

**DOMATES KAROTENOİDLERİNDEN LİKOPENİN DOĞAL
RENKLENDİRİCİ VE ANTİOKSİDAN OLARAK
FONKSİYONEL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

NEVZAT KONAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İLERİ TEKNOLOJİLER**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2008
ANKARA**

Nevzat KONAR tarafından hazırlanan DOMATES KAROTENOİDLERİNDEN LİKOPENİN DOĞAL RENKLENDİRİCİ VE ANTİOKSİDAN OLARAK FONKSİYONEL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIMI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Perihan GÜRKAN

.....

Tez Danışmanı, Kimya Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İleri Teknolojiler Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Perihan GÜRKAN

.....

Kimya A.D., Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Nevzat ARTIK

.....

Gıda Mühendisliği A.D., Ankara Üniversitesi

Doç. Dr. Ender Sinan POYRAZOĞLU

.....

Gıda Mühendisliği A.D., Ankara Üniversitesi

Doç. Dr. Nihal YÜCEL

.....

Biyoloji A.D., Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Gülderen YENTÜR

.....

Temel Eczacılık Bilimleri A.D., Gazi Üniversitesi

Tarih : 15/01/2008

Bu tez ile G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nevzat KONAR

**DOMATES KAROTENOİDLERİNDEN LİKOPENİN DOĞAL
RENKLENDİRİCİ VE ANTİOKSİDAN OLARAK FONKSİYONEL GIDA
ÜRETİMİNDE KULLANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Nevzat KONAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
OCAK 2008**

ÖZET

Bu çalışmada domates karotenoidlerinden likopen farklı düzeylerde kullanılarak yenilebilir sütlü buz üretilmiştir. Örneklerin hazırlanmasında endüstriyel üretim parametreleri uygulanmıştır. Hazırlanan örneklerin depolama sürecinde 0., 7., 14. ve 21. günlerde likopen miktarı HPLC ile, renk değerleri CIE-L,a,b metodu ile antioksidan aktivite DPPH metodu ile incelenmiştir. Likopen miktarında üretim sırasında önemli miktarda kayıp olduğu, depolama sürecinde ise daha yüksek oranda stabilite görüldüğü tespit edilmiştir. Likopenin yenilebilir sütlü buzlarda doğal bir gıda renklendiricisi olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Likopenin yenilebilir sütlü buz üretiminde kullanılması ile örneklerin antioksidan aktivite kazandığı ancak bu aktivitenin depolama sürecinde stabilite göstermediği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca yenilebilir sütlü buz üretimi sırasında likopen kaybının nedeni araştırmak amacıyla over run işlemi uygulamadan yani hava ile hacim kazandırılmadan hazırlanan örneklerde likopen miktarı değişimi aynı yöntem ve cihazlar kullanılarak incelenmiştir. Likopen kayıp hızının, birinci aşamaya oranla çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 908.1.051

Anahtar Kelimeler : Antioksidan aktivite, fonksiyonel gıda, yenilebilir buz, dondurma, likopen

Sayfa Adedi : 74

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Perihan GÜRKAN

**USING OF LYCOPENE, A TOMATO CAROTENOID, AS A NATURAL
COLORANT AND ANTIOXIDANT AT FUNCTIONAL FOOD
PRODUCTION
(M.Sc. Thesis)**

Nevzat KONAR

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
JANUARY 2008**

ABSTRACT

In this study, ice cream was produced by using lycopene, a tomato careteonoid, at different concentrations. Industrial process parameters were used in sample preparation. Lycopene content by HPLC, color values by CIE Lab method and antioxidant activity by DPPH method were analysed on 0, 7, 14 and 21. days of storage of samples. Lycopene loss during production was at high level, whereas lycopene was more stable during storage than production. Suitability of lycopene as a natural colourant in ice cream was determined. Ice cream samples gained antioxidant activity by using of lycopene but this activity was not found stable during their storage period. Reason of lycopene loss during production was also investigated and ice cream samples containing lycopene were produced without over run process by using same parameters, materials and equipment. Lycopene loss rate was determined as slower than the first stage of the study had.

