrafı Şekil 3.3.'de, doğranmış ve doğranarak kurutulmuş örnekler ile analizlerde kullanılmak üzere öğütülmüş biberler Şekil 3.4.'de verilmiştir. Örnekler analiz yapılacağı zamana kadar -18 °C'de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.1. Kurutma işleminden temin edilen örnek çeşitleri ve örnek alınan noktalar

Örnek çeşidi	Örnek alınan noktalar				
	İşlem görmemiş	96 °C çıkış	73°C çıkış	60 °C çıkış	Son Fırın çıkışı
Doğranmış Kırmızıbiber (D)	D1	D2	D3	D4	D5
Tüm Kırmızıbiber (T)	T1	T2	T3	T4	T5



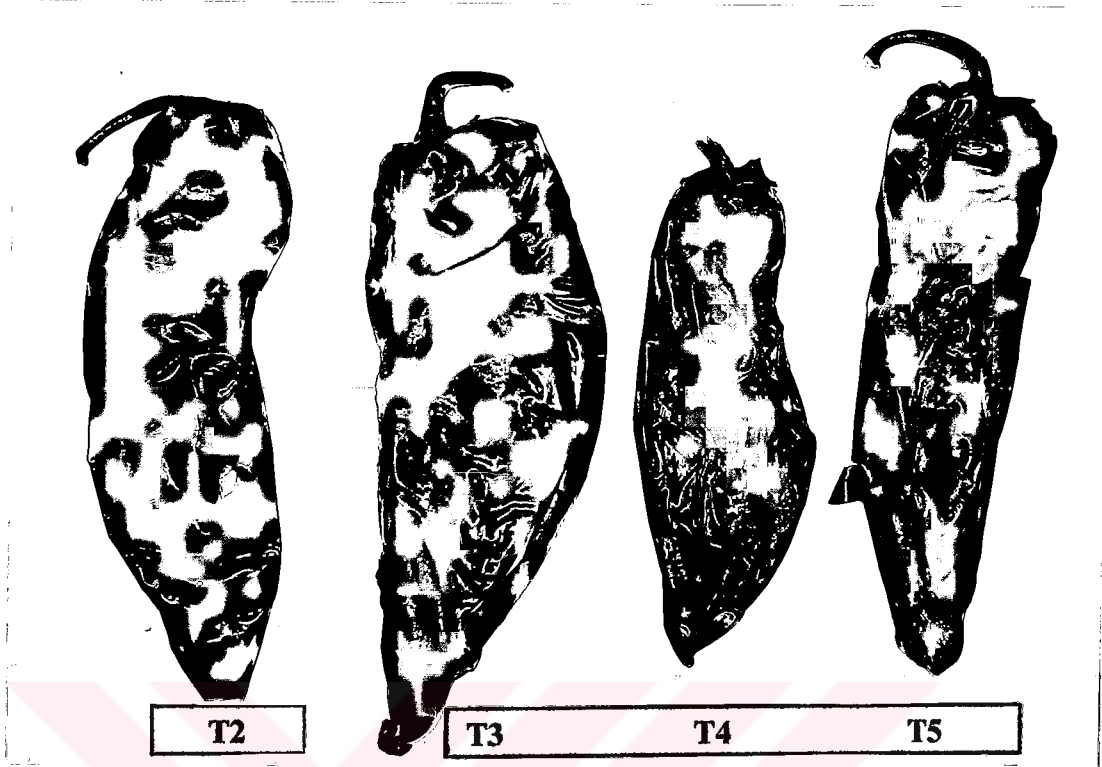


Şekil 3.1. Kurutma işlemi akış şeması ve örnek alınan noktalar

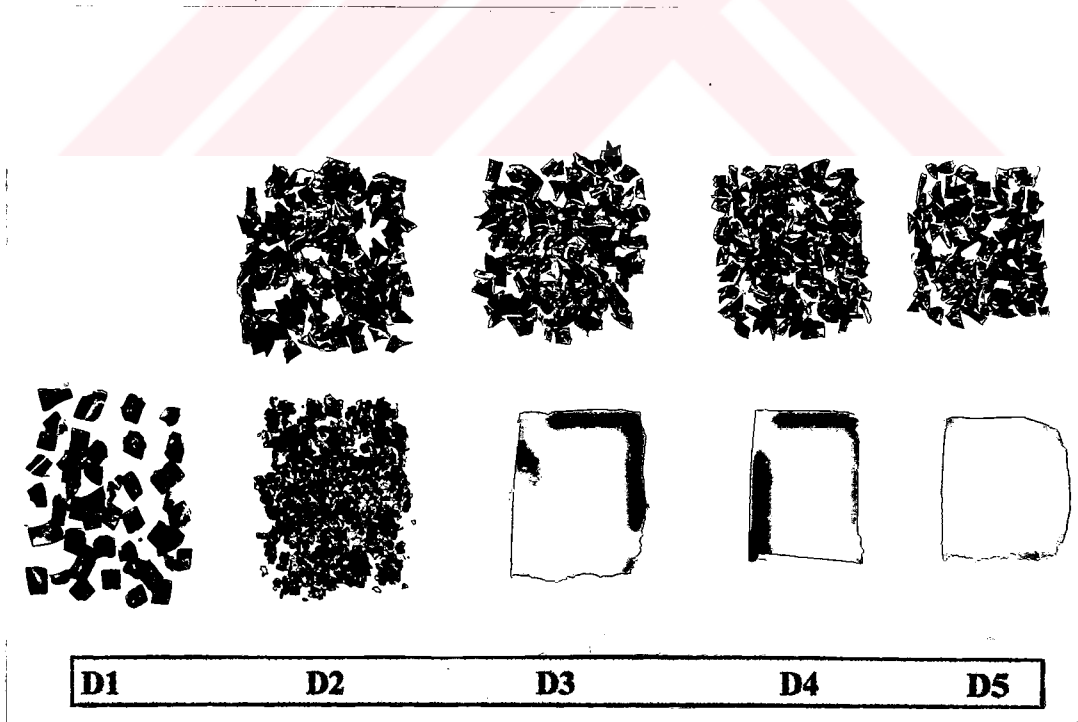


Şekil 3.2. İşlenmemiş tüm haldeki kırmızıbiberler





Şekil 3.3. Tüm olarak kurutucuya verilip farklı noktalardan alınan örnekler



Şekil 3.4. Doğranmış ve doğranarak kurutulmuş örneklerle analizlerde kullanılmak üzere öğütülmüş kırmızıbiberler

## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Fiziksel Analizler**

#### **3.2.1.1. Nem Tayini**

Kuru örneklerden National MJ-176NR marka baharat öğütücüde öğütülerek 3 g, yaş örneklerden King marka mutfak blenderinde homojenize edilerek 5 g tartıldı. 101-105 °C'de en son tartım ile bir önceki tartım arasındaki fark % 0.1'den az oluncaya kadar kurutma işlemine devam edilerek nem düzeyi belirlendi (James, 1995).

#### **3.2.1.2. Kül Tayini**

Kuru örneklerden öğütülerek 5 g, yaş örneklerden homojenize edilerek 5 g alınıp su banyosu üzerinde örnekler akmayacak derecede koyulaşmaya kadar suyu uçurulmuş, örneğe birkaç damla bitkisel yağ ilave edilerek kabarma duruncaya kadar alev üzerinde yavaş yavaş ısıtılmıştır. Porselen krozeler kül fırınına konularak  $550 \pm 25$  °C'de iki tartım arasında 0.002 g fark olana kadar yakma işlemine devam edilmiştir (Anonymous, 1983).

#### **3.2.1.3. Pomolojik Özellikler**

Materyal olarak kullanılan biberlerin ilk önce tüm halde, daha sonra meyve (perikarp), tohum, tohumu ve sap kısımları dikkatlice ayrılıp her biri ayrı ayrı 0.01 g duyarlıktaki hassas terazide tartılmıştır. Bu amaçla 100 adet biber kullanılmıştır.

#### **3.2.1.4. Renk Ölçümü**

Hunter L, a, b değerleri Hunter Lab DP 9000 renk ölçüm cihazında referans plaka olarak B.C.R. (RM No. 400) kullanılarak tespit edilmiştir (Artık, 1993).

### **3.2.2. Kimyasal Analizler**

#### **3.2.2.1. Titrasyon Asitliği**

TS 1125'e göre yapılmıştır. 25 g örnek 250 mL'ye tamamlanmış, szntden 25 mL alınarak 0.1 N NaOH ile renk dönüm noktası Hanna Instruments HI Microprocessor 9321 marka pH metre ile belirlenerek titrasyon yapılmıştır. Sonuçlar sitrik asit cinsinden ifade edilmiştir (Anonymous, 1972).

#### **3.2.2.2. pH Değerlerinin Belirlenmesi**

TS 1728'e göre Hanna Instruments HI Microprocessor 9321 pH metre kullanılarak ölçümler yapılmıştır (Anonymous, 1972).

#### **3.2.2.3. İndirgen şeker ve Toplam şeker İçerikleri**

Öğütülmüş kuru örneklerden 5 g, blenderde homojenize edilmiş yaş örneklerden 20 g alınarak 250 mL'ye tamamlanmış, örnekler çalkalamalı su banyosunda 35 °C'de 6 saat bekletildikten sonra filtre kağırdından geirilmış, birinci 50 mL ile invert şeker, ikinci 50 mL ile inversiyon işleminden sonra toplam şeker içerikleri Lane-Eynon metoduna göre belirlenmiştir (James, 1995).

#### **3.2.2.4. Mineral Madde**

Yaş yakma yöntemiyle Fe, Cu, Zn, K, Na ve Cd içerikleri Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (Perkin Elmer Analyses 800) ile belirlenmiştir (Acar ve ark., 1999).

### 3.2.2.5. Askorbik Asit Tayini

#### 3.2.2.5.1. Askorbik Asit Ekstraksiyonu

Süpelco C18 Kartuş, önce 3 mL metanol ile koşullandırılmış daha sonra 10 mL saf su ile yıkanmıştır. 10 g yaş biber, 3 g kuru biber 10 mL % 2'lik H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ile seyreltilmiştir. Bunun 1 mL' si, 3 mL elüsyon çözeltisi ile seyreltilmiştir. Elüsyon çözeltisi olarak pH'sı 8.00'e ayarlanmış olan 0.01 M KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> çözeltisi kullanılmıştır. Bu durumda organik asitlerin tamamı anyonik haldedir ve kolonda tutunmaları son derece azalmış durumdadır. Bu çözeltinin 1 mL' si, kartuştan geçirilmiş ve eluat bir tüpe alınmıştır. Kartuş, 2 mL ekstraksiyon çözeltisi ile yıkanmıştır. Eluatlar birleştirilmiş ve kromatografik ayırma için kullanılmıştır.

#### 3.2.2.5.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

Çalışma, SHIMADZU HPLC cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz, sistem kontrol ünitesi (SCL 10 AVP), pompa (LC10 ADVP), dedektör (SPDM 10A VP Photo Diot Array), oto enjektör (SIL 10 AD VP, 70 Vial Model Rack 7), kolon fırını (CTO 10 AVP) ve gaz giderme birimlerinden (DGU 14 A) oluşmaktadır.