Science Code : 908.1.051

Key Words : Antioxidant activity, functional food, ice cream, lycopene

Page Number : 74

Adviser : Prof. Dr. Perihan GÜRKAN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Perihan GÜRKAN'a, deneme üretimleri, laboratuvar çalışmaları ve literatür taramalarındaki desteklerinde dolayı Prof. Dr. Nevzat ARTIK ve Doç Dr. Ender Sinan POYRAZOĞLU'na, tesislerinde deneme üretimlerini gerçekleştirdiğim Özerişen Süt Gıda A.Ş. adına Murat GÜLMEZ ve Esef ÖZAT'a, tüm desteklerinden dolayı Seyfullah IŞIKSAL, Burhan BAL ve sevgili eşim Hülya KONAR'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	5
2.1. Domates	5
2.2. Karotenoidler	5
2.2.1. Karotenoidlerin yapısı ve özellikleri	7
2.2.2. Karotenoidlerin biyosentezi	10
2.2.3. Karotenoidlerin sindirimi ve biyoyararlılığı	11
2.2.4. Karotenoidlerin fonksiyonları	12
2.2.5. Karotenoidlerin sağlık üzerine etkileri	13
2.4. Likopen	21
2.4.1. Tanım	21
2.4.2. Domates ve likopen	24
2.4.3. Likopenin fiziksel ve kimyasal özellikleri	24
2.4.4. İnsan sağlığı açısından likopenin önemi	28
2.4.5. Likopen ve stabilite	34

Sayfa

2.5. Fonksiyonel gıda	38
2.6. Dondurma ve Yenilebilir Sıtlı Buz.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM	42
3.1. Materyal	42
3.2. Yöntem.....	44
3.2.1. C IE - L, a, b renk tayini.....	44
3.2.2. DPPH metodu kullanılarak radikal yok etme aktivite tayini	45
3.2.3. Likopenin HPLC ile belirlenmesi	46
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	47
4.1 Sonuçlar	47
4.1.1. Örnekler	47
4.2.1. CIE-L,a,b renk analizi	47
4.2.2. Likopen konsantrasyonu	51
4.2.3. Antioksidan aktivite (DPPH metodu)	53
4.2.Yorum ve Tartışma	54
4.2.1. Yorum	54
4.2.2. Tartışma	55
EKLER.....	57
Ek 1. 43,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğın (a) 0. gün, (b) 7. gün ve (c) 14. gün'e ait likopen kromatogramları.....	58
Ek 2. 106,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğın (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları.....	59
Ek 3. 145,5 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğın (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları.....	60
Ek 4. 203,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğın (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları.....	61
Ek 5. 242,5 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğın (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları.....	62
Ek 6. 291 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğın (a) 0. gün, (b) 7. gün ve (c) 14. gün'e ait likopen kromatogramları.....	62