#### 3.2.2.5.3. Kromatografi Koşulları

Kolon: YMC-Pack ODS-AM (250 mm, 4.6 mm ID, 5 µm) YMC.co;Limited GmbH

Sıcaklık: 30 °C

Dedektör: Photo Diot Array Detector (DAD)

Akış hızı: 0.5 mL /dakika

pH: 3.0 ( H<sub>2</sub>O - H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)

Mobil faz: Fosforik asitle pH sı 3' e ayarlanmış su

Enjeksiyon hacmi: 10 µL

Stok çözelti: 1000 ppm

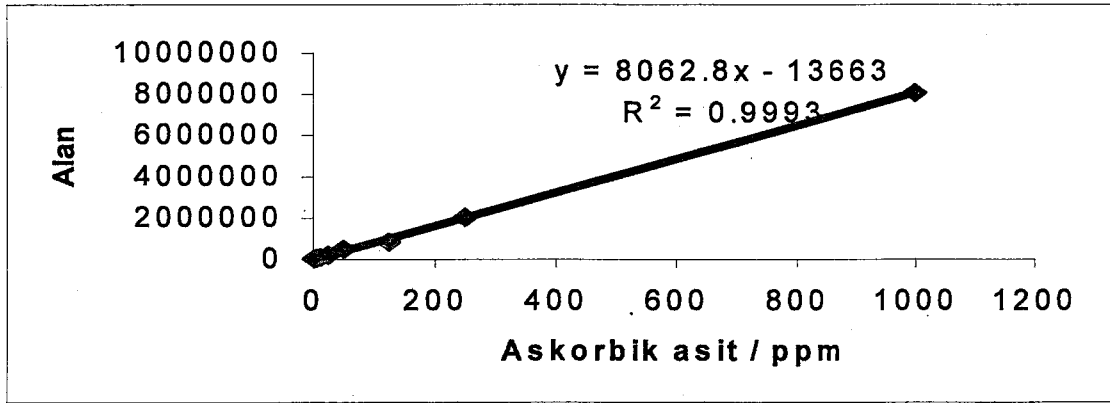
$\lambda_{\max}$  = 210 nm

### 3.2.2.5.4. Kullanılan Standartlar

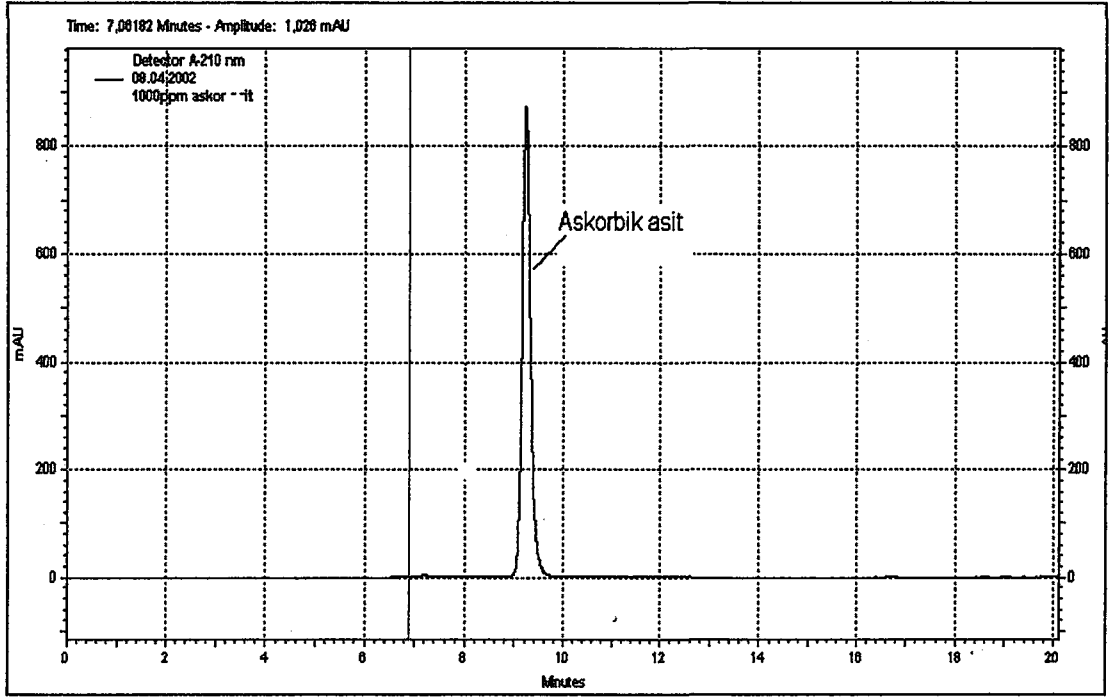
Askorbik asit analizinde standart olarak kullanılan L-Askorbik asit Merck (5.000.74) firmasından temin edilmiştir. Standarttan mobil faz ile hazırlanan stok çözeltilerden 2.5, 5.0, 7.5 ve 10 ppm'lik çözeltiler dizisi hazırlanmıştır. Askorbik asit kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 3.125, 6.25, 12.5, 25, 125 ve 1000 ppm'lik çözeltilerin alan ve derişim değerleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Yine bu çözeltilerden yararlanılarak askorbik asit kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.5.). Askorbik asit standart çözeltilisinin HPLC spektrumu Şekil 3.6.'da, bir örneğe ait HPLC spektrumu Şekil 3.7.'deki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Askorbik asidin ara çözeltilerin alan ve derişim değerleri

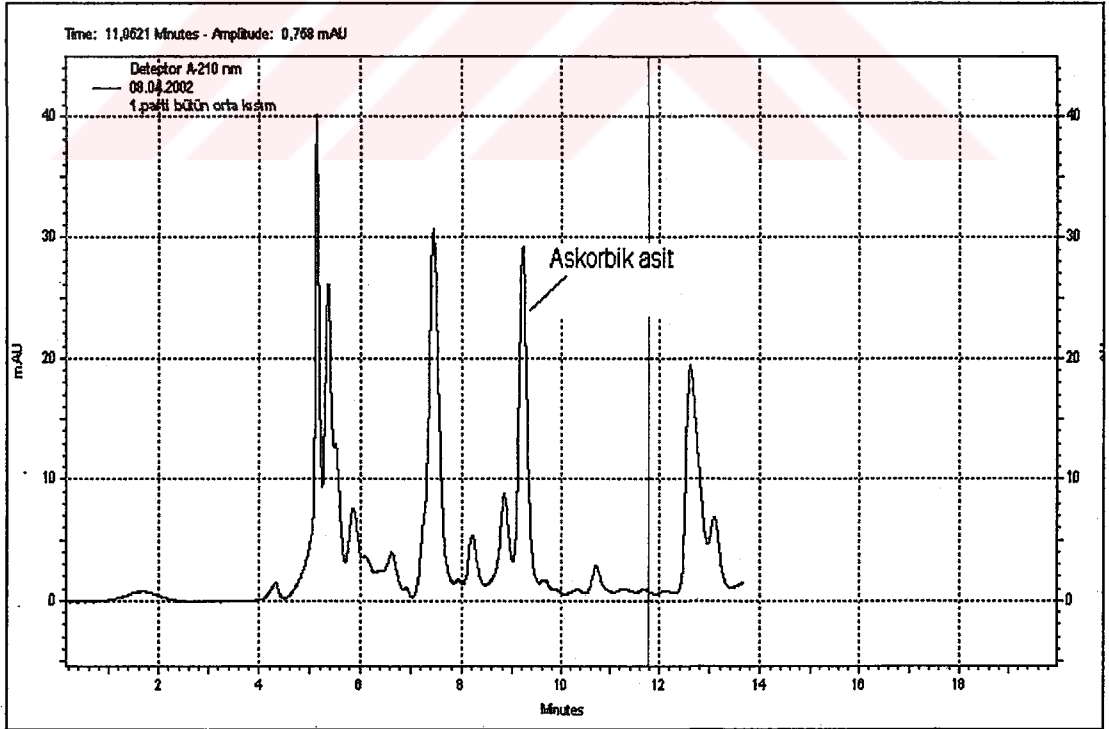
	Derişim 1	Derişim 2	Derişim 3	Derişim 4	Derişim 5	Derişim 6
<b>Alan</b>	15974	45075	84823	202980	838464	8056797
<b>Miktar (ppm)</b>	3.125	6.25	12.5	25	125	1000



Şekil 3.5. Askorbik asit standardının kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.6. Askorbik asit standardının HPLC spektrumu



Şekil 3.7. Kırmızıbiber örneğine ait askorbik asit HPLC spektrumu

### 3.2.2.6. Karotenoid Bileşiklerin Spektrofotometrik Analizi

Baranyai ve Szabolcs (1976) tarafından önerilen indirgemeye dayalı metoda göre saptanmıştır. Bu amaçla 0.5 g biber örnekleri 100 mL benzen ile 30 dakika magnetik karıştırıcıda ekstrakte edildikten sonra üst kısmından 10 mL alınıp 50 mL'e seyreltili. Bu çözeltinin 10 mL'si, 10 mL etanol ile karıştırılıp 2 eşit tüpe bölündü. Tüplerden birisi toz sodyum bor hidrit ( $\text{NaBH}_4$ ) ile doyuruldu. 0.2 g'lık NaOH tableti eklendikten sonra çözelti sarıya döner.  $\text{NaBH}_4$  ile indirgeme yapılan tüp, toplam karotenoidler belirlemek için 455 nm'de UV 1601 SHIMADZU marka spektrofotometrede absorbans okuması yapılırken; işlem görmemiş diğer tüp, kırmızı karotenoidleri belirlemek için 510 nm'de yine aynı spektrofotometrede absorbans okuması gerçekleştirildi. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki formüle yerleştirilerek kırmızı ve toplam karotenoid bileşikler belirlendi.

$$\text{Kırmızı Karotenoidler (mg /g)} = \frac{A_{510} \times 1.07 \times 10^3 \times 586 \times SF \times 2}{85000 \times 10} \cong 1.5A_{510} \times SF$$

$A_{510}$  : 510 nm'de belirlenen absorbans değeri

1.07 : düzeltme faktörü

586 : % 90'nın kapsantin, % 10'nun kapsorubin olduğu kabul edilen kırmızı bileşiklerin ortalama molekül ağırlığı

85.000 : temel bileşen olan kapsantin molar absorpsiyonu

$$\text{Toplam Karotenoidler (mg /g)} = \frac{A_{455} \times 10^3 \times 575 \times SF \times 2}{110000 \times 10} \cong 1.5A_{455} \times SF$$

$A_{455}$  : 455 nm'de belirlenen absorbans değeri

575 : ortalama molekül ağırlık

110.000 : karışım halindeki karotenoidlerin (% 50 kapsantin, % 10 kapsorubin, % 10  $\beta$ -karoten, % 10 zeaksantin, % 10 lutein ve % 10 kriptoksantin) molar absorpsiyonu

SF : seyreltme faktörü

### 3.2.2.7. Karotenoid Bileşiklerin HPLC Analizi

#### 3.2.2.7.1. Karotenoidlerin Ekstraksiyonu

1 g biber tartılarak 5 mL hekzan ile homojenizatörde parçalandı. Daha sonra mavi bant süzgeç kağıdı ile süzüldü. Süzgeç kağıdının üstünde kalan katı kısım rengi gidene kadar 5 mL hekzan ile dört kere daha aynı işlemden geçirildi. Süzüntüler toplanıp HPLC'ye enjekte edildi.