	Sayfa
gün'e ait likopen kromatogramları.....	63
Ek 7. Kontrol (Örnek A) örneğine ait likopen kromatogramı.....	64
Ek 8. Likopen standart maddesi (Sigma Aldrich) kromatogramı.....	65
Ek 9. Likopen kalibrasyon eğrisi.....	66
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Domatesin kimyasal bileşimi.....	6
Çizelge 2.2. Reaktif oksijen türevleri.....	16
Çizelge 2.3. Çeşitli gıdaların likopen içerikleri.....	23
Çizelge 2.4. Likopenin fiziksel özellikleri.....	25
Çizelge 2.5. Domates suyunun ısıtılmasında likopen kayıp oranı.....	36
Çizelge 2.6. Hekzan çözeltisinde likopeninin oksidasyon ile kaybı.....	36
Çizelge 2.7. 100 °C’de Isıtılan domates pulpunda oksijenin likopen kaybı üzerine etkisi.....	38
Çizelge 3.1. Yenilebilir sütlü buz materyali bileşimi.....	44
Çizelge 4.1. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki renk değerleri.....	50
Çizelge 4.2. Örneklerin likopen konsantrasyonlarının süre ile değişimi.....	51
Çizelge 4.3. Over run işlemi uygulanmamış yenilebilir sütlü buz miksi likopen konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	52
Çizelge 4.4. Farklı başlangıç likopen konsantrasyonlarına sahip yenilebilir buzların DPPH metodu ile tespit edilen antioksidan aktivitelerinin süre ile değişimi.....	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Gıdalarda bulunan bazı karotenoidler.....	9
Şekil 2.2. Likopen yapısı.....	22
Şekil 2.3. Likopenin trans- ve cis-isomerlerinin kimyasal yapısı.....	27
Şekil 3.1. DPPH serbest radikali.....	45
Şekil 4.1. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki L renk değerlerindeki değişim.....	48
Şekil 4.2. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki a renk değerlerindeki değişim.....	48
Şekil 4.3. Örneklerin 3., 10. 17. ve 24. günlerdeki b renk değerlerindeki değişim.....	49
Şekil 4.4. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki a/b renk değerlerindeki değişim.....	49
Şekil 4.5. Örneklerin likopen konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi.....	51
Şekil 4.6. Over run işlemi uygulanmamış yenilebilir sütlü buz miksi likopen konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi.....	52
Şekil 4.7. Örneklerin DPPH metodu ile tespit edilen antioksidan aktivitelerinin süre ile değişimi.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
μM	Mikromolar
g	Gram
mg	Miligram
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
α	Alfa
β	Beta
γ	Gamma
ζ	Zeta
$^1\text{O}_2$	Singlet (Tekli) oksijen
$\text{ROO}^{\cdot}$	Peroksil radikali
$\text{O}_2^{\cdot -}$	Süperoksit anyon
$\text{OH}^{\cdot}$	Hidroksil radikali
K_q	Tutucu oranı sabiti
$\text{O}_2^{\cdot \cdot}$	Süperoksit
$\text{RO}^{\cdot}$	Alkoksi
$\text{HO}_2^{\cdot}$	Hidroperoksil
M	Molar
μL	Mikrolitre
Kısaltmalar	Açıklama
ppm	Milyonda bir kısım
LAME	Linoleik asit metil ester
AMVN	Azo-başlatıcı 2,20-azobis
MMS	Metil metan sülfonat
4-NQO	4-nitroquinolin-1-oksit
MCF-7	Göğüs tümörü hücre serisi

Kısaltmalar	Açıklama
MTT	[3-(4,5-dimethylthiazolyl-2)-2,5-diphenyltetrazolium
MIV	Minimal inhibisyon konsantrasyonu
LDL	Düşük yoğunluklu lipoprotein
DPPH	2,2-diphenyl-β-picrylhydrazyl
CIE	Uluslararası Işıklandırma Komisyonu
UV	Ultraviyole
MVA	Mevalonik asit
GGDP	Geranylgeranyl difosfat
PPDP	Prefitoen difosfat
HDL	Yüksek yoğunluk lipoprotein
RDA	Alınması önerilen miktar
BHA	Butillenmiş hidroksi-anisol
BHT	Butillenmiş hidroksi-toluen
PG	Propil galat
TBHQ	Tersiyer butil hidrokinon
SOD	Süperoksit dismutaz
CAT	Katalaz
GSK-Px	Glutation peroksidaz
IFIC	Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi
ILSI	Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü
FOSHU	Belirli Sağlık Kullanımı İçin Fonksiyonel Gıdalar
HPLC	Yüksek Performans Sıvı Kromatografi
rpm	Dakikadaki devir sayısı
PDA	Foto diod yolu
FDA	Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi

1.GİRİŞ

Domates (*Lycopersicon esculentum*) tek yıllık bir bitki çeşididir. Anavatanı Meksika ve Peru' dur. Peru'dan yola çıkarak hemen hemen dünyanın büyük bir bölümünde, 1900' lü yılların başından beri de ülkemizde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Taze olarak tüketildiği gibi salça, domates suyu, konserve turşu, reçel, ketçap şeklinde de tüketilmektedir. İçeriğinde A, B₁, B₂, C, K vitaminleri, niasin, protein, yağ, karbonhidrat, organik asitler, potasyum, demir ve pek çok etkin madde bulunmaktadır.