#### 3.2.2.7.2. Kullanılan Alet ve Cihazlar

Çalışma, SHIMADZU marka HPLC cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cihaz, sistem kontrol ünitesi (SCL 10 A VP), pompa (LC10 ADVP), dedektör (SPDM 10A VP Photo Diot Array), oto enjektör (SIL 10 AD VP, 70 Vial Model Rack 7), kolon fırını (CTO 10 AVP) ve gaz giderme (D GU 14 A) birimlerinden oluşmaktadır.

#### 3.2.2.7.3. Kromatografi Koşulları

Kolon: Astec (100 mm, 4.6 mm ID, 3 µm) Icp. Handel-GmbH'den temin edilmiştir.

Sıcaklık: 25°C

Dedektör: Photo Diot Array (DAD)

Akış hızı: 0.8 mL/dakika

Mobil faz: % (95-5) (metanol-THF)

Enjeksiyon hacmi: 10 µL

Stok çözelti: 100 ppm

$\lambda_{\max}$  = 460 nm

#### 3.2.2.7.4. Kullanılan Standartlar

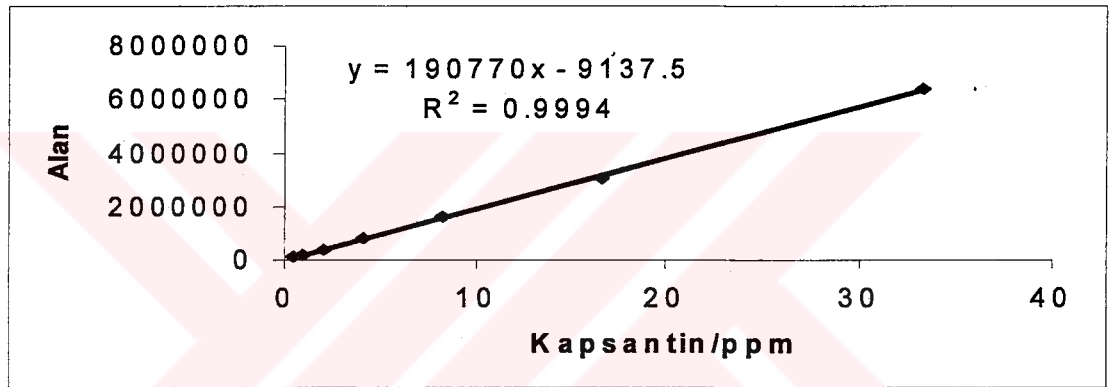
Karotenoidlerin analizinde standart olarak kullanılan Kapsantin Carotenature Company (Nr.0335), β-kriptoksantin Carotenature Company (Nr.0055) firmasından, β-karoten Sigma Chemicals firmasından temin edilmiştir. Standartlardan mobil faz



ile hazırlanan stok çözeltilerden çözelti dizileri hazırlanmıştır. Çizelge 3.3.'de kapsantin için hazırlanmış ara çözeltilerin alan ve derişim değerleri verilmiştir. Yine bu çözeltilerden yararlanılarak kapsantin kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.8.).

Çizelge 3.3. Kapsantin ara çözeltilerinin alan ve derişim değerleri

	Derişim 1	Derişim 2	Derişim 3	Derişim 4	Derişim 5	Derişim 6	Derişim 7
Alan	103710	171347	401566	823600	1589148	3055362	6398270
Miktar (ppm)	0.52	1.04	2.04	4.16	8.33	16.67	33.33

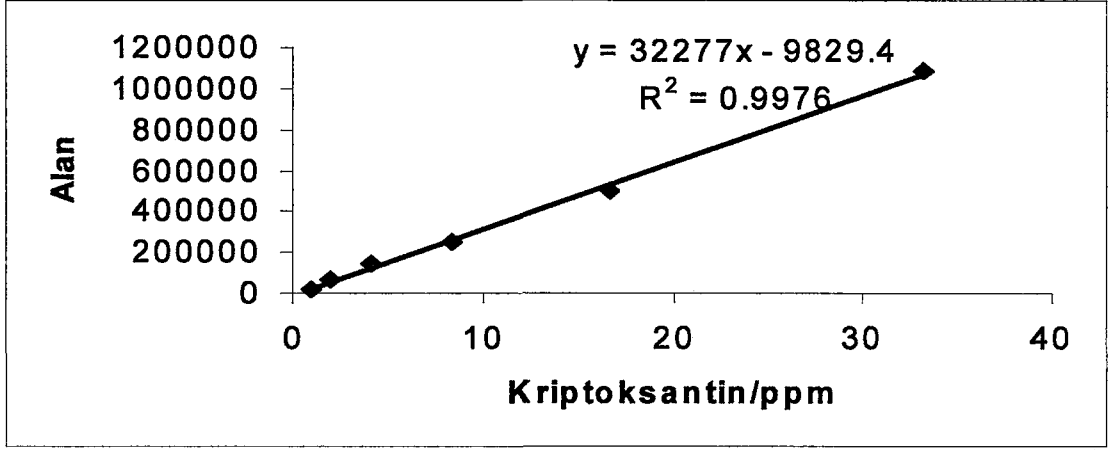


Şekil 3.8. Kapsantin standardının kalibrasyon eğrisi

Çizelge 3.4.'de  $\beta$ -kriptoksantin için hazırlanmış ara çözeltilerin alan ve derişim değerleri verilmiştir. Yine bu çözeltilerden yararlanılarak  $\beta$ -kriptoksantin kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.9.).

Çizelge 3.4.  $\beta$ -kriptoksantin ara çözeltilerinin alan ve derişim değerleri

	Derişim 1	Derişim 2	Derişim 3	Derişim 4	Derişim 5	Derişim 6
Alan	23633	64060	144354	247826	495110	1082246
Miktar (ppm)	1.04	2.04	4.16	8.33	16.67	33.33

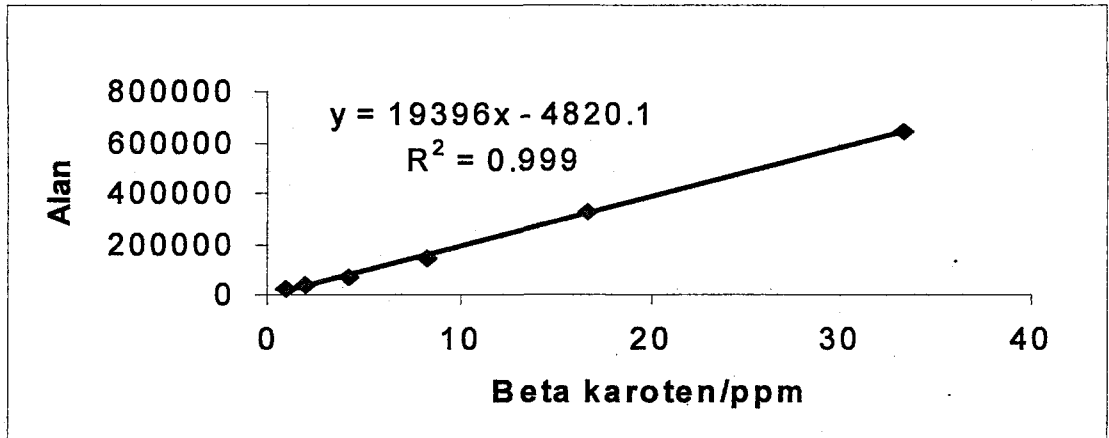


Şekil 3.9. β-kriptoksantin standardının kalibrasyon eğrisi

Çizelge 3.5.'de β-karoten için hazırlanmış ara çözeltilerin alan ve derişim değerleri verilmiştir. Yine bu çözeltilerden yararlanılarak β-karoten kalibrasyon eğrisi çizilmiştir (Şekil 3.10.).

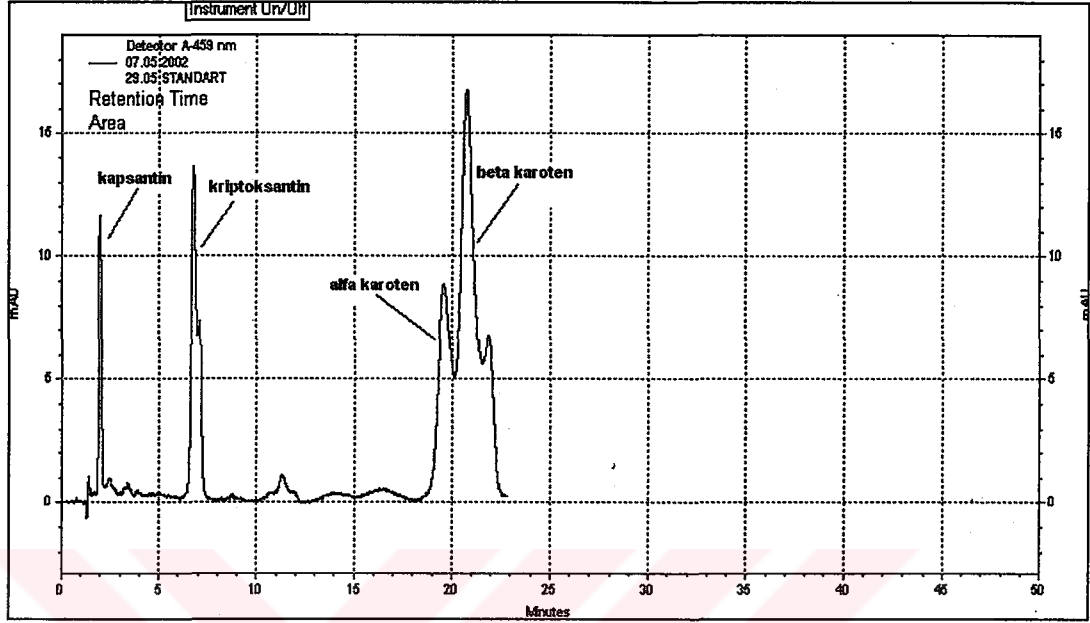
Çizelge.3.5. β-karoten ara çözeltilerinin alan ve derişim değerleri

	Derişim 1	Derişim 2	Derişim 3	Derişim 4	Derişim 5	Derişim 6
Alan	20100	40773	68324	146411	326593	640552
Miktar (ppm)	1.04	2.04	4.16	8.33	16.67	33.33