Likopen sebze ve meyvelerde doğal olarak bulunan karoten (karotenoid) grubuna ait bir pigmenttir. Likopen karpuz ve kırmızı greyfurtta da bulunur. Ancak likopen açısından en önemli olan domates ve domates ürünleridir.

Yapılan çalışmalar likopenin insan sağlığı açısından birçok faydalı özelliği olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalarda likopenin prostat [Schuurman ve ark., 1998, Norrish ve ark., 2000, Rao ve ark., 1999, Stacewicz-Sapuntzakis ve Bowen, 2005, Wertz ve ark., 2004], akciğer ve mide kanserlerine karşı önemli bir koruyucu etki göstermesinin yanında pankreas, kolon, rektum, yemek borusu, ağız boşluğu, göğüs [Levy ve ark., 1995] ve rahim (cervix) kanserleriyle ilgili koruyucu etkisinin de olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber likopen alımıyla düşük kanser riski arasındaki ilişkiyi tam olarak belirleyebilmek için daha ileri seviyede araştırmalara gerek duyulmaktadır. Avrupa'da araştırmacılar yüksek miktarda likopen alımıyla düşük kalp hastalıkları arasında istatistiksel bir ilişkinin olduğunu belirlemişlerdir [Kohlmeyer ve ark., 1997]. Aynı zamanda likopen alımı yaşlılarda bağışıklık sistemini de güçlendirmektedir [Corridan ve ark., 1998].

Wertz ve ark., (2004), likopenin prostat sağlığı üzerindeki etkisinin mekanizması ile ilgili bir araştırma yürütmüşler ve bu araştırma kapsamında likopen tüketiminin prostat kanseri riskinin azalması ile ilişkilendirilebileceğini bildirmişlerdir [Wertz ve ark., 2004].

Shi ve ark., (2007) tarafından likopen ve onun E vitamini ile işbirliğinin antioksidan aktivitesi linoleik asit metil ester (LAME) homojen çözeltisinde incelenmiştir. Likopen, β -karoten, E ve C vitaminlerinin ayrı ayrı ve birlikte antioksidan aktiviteleri azo-başlatıcı 2,20-azobis (2,4-dimetilvaleronitril) (AMVN) ile indüklenmiş LAME oksidasyonundan dien hidroperoksitlerin üretimi üzerindeki etkileri incelenerek değerlendirilmiştir. Likopen ve E vitamini kombinasyonu, konsantrasyona bağlı olarak, bu antioksidanların ayrı ayrı göstermekte olduğundan daha yüksek inhibisyon etkisi göstermiştir. Ancak β -karoten ve E vitamini kombinasyonu sinerjik bir etkileşim ortaya koymamıştır [Shi ve ark., 2007].

Likopen, aynı zamanda antioksidan bir maddedir. Likopen hücreleri serbest radikal hasarından korumasının yanında, hücreler arasındaki bağları güçlendirmekte ve hücre metabolizmasını geliştirmektedir. Yağda çözünen, yağ miktarı fazla doku ve organlarda etkinliği artan likopenin yağ içeriği oldukça fazla bir organ olan ciltte de antioksidan-koruyucu etki gösterdiği saptanmıştır. Likopen cilt hücreleri arasındaki bağları da kuvvetlendirmektedir. Diğer bir yararlı etkisi ultra viyole ışınlarına karşı koruma sağlamasıdır. Likopen aynı zamanda kolesterol düşürücü (hipokolesterolemik) özelliğe de sahiptir [Shi, 2000].