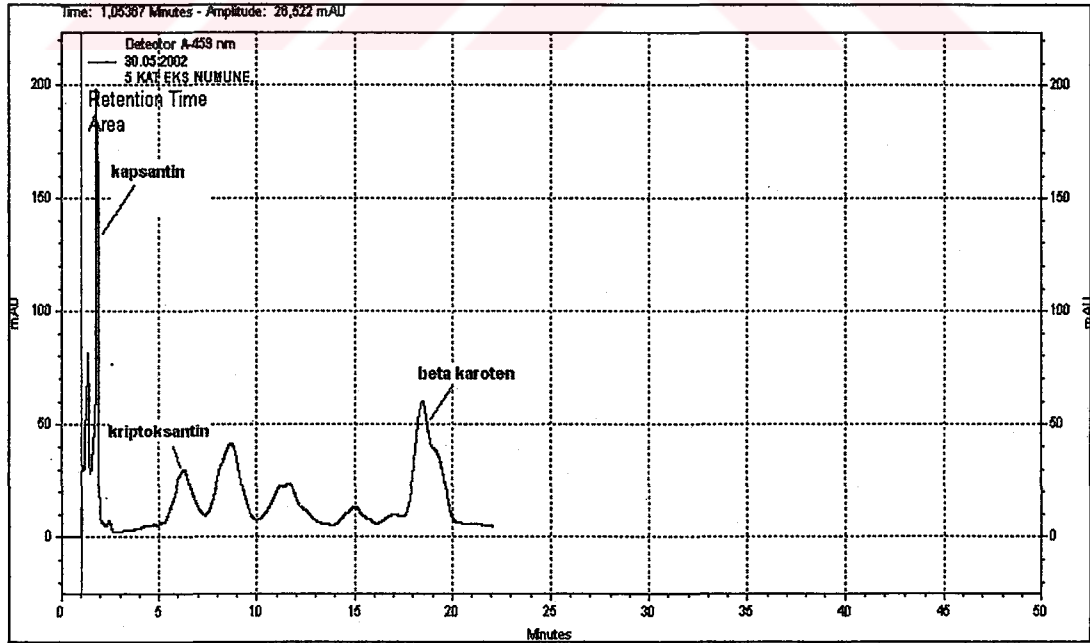


Şekil 3.10. β-karoten standardının kalibrasyon eğrisi

Standart çözeltilerin HPLC spektrumu Şekil 3.11.'de, bir örneğe ait HPLC spektrumu Şekil 3.12.'deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 3.11. Standart karışımdan elde edilen HPLC pikleri



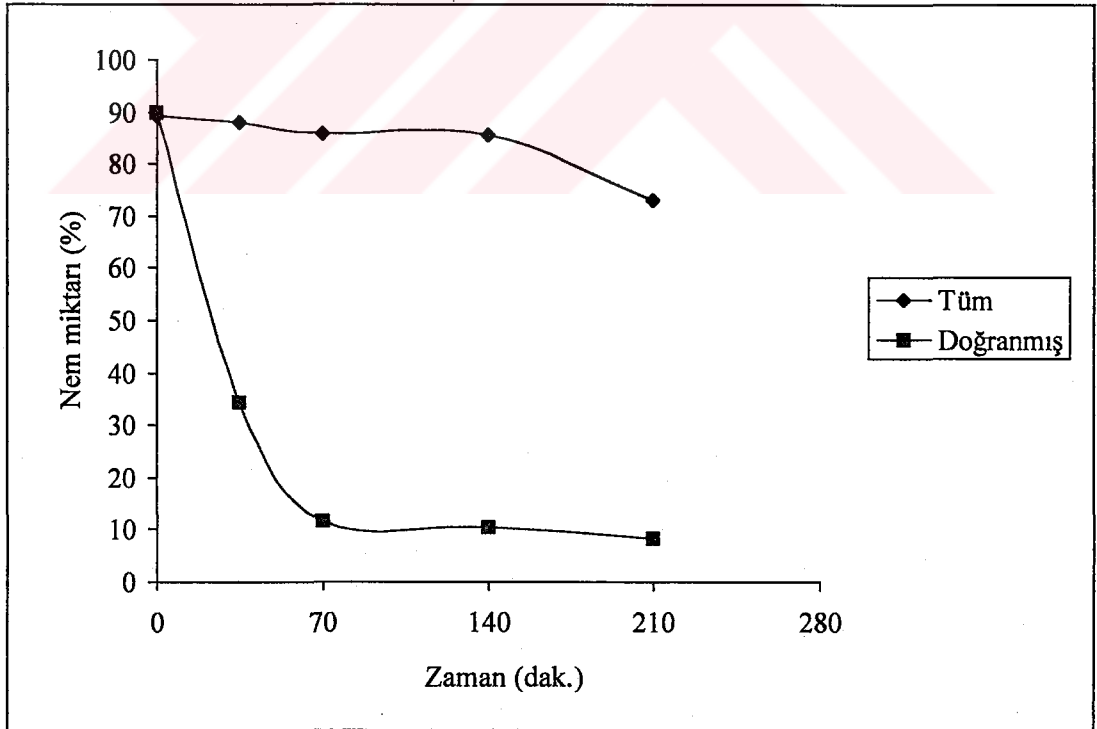
Şekil 3.12. Örneklerden elde edilen HPLC pikleri

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Kırmızıbiber Ait Analitik Bulgular

Kırmızıbiber örneklerine ilişkin nem düzeyi, kül düzeyi, pH, toplam asitlik, indirgen şeker, toplam şeker ve Hunter L, a, b, a/b değerleri doğranarak kurutulmuş ve tüm halde kurutulmuş biber örnekleri için Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1.'den görüleceği üzere doğranarak kurutucuya verilir, kurutucu sistemin farklı kademelerinden alınmış kırmızıbiber örneklerindeki nem düzeyi başlangıçta % 90.02, kurutmanın bittiği noktada % 8.43, TKM (Toplam Kuru Madde) başlangıçta % 10.7 ve son üründe % 91.57 olarak saptanmıştır. Tüm halde kurutulmuş kırmızıbiber örneklerinde başlangıç nem düzeyi % 89.3, TKM % 27 oranında belirlenmiştir. Doğranmış ve tüm halde kurutulan kırmızıbiberlerin kuruma eğrileri Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Tüm ve doğranmış kırmızıbiberlerin kuruma eğrileri

Çizelge 4.1. Kırmızıbiber ait analitik bulgular

Kırmızıbiber örnekleri	Nem (%)	TKM (%)	Kül (%)	pH değeri	Titrasyon asitliği (%)	İndirgen şeker (g/100 g)	Toplam şeker (g/100 g)	Hunter Renk Değeri			
								L	a	b	a/b
Doğrularak kurutulularlar	D1	90.02	9.98	1.1	5.57	5.89	5.91	19.15	32.07	12.39	2.59
	D2	34.23	65.77	2.93	5.51	43.69	43.91	21.88	24.13	11.01	2.19
	D3	11.54	88.46	8.01	5.50	50.58	51.58	41.87	35.07	24.01	1.46
	D4	10.44	89.56	10.37	5.46	51.08	51.54	42.41	35.69	24.36	1.47
	D5	8.43	91.57	11.68	5.54	51.28	52.23	43.93	36.53	25.31	1.44
Tüm olarak kurutulularlar	T1	89.30	10.7	1.2	5.6	6.19	6.23	21.22	27.17	11.31	2.40
	T2	88.17	11.83	1.27	5.42	7.29	7.61	25.35	30.17	12.99	2.32
	T3	85.97	14.03	1.23	5.45	7.62	7.94	24.09	31.01	13.57	2.29
	T4	85.57	14.43	1.25	5.34	8.8	9.42	23.98	34.76	14.34	2.42
	T5	73.00	27	1.42	5.35	20.02	21.04	23.85	35.14	14.94	2.35

Bağcı (1974) yaptığı çalışmada 44 çeşit kırmızıbiberde TKM'yi % 6.81-13.08, Ergün vd. (1992) kırmızı yağlık biberde TKM'yi % 10.4 olarak bulmuşlardır. Bilişli (1991) kırmızı olgunluktaki biberde kuru maddeyi % 9.5-11.8 olarak belirlemiştir. Kurutma sistemine verilmeden önce tüm ve doğranmış kırmızıbiberlerde bulduğumuz TKM oranları bu araştırmalar ile uygunluk göstermektedir.

Kül oranları doğranmış biber örneklerinde % 1.1-11.68 arasında, tüm halde kırmızıbiber örneklerinde % 1.2-1.42 arasında saptanmıştır. Ergün (1992)'nın kırmızıbiberde kül miktarını % 1.1 bulduğu araştırma sonucu, bizim doğranmış işlem görmemiş biberde bulduğumuz sonuç ile aynı, tüm haldeki kırmızıbiberlerde bulduğumuz sonuçla (% 1.2) ise oldukça yakın olmuştur.

Analizi yapılan 10 örnekte pH değerleri 5.34-5.6 arasında değişmiştir. Kurutma sistemine alınmadan analizi yapılan örneklerden doğranmış kırmızıbiberlerde pH 5.57, tüm haldeki kırmızıbiberlerde 5.6 olarak en yüksek değerler bulunmuştur. Kurutma süresince ısı işlem ile birlikte pH değerlerinde bir azalma, dolayısıyla asit içeriklerinde bir artış görülmüştür. Quintero vd. (1998)'nin yaptığı araştırmada, dondurularak saklanması amaçlanan Jalapeno biberlerinde dondurulma öncesi uygulanan haşlama ile pH değerlerinin düştüğü belirtilmektedir.

Titrasyon asitliği analizi gerçekleştirilen 10 örnekte asitlik % 0.3-2.6 arasında değişmiştir. Doğranmış fakat kurutucuya verilmemiş olan örnekte titrasyon asitliği % 0.3 iken doğranmış halde fırın çıkışındaki örnekte titrasyon asitliği % 0.53 olarak bulunmuştur. Orak (1999) yaptığı çalışmada dondurularak saklanan tatlı kırmızıbiberlerde ön işlem olarak mikrodalga ısıtma sonrası titrasyon asitliğinin % 0.23'den % 0.255'e, acı kırmızıbiberde ise % 0.303'den % 0.315'e yükseldiğini bildirmektedir.

Analizi yapılan örneklerde indirgen şeker içeriği 5.89 g/100g ile 51.28 g/100g arasında bulunmuştur. Kuruma oranına göre örneklerde TKM oranının artışına paralel olarak indirgen şeker içerikleri de nem oranı düşük olan örneklerde yüksek çıkmıştır. Isıl işlem süresi arttıkça indirgen şeker içeriğinde de bir artış görülmüştür.

Bağcı (1974), kırmızıbiberlerde indirgen şeker oranını % 28.41-59.57, Lee (1975) acı biberlerde indirgen şeker oranını kuru madde de % 10.77, Bilişli vd. (1991) indirgen şeker oranını kırmızıbiberde % 5.6-7.3 olarak bildirmektedir.

Toplam şeker içeriği 10 örnekte 5.91 g/100g ile 51.58 g/100g arasında bulunmuştur. Kurutma esnasında örneklerdeki su kaybıyla meydana gelen kuru madde artışı toplam şeker içeriğinde de artışa sebep olmuştur. Orak (1999), toplam şeker içeriğini tatlı kırmızıbiberde 6.085 g/100g, acı kırmızıbiberde 7.63 g/100g olarak bildirmektedir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızla uygunluk göstermektedir.

Açıklık ve koyuluğun göstergesi olan L değeri tüm halde işlem görmemiş kırmızıbiberde (örnek T1) 21.22, kurutucuya tüm halde verilip 96 °C fırın çıkışındaki örnekte (örnek T2) 25.35, 73 °C fırın çıkışındaki örnekte (örnek T3) 24.09, 60 °C'li fırın çıkışındaki örnekte (örnek T4) 23.98 ve 60 °C'li en son fırın çıkışındaki örnekte (örnek T5) 23.85 olarak saptanmıştır. Tüm halde kurutma işlemine tabi tutulan örneklerde ısı ile birlikte L değeri öncelikle artmış, ısı ile işlemin ilerleyen aşamalarında sürekli azalmış fakat kurutma işlemi sonunda işlem görmemiş örnekte (örnek T1) daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bu sonuca göre ısı ile birlikte renk kalitesinde bir azalma olduğu saptanmıştır. Kırmızılığın ifadesi olan Hunter a değeri ise işlem görmemiş örnekte (örnek T1) 27.17 iken, kurutma işlemi süresince devamlı artarak son fırın çıkışı örnekte (örnek T5) 35.14 olarak bulunmuştur. Hunter b değeri ise Hunter a değeri gibi bir artış göstermiş, başlangıçtaki örnekte (örnek T1) 11.31 olan değer son örnekte (örnek T5) 14.94 olarak tespit edilmiştir.

Doğranarak kurutulan örneklerde Hunter L değeri başlangıçta doğranmış örnekte (örnek D1) 19.15 iken, 96 °C fırın çıkışındaki örnekte (örnek D2) 21.88, 73 °C fırın çıkışındaki örnekte (örnek D3) hızlı bir artışla 41.87 olarak saptanmıştır. Hunter a değeri doğranmış işlem görmemiş örnekte (örnek D1) 32.07 iken, 96 °C fırın çıkışındaki örnekte (örnek D2) 24.13'e düşmüş, 73 °C fırın çıkışındaki örnekte (örnek D3) 35.07'ye yükselmiş, 60 °C'li fırın orta kısmında örnekte (örnek D4) 35.69 ve 60 °C'li en son fırın çıkışındaki örnekte (örnek D5) 36.53 olarak tespit edilmiştir. Doğranmış örneklerdeki Hunter b değerleri de önce 12.39'dan örnek

D2'de 11.01'e düşmüş sonra örnek D3'de 24.36'ya çıkmış ve örnek D5'de 25.31 olarak saptanmıştır.

Isıl işlem ile birlikte L değerlerindeki artış renk kalitesindeki düşüşü ifade ederken, kırmızı renkteki artış kırmızıbiber pigmentlerinin tamamlanmamış olan biyokimyasal reaksiyonlarının sıcaklığın etkisiyle devam ettiğini göstermektedir. Ayrıca sarı renkteki artışta, sıcaklıkla birlikte kırmızı pigmentlerin bir kısmının degradasyona uğrayarak sarı renge dönüştüklerini göstermektedir.

#### **4.2. Kırmızıbiber Örneklerinin Karotenoid Madde Miktarı (Spektrofotometrik)**

Örneklerde indirgemeye dayalı metoda göre yapılan analizler sonucunda belirlenen kırmızı ve toplam karotenoid bileşik miktarları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. incelendiğinde işlem görmemiş tüm halde ve doğranmış kırmızıbiberlerde kırmızı karotenoidler 3.51 mg/g ile 3.34 mg/g, toplam karotenoidler ise 4.2 mg/g ve 4.1 mg/g olarak saptanmıştır. Kuruma süresince kırmızı ve toplam karotenoid miktarlarında bir artış olmuştur. Sonuçlar kuru maddeye göre incelecek olursa artışlar daha açık bir şekilde görülmektedir. Böylelikle nem oranı düşük olan örneklerde karotenoid içerikleri yüksek bulunmuştur. Doğranmış fırın çıkışı örnekte (% 8.43 nem) kırmızı karotenoid 43.2 mg/g ve toplam karotenoid 55.2 mg/g olarak saptanmıştır. Oysa kurutucuya ilk girişte bu değer kırmızı karotenoidler için 3.5 mg/g, toplam karotenoidler içinse 4.2 mg/g olarak belirlenmiştir.

#### **4.3. Askorbik Asit İçerikleri**

Kurutucu sisteme verilmeden tüm haldeki ve doğranmış kırmızıbiberlerin askorbik asit ve aynı örneklerin kurutucu sistem içerisinde 4 farklı noktadan olmak üzere toplam 10 örnekteki askorbik asit içerikleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.



Başlangıçta kurutucu sisteme verilmemiş tüm haldeki kırmızıbiberlerde kuru maddede 136.52 mg/100g askorbik asit mevcut iken, doğranma sonrası bu değer 85.97 mg/100g seviyesine düşmüştür. Doğranma süresince oldukça yüksek miktarda (% 37) askorbik asit kaybı meydana gelmiştir. Mekanik doğrama sonrası ısıtma işlemine maruz kalan kırmızıbiber, kurutucuda ilk bölüm çıkışında % 68'lik bir kayba uğramıştır. Fırın çıkış noktasına kadar askorbik asit içeriğindeki azalma devam etmiş, en son üründe ilk başlangıca göre % 85.8 oranında kayıp belirlenmiştir. Tüm halde kurutucuya alınan ve ilk bölüm çıkışında oluşan askorbik asit kaybı % 18 olarak saptanmıştır. Tüm halde en son fırın çıkışındaki örnekte toplam kayıp % 63 olarak tespit edilmiştir. Tüm halde kurutucuya verilmiş örneğin en son fırın çıkışındaki kaybı (% 63), doğranarak kurutucuya verilmiş örneğin son fırın çıkışındaki kaybından (% 85) daha düşük olduğu saptanmıştır.

#### 4.4. Pomolojik Özellikler

*Capsicum annuum* L. biberine ait tüm biber, meyve (perikarp), tohumcu, tohum ve sap kısımlarına ait maksimum, minimum, ortalama ve varyasyon katsayısı değerleri Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4.'den de anlaşılacağı üzere, *Capsicum annuum* biberinde tüm meyve ağırlığının maksimum 139.2 g, minimum 46.01 g olup ortalama yaklaşık 86.89 g olduğu görülmüştür. Maksimum ile minimum değer arasında 3 katlık bir fark olduğu görülmüştür.

Örnekteki ağırlık yüzde değişimini gösteren varyasyon katsayısı % 19.32 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değere göre kırmızıbiberlerin homojen bir ağırlığa sahip olmadıkları anlaşılmaktadır. Varyasyon katsayısı olarak en az değişim % 11.89 ile kırmızıbiberlerin boyunda tespit edilmiştir. Yani ölçüm yapılan fiziki özellikler içerisinde en fazla homojenlik biberlerin boylarında görülmektedir. Varyasyon katsayısındaki en fazla değişim % 36.3 ve % 36.46 ile tohum ağırlığı ve tohumcu ağırlığında saptanmıştır. İşlenen kırmızıbiberlerin ortalama % 87'nin meyve, % 3.34'nün tohum, % 5.67'nin tohumcu ve % 2.15'nin sap olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Kırmızıbiber örneklerinin kırmızı ve toplam karotenoid miktarları (mg/g)

Karotenoid içeriği	Örnekler									
	D1	D2	D3	D4	D5	T1	T2	T3	T4	T5
Kırmızı Karotenoidler (Abs 510 nm)	3.34	29.6	23.11	38.47	43.25	3.51	4.27	5.13	6.7	11.73
Toplam Karotenoidler (Abs 455 nm)	4.1	35.6	41.82	67.8	55.2	4.2	5.3	6.1	9.2	14.1

Çizelge 4.3. Kırmızıbiber örneklerinin başlangıçta ve kurutma stresince askorbik asit içerikleri (mg/100g)

Askorbik asit içeriği	Örnekler									
	D1	D2	D3	D4	D5	T1	T2	T3	T4	T5
Askorbik asit içeriği (mg/100g)	85.97	27.36	21.29	19.98	19.45	136.53	110.1	86.81	83.52	50.26

Çizelge 4.4. Kırmızıbiberlerin meyve boyu, tüm meyve ve meyve (perikarp) ağırlıkları (pomolojik bulgular)

Örnek	Meyve boyu (mm)			Tüm meyve ağırlığı (g)				Meyve (perikarp) ağırlığı (g)				
	Mak.	Min.	Ort.	VK (%)	Mak.	Min.	Ort.	VK (%)	Mak.	Min.	Ort.	VK (%)
Kırmızıbiber	190	111.7	140.7	11.89	139.2	46.01	86.89	19.32	125.7	42.42	75.72	15.31

VK : Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.5. Kırmızıbiberlerin tohum, sap ve tohumevi ağırlıkları (pomolojik bulgular)

Örnek	Tüm tohum ağırlığı (g)				Sap ağırlığı (g)				Tohumevi ağırlığı (g)			
	Mak.	Min.	Ort.	VK (%)	Mak.	Min.	Ort.	VK (%)	Mak.	Min.	Ort.	VK (%)
Kırmızıbiber	5.169	0.228	2.9	36.3	3.473	0.755	1.87	27.74	6.86	1.37	4.93	36.46

VK : Varyasyon katsayısı

#### 4.5. Mineral Madde İçeriği

Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre ile yapılan analizler sonucu kırmızıbiber örneklerinde makro elementler (Na, K), mikro elementler (Fe, Cu, Zn) ve ağır metallerden Cd içerikleri Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Analizi gerçekleştirilen mineral maddeler içerisinde K en yüksek değere sahip mineral madde olarak bulunmuştur. K miktarı, analizi yapılan örneklerde kuru ağırlıkça 2715.4-2918 mg/100g değerleri arasında tespit edilmiştir. Makro elementlerden Na miktarı kuru ağırlıkça 14.7-16.98 mg/100g olarak K'dan sonra en fazla bulunan mineral madde olarak tespit edilmiştir. Mikro elementlerin belirlenmesinde kuru ağırlıkça Fe; 5.31-6.47 mg/100g arasında Cu; 1.52-1.81 mg/100g ve Zn; 2.85-3.67 mg/100g arasında tespit edilmiştir. Analizi gerçekleştirilen örneklerde Cd içerikleri ise bütün örneklerde kuru ağırlıkça 0.0006 mg/100g'dan az olarak bulunmuş, bu sonuca göre örneklerde herhangi bir ağır metal bulaşmasının olmadığı tespit edilmiştir.

Örnekler arasında kuru ağırlığa göre belirlenen değerlerin birbirine oldukça yakın çıktığı görülmektedir. Çizelge 4.6. incelendiğinde tüm halde işlenmemiş kırmızıbiber örneklerindeki mineral madde içeriklerinin, doğranmış kırmızıbiber örneklerinde azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Mineral madde içeriğindeki bu genel azalmanın doğrama sonrasında mineral madde içeren meyve suyunun akması veya temas edilen yüzeylere bulaşması sonucu mineral madde içeriğinde böyle bir kaybın meydana geldiği düşünülmektedir. Ayrıca ısıl işleme birlikte kurutmanın ilerleyen aşamalarında özellikle doğranmış örneklerde mineral madde içeriklerindeki değişimlerin ana sebebinin yine meyve suyunun akması sonucu oluşabilecek kayıplardan olduğu da düşünülmektedir.

Rubio vd. (2002) yaptığı çalışmada kırmızıbiberde K'nın diğer mineral maddelere göre oldukça yüksek miktarda bulunduğu (195 mg/100g) belirtilmektedir. K'nın içeriği bizim çalışmamızda da en yüksek değer olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Kırmızıbiber örneklerinin kuru ağırlıkça mineral madde içerikleri (mg/100 g)

Kırmızıbiber örnekleri	Mineral maddeler							
	Fe (mg/100 g)	Cu (mg/100 g)	Zn (mg/100 g)	Na (mg/100 g)	K (mg/100 g)	Cd (mg/100 g)		
D1	5.68±0.031	1.55±0.0004	2.85±0.0003	16.0±0.004	2796±1.2	< 0.0006		
D2	5.52±0.0022	1.58±0.0035	3.34±0.0012	15.8±0.006	2864±2.63	< 0.0006		
D3	5.76±0.0015	1.81±0.0015	3.39±0.009	15.0±0.0011	2715.4±0.75	< 0.0006		
D4	6.47±0.0015	1.52±0.0017	3.23±0.009	14.7±0.0044	2745±0.12	< 0.0006		
D5	5.42±0.0019	1.57±0.0016	3.42±0.008	15.2±0.0055	2918 ±0.76	< 0.0006		
T1	5.76±0.028	1.68±0.0004	3.31±0.0018	16.6±0.018	2816.7±1.21	< 0.0006		
T2	6.40±0.021	1.63±0.0004	2.94±0.0002	16.45±0.007	2868±2.21	< 0.0006		
T3	5.31±0.034	1.54±0.0004	3.67±0.0017	16.98±0.007	2879±2.06	< 0.0006		
T4	5.83±0.021	1.76±0.0003	3.56±0.0002	16.24±0.006	2780±2.28	< 0.0006		
T5	5.72±0.011	1.62±0.0002	3.24±0.0003	14.78±0.007	2801±0.7	< 0.0006		

#### 4.6. Karotenoid Madde İçerikleri (HPLC Yöntemi)

Karotenoid maddelerin HPLC ile yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar kuru maddede verilerek kurutma işleminin farklı aşamalarından alınıp, farklı nem içeriğine sahip örneklerin doğrudan birbirleriyle karşılaştırılabilmeleri amaçlanmıştır.

Başlangıçta kurutucu sisteme verilmemiş tüm haldeki kırmızıbiberlerde kapsantin içeriği kuru maddede 2328.3 mg/kg iken doğrama sonrası bu miktar kuru maddede 2244.62 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Doğrama aşamasında % 3.59'luk kayıp meydana geldiği belirlenmiştir. Doğranarak kurutucuya verilmiş örneklerde kapsantin miktarı sürekli artış göstererek en son fırın çıkışında kuru maddede bu değer 2754.76 mg/kg olarak saptanmıştır. Kapsantin miktarı başlangıçtaki işlem görmemiş tüm haldeki kırmızıbiberlere göre % 18.32 oranında bir artış göstermiştir. Kurutucuya tüm halde verilerek kurutulan örneklerde kapsantin içeriği genel olarak sürekli artış göstererek son fırın çıkışı örnekte kuru maddede 2513.2 mg/kg olarak saptanmıştır. İşlem görmemiş örneğe göre artış % 7.9 oranında olurken, doğranarak kurutulan örneklere göre kapsantin miktarındaki artış daha düşük oranda olmuştur.

İşlem görmemiş tüm haldeki kırmızıbiberlerde  $\beta$ -karoten miktarı başlangıç olarak kuru maddede 859.15 mg/kg iken doğrama aşamasında kuru maddede bu miktar 721.28 mg/kg olarak belirlenmiş, kayıp ise % 16 olarak tespit edilmiştir. Doğranarak kurutucuya verilen örneklerde sürekli bir azalma olmuş en son fırın çıkışı örnekte  $\beta$ -karoten miktarı kuru maddede 381.8 mg/kg olurken, kayıp % 55.56 oranında saptanmıştır. Kurutucu sisteme tüm halde verilen örneklerde sürekli bir azalma olmuş, son fırın çıkışı örnekte  $\beta$ -karoten miktarı kuru maddede 524.08 mg/kg olurken, işlem görmemiş örneğe göre azalma % 39 olarak tespit edilmiştir.

$\beta$ -kriptoksantin miktarı işlem görmemiş tüm haldeki kırmızıbiberlerde kuru maddede 421.18 mg/kg iken, doğrama aşamasında çok az bir kayıpla 416.83 mg/kg olarak saptanmıştır. Doğranarak kurutulan örneklerdeki  $\beta$ -kriptoksantin içeriği azalma göstererek en son fırın çıkışında kuru maddede bu değer 336.43 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bu durumda kayıp başlangıçtaki miktara göre % 18.9 olarak saptanmıştır. Tüm halde kurutulan örneklerde düzenli bir azalma gerçekleşmiş, son fırın çıkışındaki türünde  $\beta$ -kriptoksantin miktarı kuru maddede 327.04 mg/kg olurken başlangıçtaki işlem görmemiş tüm haldeki örneğe göre kayıp % 22.35 olarak belirlenmiştir.

Kurutma işlemi süresince kırmızıbiberde kırmızı rengini veren bileşenlerden kapsantin genel olarak artarken, sarı renkten sorumlu  $\beta$ -kriptoksantin ve  $\beta$ -karoten içeriklerinde genel bir azalma tespit edilmiştir. Bunun nedeni Minquez-Mosquera ve Hornero-Mendez (1994)'in belirttiği şekilde kurutma işlemine alınan kırmızıbiberlerin hasat edildiklerinde tam olarak olgunlaşmamış olmaları ve ısı ile birlikte sarı pigmentlerin kırmızı pigmentlere sentezlenmeleri suretiyle bir değişim olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kırmızıbiber kurutma işleminde kırmızı renkten sorumlu pigmentlerin sarı renkten sorumlu karotenoidlere olan oranları, kurutma işleminde renk kalitesinin belirlenmesinde iyi bir kriter oluşturmaktadır. Bu konuda Minquez-Mosquera ve Hornero-Mendez (1994)'in yaptıkları çalışmada kapsantin  $\beta$ -karotene olan oranı taze meyvede 3.7, kapsantin  $\beta$ -kriptoksantine olan oranı 5.88 olarak analizi yapılan türler içinde en yüksek oranın *Agridulce* türü kırmızıbiberde olduğunu belirtmektedirler. Bizim çalışmamızda kapsantin  $\beta$ -karotene olan oranı taze meyvede 2.71, kapsantin  $\beta$ -kriptoksantine olan oranı 5.52 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Kırmızıbiber örneklerinin kuru ağırlıkça kapsantin,  $\beta$ -karoten ve  $\beta$ -kriptoksantin içerikleri (mg/kg KM)\*

Karotenoid içeriği	Örnekler									
	D1	D2	D3	D4	D5	T1	T2	T3	T4	T5
Kapsantin (mg /kg KM)*	2244.62	2364.17	2486.23	2593.44	2754.76	2328.3	2396.48	2370.13	2423.68	2513.27
$\beta$ -karoten (mg /kg KM)*	721.28	605.91	551.47	440.13	381.8	859.15	806.07	764.81	648.29	524.08
$\beta$ -kriptoksantin (mg /kg KM)*	416.83	398.45	390.5	321.38	336.43	421.18	408.84	394.41	343.36	327.04

\*KM : Kuru madde



## SONUÇLAR

Bu çalışmada, ülkemiz kurutma endüstrisinde en yüksek üretim payına sahip olan kırmızıbiberin kurutma aşamalarında ve son üründe bazı kalite kriterleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular bu konu üzerine yapılmış araştırmalara oranla biraz düşük bulunmuştur.

Kurutma işlemi ile birlikte meydana gelen değişiklikler özetlenecek olursa;

- İşletmede kırmızıbiberler doğranarak kurutulmaktadır. Bizim çalışmamızda doğranarak kurutulan kırmızıbiberlerle birlikte tüm halde kırmızıbiberler de kurutulmaya çalışıldı. Doğranarak kurutulan örneklerde nem düzeyi başlangıçta % 90.02, kurutma sonrası % 8.43 olarak saptanırken, aynı kurutma süresince tüm haldeki kırmızıbiberlerde nem düzeyi başlangıçta % 89.30, kurutma sonrası % 73.00 olarak belirlenmiştir. Tüm haldeki kırmızıbiberler aynı sıcaklıklarda (110 °C, 96 °C, 73 °C ve 60 °C) ve aynı kurutma süresince (210 dak.) yeterli derecede kuruma göstermemiştir. Dolayısıyla tüm haldeki kırmızıbiberleri kurutmak için kurutma süresinin daha uzun tutulması gerekmektedir.
- Kül oranları doğranmış kırmızıbiber örneklerinde % 1.1-13.4 arasında, tüm haldeki kırmızıbiber örneklerinde % 1.2-3.29 arasında saptanmıştır. Kül miktarlarında kurutma süresince bir artış belirlenmiştir.
- Kurutma sistemine alınmadan analizi yapılan örneklerden doğranmış kırmızıbiberlerde pH başlangıçta 5.57 iken kurutma sonrası bu değer 5.54'e düşmüştür. Tüm haldeki kırmızıbiberlerde başlangıçta 5.6 olan pH değeri kurutma sonrası 5.35'e düşmüştür. Kurutma süresince ısı işlemi ile birlikte pH değerlerinde bir azalma, dolayısıyla asit içeriklerinde bir artış görülmüştür.
- Titrasyon asitliği doğranmış örnekte başlangıçta % 0.3 iken, fırın çıkışındaki örnekte bu değer % 2.6'ya yükselmiştir. Tüm haldeki kırmızıbiberlerde başlangıçta % 0.31 olan titrasyon asitliği, kurutma sonrasında % 0.53'e yükselmiştir. Kurutma işlemiyle birlikte titrasyon asitliğinde sürekli bir artış saptanmıştır.

- Analizi yapılan örneklerde indirgen şeker içeriği 5.89-51.28 g/100g arasında, toplam şeker içeriği 5.91-52.23 g/100g arasında bulunmuştur. Kuruma oranına göre örneklerde TKM oranının artışına paralel olarak indirgen şeker içerikleri de nem oranı düşük olan örneklerde yüksek çıkmıştır. Isıl işlem süresi arttıkça indirgen şeker ve toplam şeker içeriğinde de bir artış görülmüştür. Ayrıca bütün örneklerde toplam şeker ile indirgen şeker içeriği arasında çok az bir fark olduğu saptanmıştır. Buna göre kırmızıbiber meyvesinde sakkaroz'dan gelen ilave şeker miktarının çok az, diğer disakkaritlerden ise ilave bir şeker içeriğinin olmadığı tespit edilmiştir.
- Açıklık ve koyuluğun göstergesi olan Hunter L değeri tüm halde işlem görmemiş kırmızıbiberde 21.22 iken kurutma sonrası 23.85'e yükselmiştir. Doğranarak kurutulan örneklerde Hunter L değeri başlangıçta 19.15 iken, kurutma sonrası bu değer 41.93'e yükselmiştir. L değerlerindeki bu artışlarla ısıl işlemle birlikte renk kalitesinde bir azalma olduğu saptanmıştır. Hunter a değeri tüm haldeki kırmızıbiberlerde başlangıçta 27.17 iken kurutma sonrası 23.85'e, doğranmış kırmızıbiberlerde başlangıçta 32.07 iken kurutma sonrası 36.53'e yükselmiştir. Hunter a değerindeki bu artış kırmızıbiber pigmentlerinin tamamlanmamış olan biyokimyasal reaksiyonlarının sıcaklığın etkisiyle devam ettiğini göstermektedir. Hunter b değeri tüm kırmızıbiberlerde başlangıçta 11.31 iken kurutma sonrası 14.94, doğranmış kırmızıbiberlerde başlangıçta 12.39 olan b değeri kurutma sonrası 25.31'e yükselmiştir. Hunter b değerlerindeki bu artışlardan sıcaklıkla birlikte kırmızı pigmentlerin bir kısmının degradasyona uğrayarak sarı renge dönüştükleri tespit edilmiştir.
- Tüm haldeki kırmızıbiberlerde kuru maddede 136.52 mg/100g askorbik asit mevcut iken, doğranma sonrası bu değer 85.97 mg/100g seviyesine düşmüştür. Doğranma süresince oldukça yüksek miktarda (% 37) askorbik asit kaybı meydana gelmiştir. Tüm kırmızıbiberlerde başlangıçta kuru maddede 136.52 mg/100g askorbik asit saptanırken kurutma sonrası bu değer kuru maddede 50.26 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Tüm halde kurutma işleminde başlangıca göre kayıp % 63 olarak saptanmıştır. Doğranarak kurutma işleminde ilk hammadde de askorbik asit içeriği

kuru maddede 136.53 mg/100g iken doğranma sonrası kurutulanan kırmızıbiberlerde bu değer % 86'lık bir kayıpla kuru maddede 19.45mg/100g olarak saptanmıştır.

- Analizi gerçekteştirilen mineral maddeler içerisinde K; kuru ağırlıkça 2715.4-2918 mg/100g arasında, Na; 14.7-16.98 mg/100g arasında, Fe; 5.31-6.47 mg/100g arasında, Cu; 1.52-1.81 mg/100g ve Zn; 2.85-3.67 mg/100g arasında tespit edilmiştir. Analizi gerçekteştirilen örneklerde Cd içerikleri ise bütün örneklerde kuru ağırlıkça 0.0006 mg/100g'dan az olarak bulunmuş, bu sonuca göre örneklerde herhangi bir ağır metal bulaşmasının olmadığı tespit edilmiştir. Örnekler arasında kuru ağırlığa göre belirlenen değerlerin birbirine oldukça yakın çıktığı tespit edilmiştir. Tüm halde işlenmemiş kırmızıbiber örneklerindeki mineral madde içeriklerinin, doğrama sonrası kırmızıbiber örneklerinde azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Mineral madde içeriğindeki bu genel azalmanın doğrama sonrasında mineral madde içeren meyve suyunun akması veya temas edilen yüzeylere bulaşması sonucu mineral madde içeriğinde böyle bir kaybın meydana geldiği düşünölmektedir. Ayrıca ısı ile birlikte kurutmanın ilerleyen aşamalarında özellikle doğranmış örneklerde mineral madde içeriklerindeki değişimlerin ana sebebinin yine meyve suyunun akması sonucu oluşabilecek kayıplardan olduğu da düşünölmektedir.
- Tüm haldeki kırmızıbiberlerde kapsantin içeriği kuru maddede 2328.3 mg/kg iken doğrama sonrası bu miktar kuru maddede 2244.62 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Doğrama aşamasında % 3.59'luk kayıp meydana geldiği belirlenmiştir. Tüm haldeki kırmızıbiberlerde kurutma sonrası kapsantin içeriği kuru maddede 2513.2 mg/kg olarak saptanmıştır. İşlem görmemiş örneğe göre artış % 7.9 oranında belirlenmiştir. Doğranmış örnekte kurutma sonrası kapsantin içeriği 2754.76 mg/kg olarak belirlenmiş, başlangıca göre artış % 18.51 olarak saptanmıştır.
- Tüm haldeki kırmızıbiberlerde β-karoten miktarı başlangıçta kuru maddede 859.15 mg /kg iken kurutma sonrası β-karoten miktarı kuru maddede 524.08 mg /kg olarak, kayıp ise % 39 olarak saptanmıştır. Doğranmış örnekte başlangıçta kuru maddede 712.28 mg/kg olan β-karoten miktarı kurutma sonrası 381.8 mg/kg olmuş, kayıp % 47 olarak, tüm haldeki örneğe göre ise kayıp % 56 olarak saptanmıştır.

- Tüm haldeki kırmızıbiberlerde  $\beta$ -kriptoksantin miktarı başlangıçta kuru maddede 421.18 mg/kg iken kurutma sonrası  $\beta$ -kriptoksantin miktarı kuru maddede 327.04 mg/kg olarak, kayıp ise % 22 olarak saptanmıştır. Doğranmış örnekte başlangıçta kuru maddede 416.83 mg/kg olan  $\beta$ -kriptoksantin miktarı, kurutma sonrası 336.43 mg/kg olmuş, kayıp % 19 olarak, tüm haldeki örneğe göre ise kayıp % 20 olarak saptanmıştır.
- Karotenoid bileşiklerin kırmızıbiberde olgunluğun bir indeksi olduğu ve bu durumun gözetilerek hasatta optimizasyon gerektiği ortaya çıkmıştır.



**KAYNAKLAR**

Acar, J., Gökmen, V., Alper, N. Ö., 1999. Meyve ve Sebze Teknolojisi Kalite Kontrol Laboratuvar Kılavuzu. 2. Baskı, Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Yayınları Ders Notları No: 38, Ankara.

Aczel, A., 1986. Application of Overpressured Layer Chromatography in Red Pepper Analysis. Study of the Carotenoids Responsible for the Red Color in Ground Red Pepper. Journal of High Resolution Chromatography & Chromatography Communications. 407-408.

Akgül, A., 1985. Tad, Koku ve Renk Katkısı Olarak Kırmızıbiber. Gıda, 10 (6): 355-360.

Akgül, A., 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 15, 345 s. Ankara.

Anonymous, 1972. Meyve ve Sebze Mamulleri Asit Tayini Standardı. TSE 1125. Türk Standartları Enstitüsü Yayını. Ankara.

Anonymous, 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metotları. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Gıda İşleri Genel Müdürlüğü , Genel Yayın No: 65, 796s. Ankara.

Anonymous, 1989. Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops. FAO Training Series No:17/2. 157p. Italy.

Anonymous, 1992. Vitaminler. Roche Yayınları, 119s. İstanbul.

Anonymous, 2002a. <http://www.chilepepperinstitute.org>

Anonymous, 2002b. <http://www.chilepepperinstitute.org/pictures.htm>

Anonymous, 2002c. <http://www.chilepepperinstitute.org/NMSUCultivars.htm>

Anonymous, 2002d. <http://www.fao.org>

Anonymous, 2002e. <http://www.fao.org/page//collections?subset=agriculture>

Anonymous, 2002f. <http://ohioonline.osu.edu/hyg-fact/5000/5552.html>

Anonymous, 2002g. <http://chipsbooks.com/phytocem.html>

Artık, N., 1993. Chemical Composition of Wild Apricot Pulp. *Flüss. Obst. in Fruit Processing*

Astorg, P., 1997. Food carotenoids and cancer prevention, an overview of current research. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 406-413.

Atlı, Y., 1998. Organik ve Geleneksel Olarak Üretilen Elma ve Domateslerin Kurutulma ve Depolanmaları Sırasında Bazı Karotenoidlerde Meydana Gelen Değişmeler. E.Ü. Fen Bil. Enst. Gıda Müh. Anabilim Dalı Y. Lisans Tezi, 106s., İzmir.

Bağcı, M., 1974. Yabancı ve Yerli Orijinli Biber Çeşitlerinin İhracata ve Salça İmaline Uygunluğu ve Bölgeye Adaptasyonu Üzerinde Araştırmalar. Tübitak Yayınları No:241.103s.Ankara.

Bağdathoğlu, N., Demirbükker, B., 1999. Gıda İşlemede Karotenoidlerde Meydana Gelen Gelişmeler. *Gıda (9)*: 48-51.

Baranyai, M., Szabolcs, J., 1976. Determination by reduction of the Red and Total Pigments Content in Paprika Products, *Acta Aliment.* 5 (2):87.

Baysal, T., Ersus, S., 1999. Karotenoidler ve İnsan Sağlığı. *Gıda*, 24(3): 177-185.

- Beis, S. H., 1990. Kırmızıbiberden Gıda Boyası Eldesi. A.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi (yayınlanmamış), Eskişehir.
- Belitz, H. D., Grosch, W., 1999. Food Chemistry. 992p. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Berg, H. V. D., Faulks, R., Granada, H. F., Hirschberg, J., Olmedilla, B., Sandmann, G., Southon, S., Stahl, B., 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.
- Bilişli, A., Erhan, M., 1991. Yeşil ve Kırmızı Olgunluktaki Kapija Çeşidi Biberin Dondurarak Muhafazası Üzerinde Çalışmalar. Gıda – Yem. 1: 29 – 32. Bursa
- Bingöl, Ş., 1992. Sebze İşleme Sanayiinde Girdi Kullanımı ile Verimlilik Sorunları ve Öneriler. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 456, 184s. Ankara.
- Bognár, A., Daood, H. G., 1999. Simple in – line Post Column Oxidation and Derivatization for the Simultaneous Analysis of Ascorbic and Dehydroascorbic acidin Foods by HPLC. 2<sup>nd</sup> International Conference 'Agri – Food' Quality II (Ed) Hägg, M., Ahvenainen, R., Evers, A. M., Tiilikkala, K. Academic Press, 329s. Cambridge.
- Canfield, L. M., Valenzuela, J. G., 1993. Cooxidations, Significance to Carotenoid Action *in vivo*. Annual New York Academic Science, 691: 192-199.
- Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği – Yayın No: 6, 511s. Ankara.
- Collins, A. R., 2001. Carotenoids and Genomic Stability, Review. Mutation Research, 475: 21-28.

- Craft, N. E., Soares, J. H., 1992. Relative Solubility, Stability and Absorptivity of Lutein and  $\beta$ -carotene in Organic Solvents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 431-434.
- Daood, H. G., Vinkler, M., Márkus, F., Hebshi, E. A., Biacs, P. A., 1996. Antioxidant Vitamin Content of Spice Red-Pepper (Paprika) as Affected by Technological and Varietal Factors. *Journal of Food Chemistry*, 55 (4): 365-372.
- Davis, P. H., 1978. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol: 6, Edinburg University Press.
- DeMan, J. M., 1990. *Principles of Food Chemistry*. 469p. AVI Book, Van Nostrand Reinhold.
- Demir, L., 1996. Kahramanmaraş Kırmızıbiberinin Farklı Materyaller Üzerine Serilerek Güneşte Kurutulması Üzerine Bir Çalışma. K.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı Y. Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- DiMascio, P., Murphy, M. E., Sies, H., 1991. Antioxidant Defense Systems, the Role of Carotenoids, Tocopherols, and Thiols. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 194-200.
- Diplock, A. T., 1991. Antioxidant Nutrients and Disease Prevention, an Overview. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 189-193.
- Ergün, C., Çetin, H., Sürmeli, N., 1992. Bazı Biber Çeşitlerinin Dondurulmaya Uygunluğu ve Depolama Sırasında Meydana Gelen Değişmeler Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü.
- Evranuz, Ö., 1988. Gıda Maddelerinin Kurutulması Sırasında Kuruma Kinetiğini Kontrol Eden Faktörler ve Kalite Üzerine Etkileri. *Gıda*, 13 (1): 50 -58.



- Geankoplis, C. J., 1993. Transport Processes and Unit Operations. 3<sup>th</sup> edn., Prentice – Hall International, Inc., 921s. New Jersey.
- Getoff, N., 2001. Cytostatica Efficiency Enhancement by Vitamins C, E and  $\beta$ -Carotene Under Irradiation. State of the Art. Radiation Physics and Chemistry, 60: 351-358.
- Gey, K. F., 1995. Ten-Year Retrospective on the Antioxidant Hypothesis of Arteriosclerosis, Treshold Plasma Levels of Antioxidant Micronutrients Related to Minimum Cardiovascular Risk.
- Govindarajan, V. S., 1985. Capsicum – Production, Technology, Chemistry and Quality, 1. History, Botany, Cultivation and Primary Processing, Critical Review Food Science and Nutrition, 22 (2): 109 – 176.
- Handelman, G. J., 2001. The Evolving Role of Carotenoids in Human Biochemistry. Nutrition, 17: 818-822.
- Hornero-Méndez, H., Mínguez-Mosquera, M. I., 2000. Xantophyll Esterification Accompanying Carotenoid Over Accumulation in Chromoplast of *Capsicum Annuum* Ripening Fruits is a Constitutive Process and Useful for Ripeness Index. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 1617-1622.
- James, C. S., 1995. Analytical Chemistry of Foods. Blackie Academic & Professional, 178s. Glasgow.
- Johnson, E. J., Russell, R. M., 1992. Distribution of orally administered  $\beta$ -carotene among lipoproteins in healthy men. American Journal of Clinical Nutrition, 56: 128-135.
- Kaya, N., 1993. Biyokimya. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 473, Kars Veteriner Fakültesi Yayınları No: 2, Ders Kitapları Serisi No:2, Erzurum.

- Krinsky, N. I., 1993. Actions of Carotenoids in Biological Systems. Annual Review Nutrition, 13: 561-587.
- Krinsky, N. I., 1994. The Biological Properties of Carotenoids. Pure Applied Chemical, 66: 1003-1010.
- Kuşçu, A., Sağdıç, O., Küçüköner, E., Özçelik, S., 2002. Karotenoidlerin Bazı Özellikleri ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi. 22-24 Mayıs 2002 Türkiye 7. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı, sayfa: 646-656, Ankara.
- Lee, S. W., Kim, K. S., 1975. Physico – Chemical Studies on the After – Ripening of Hot Pepper Fruit.
- Lee, S. D., Chung, S. K., Kim, H. K., Yam, K. L., 1991. Nonenzymatic Browning in Dried Red pepper products. Journal of Food Quality, 14: 153-163.
- Liu, D., Gao, Y., Kispert, L. D., 2000. Electrochemical Properties of Natural Carotenoids. Journal of Electroanalytical Chemistry, 488: 140-150.
- Macrae, R., 1988. HPLC in Food Analysis Academic Press Limited, 501p. London.
- Maoka, T., Mochida, K., Kozuka, M., Ito, Y., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., Enjo, F., Ogata, M., Nobukuni, Y., Tokuda, H., Nishino, H., 2001. Cancer Chemopreventive Activity of Carotenoids in the Fruits of Red Paprika *Capsicum annuum* L. Cancer Letters, 172: 103-109.
- Mínguez-Mosquera, M. I., Hornero-Méndez, H., 1994. Influence of the Industrial drying processes of Pepper fruits for Paprika on the Carotenoid Content, J. of Agric. Food Chem., 42: 1190-1193.
- Molnár, P., Deli, J., Matus, Z., Tóth, G., Steck, A., Pfander, H., 2000. Isolation and Characterization of Mutatoxanthin-Epimers from Red Paprika (*Capsicum annuum*). European Food Research Technology, 211: 396-399.

- Morais, H., Ramos, A. C., Cserhádi, T., Forgács, E., 2001. Effects of Fluorescent Light and Vacuum Packaging on the Rate of Decomposition of Pigments in Paprika (*Capsicum annuum*) Powder Determined by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *Journal of Chromatography A*, 936: 139-144.
- Murakami, A., Nakashima, M., Koshiba, T., Maoka, T., Nishino, H., Yano, M., Sumida, T., Kim, O. K., Koshimizu, K., Ohigashi, H., 2000. Modifying Effects of Carotenoids on Superoxide and Nitric Oxide Generation from Stimulated Leukocytes. *Cancer Letters*, 149: 115-123.
- Nasaretnam, K., Lim, E. J., Reimann, K., Lai, L. C., 2000. Effect of a Carotene Concentrate on the Growth of Human Breast Cancer Cells and pS2 Gene Expression. *Toxicology*, 151: 117-126.
- Olson, J. A., 1989. Biological Actions of Carotenoids. *American Institute of Nutrition*, 119: 94-95.
- Olson, J. A., 1996. Benefits and Liabilities of Vitamin A and Carotenoids. *Journal of Nutrition*, 126: 1208-1212.
- Orak, H., 1999. Dondurularak Muhafaza Edilen Tatlı ve Acı Kırmızıbiberlerin Kalitesi Üzerine Farklı Ön İşlemlerin Etkisi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Ovesen, L., 1999. Functional foods, some relevant considerations? *British Food Journal*, 101, 809-817.
- Özkan, M., Cemeroğlu, B., 1997. Karotenoidler, Özellikleri ve Gıdalarda Uygulamaları. *Gıda Teknolojisi*, 2(11), 34-44.
- Öztekin, S., Başçetinçelik, A., Soysal, Y., 1999. Crop Drying Programme in Turkey. *Renewable Energy*, 16: 789 – 794.

- Palace, V. P., Khaper, N., Qin, Q., Singal, P. K., 1999. Antioxidant Potentials of Vitamin A and Carotenoids and Their Relevance to Heart Disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 26:746-761.
- Potter, N. N., Hotchkiss, J. H., 1995. *Food Science*. 5<sup>th</sup> edn., Chapman & Hall, 608s. New York.
- Quintero, R., Bourne, M. C., Barnard, J., Morales, A. 1998. Optimization of Low Temperature Blanching of Frozen Jalopeno Pepper (*Capsicum annuum*) Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Science* 42: 519-522.
- Rock, C. L., 1997. Carotenoids, Biology and Treatment. *Pharmacology & Therapeutics*, 75(3), 185-197.
- Rubio, C., Hadisson, A., Martín, R. E., Báez, A., Martín, M. M., Álvarez, R., 2002. Mineral Composition of the Red and Green Pepper (*Capsicum annuum*) from Tenerife Island. *European Food Research and Technology*, 214: 501-504.
- Saldamlı, İ., 1998. *Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları*. 527s. Ankara.
- Sies, A., Krinsky, N. I., 1995. Antioxidant Vitamins and  $\beta$ -carotene in Disease Prevention. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62: 1299-1320.
- Smith, J., 1993. *Technology of Reduced-Additive Foods*. 249p. Blackie Academic & Professional, an Imprint of Chapman & Hall, Glasgow.
- Suntornsuk, L., Kritsanapun, W., Nilkamhonk, S., Poochom, A., 2001. Quantitation of Vitamin C Content in Herbal Juice Using Direct Titration. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 47: 231 – 239.

- Tatsuzawa, H., Maruyama, T., Misawa, N., Fujimori, K., Nakano, M., 2000. Quenching of Singlet Oxygen by Carotenoids Produced in *Escherichia coli*-Attenuation of Singlet Oxygen-Mediated Bacterial Killing by Carotenoids. Federation of European Biochemical Societies, 484: 280-284.
- Tutin, T. G., Heywood, V. H., Burges, N. A., Moore, D. M., Valantine, D. H., Walters., S. M., Webb, D. A., 1996. Flora Europaea, 385p. Cambridge University in press, Cambridge.
- Tüzün, C., 1992. Biyokimya. Palme Yayın, 495s. Ankara.
- Ünlütürk, A., Karapınar, M., Turantaş, F., 1998. Gıda Mikrobiyolojisi. Mengi Tan Basımevi, 605s. İzmir.
- Van Niekerk, P. J., 1988. HPLC in Food Analysis. 2<sup>nd</sup> edn, (Ed)
- Van Poppel, G., van den Berg, H., 1997. Vitamins and Cancers. Cancer Letters, 114: 195-202.
- Vega – Mercado, H., Gángora – Nieto, M. M., Barbosa – Cánovas, G. V., 2001. Advances in Dehydration of Foods. Journal of Food Engineering, 49: 271 – 289.
- Weisburger, J. H., 1998. Evaluation of the Evidence on the Role of Tomato Products in Disease Prevention. Proceeding of the Society for Experimental Biology and Medicine, 218: (2), 140-143.
- Wills, R., Mc Glasson, B., Graham, D., Joyce, D., 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals. 4<sup>th</sup> edn., UNSW Press, 262s. Washington.

Wingerath, T., Stahl, W., Kirsch, D., Kaufmann, R., Sies, H., 1996. Fruit Juice Carotenol Fatty Acid Esters and Carotenoids as Identified by Matrix Assisted Laser Desorption Ionization (MALDI) Mass Spectrometry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44: 2006-2013.

Yemiş, O., 2001. Kırmızıbiberlerden Oleoresin Capsicum Üretimi Üzerine Araştırma. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Y. Lisans Tezi (yayınlanmamış), Ankara.

**TC YÜSEKÖĞRETİM KURULU  
DÜZENLİYENLER MEKANSI**

## 7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Alper KUŞÇU

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Yılı : 1972

Medeni Hali : Bekar

### Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : 1986-1989 – Isparta Gazi Lisesi

Lisans : 1990-1998 – Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

### İş Deneyimi:

1999 - ..... : S.D.Ü. Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü  
Araştırma Görevlisi