Başlıca likopen kaynağı olan domatesin sahip olduğu formun ve likopen içeriğinin, bu gıda maddesinin gösterdiği antioksidan aktivite üzerinde de belirleyici etkisi bulunmaktadır. Karakaya ve Yılmaz (2007) tarafından gerçekleştirilen araştırmada taze, güneşte kurutulmuş ve konserve domateslerin likopen içerikleri sırası ile 1,75, 5,51 ve 3,55 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Örneklerin intestinal dialisatların inhibisyonu etkisinin % 51,34 ve % 92,96 arasında değiştiği belirlenmiştir [Karakaya ve Yılmaz 2007].

Likopenin önemli bir antioksidan olduğunu, bu özelliğini hem bitki yapısında hem de insan vücudunda gösterdiği bildirmektedir [Choksi ve Joshi, 2007]. Likopenin insan sağlığı üstündeki etkileri ile ilgili gerçekleştirilen bilimsel çalışmalara örnekler ayrıca Kuramsal Temeller bölümünde verilmiştir.

Yenilebilir buz, pastörize edilmiş ve içeriği aşağıda belirtilmiş olan karışıma, havanın eşit miktarda katılması ile elde edilen üründür. Karışım, süt proteinleri, beyaz şeker, dekstroz, mısır şurubu, su ve yumurta veya yumurta ürünleri, zararsız tat ve çeşni maddeleri ile yenilebilir ve sağlık açısından yararlı stabilizatör veya emülgatörlerin karışımıdır.

Türk Gıda Kodeksi kapsamında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 07.10.2005 tarihli ve 25959 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Yenilebilir Buzlu Ürünler Tebliği’nde bu ürün şu şekilde tanımlanmıştır;

Yenilebilir buzlu ürünler; buz karışımları ve sütlü buz ürünleri, Buz karışımları; içme suyu, şeker ve gerektiğinde izin verilen katkı maddeleri, aroma ve çeşni maddelerinin kullanılmasıyla hazırlanan ürün, Sütlü buz ürünleri; Süt ve/veya süt ürünleri, içme suyu, şeker, süt proteinleri, süt yağı ve/veya bitkisel yağ ve/veya yumurta yağı ile gerektiğinde izin verilen katkı maddeleri, aroma ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içeren üründür.

Bu çalışmada farklı oranlarda likopen içeren yenilebilir buz üretimi ile yine farklı oranlarda likopen içeren yenilebilir buz karışımı üretimi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle son yıllarda özellikle üzerinde giderek artan sayıda çalışmanın gerçekleştirildiği doğal gıda boyalarının kullanımı ve antioksidan aktivitesi geliştirilerek fonksiyonel nitelikli bir gıda üretimi araştırmak hedeflenmiştir. Üretim parametreleri endüstriyel ölçekli üretimlerde kullanılan süre, sıcaklık, basınç gibi parametreler esas alınarak belirlenmiştir. Üretim uygulaması yine endüstriyel ölçekli faaliyet göstermekte olan bir tesiste gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yenilebilir buz miksinde de bazı analizler gerçekleştirilerek hedeflenen etkinin bazı proses basamaklarındaki uygulamalarda uğradığı değişiklik tespit edilmeye çalışılmıştır. Yenilebilir buz ve yenilebilir buz miksi numunelerinin antioksidan aktivitesi 2,2-diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) radikal yok etme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ürün renk özellikleri, gıda kalite kontrolünde oldukça fazla kullanılan bir sistem olan ve esas olarak filtrelerden ve fotosellerden oluşmuş bir fotoelektrik kolorimetriden oluşan CIE-L,a,b renk tayini sistemi ile incelenmiş, süreye bağlı

olarak gösterdiği değişim gözlenmiştir. Her iki tip üründeki farklı likopen konsantrasyonlarının süreye bağlı olarak gösterdiği değişim yüksek basınçlı sıvı kromatografi yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Domates

Domates (*Lycopersicon esculentum* P. Mill) tek yıllık bir bitkidir. Domates kelimesi Güney Amerika orijinlidir ve Azteklerin “xitomate” veya “zitomate” kelimelerinden türetilmiştir. İlk yazılı kayıtlara 1544 yılında İtalya’da rastlanmıştır ve Avrupa’ya 16. yüzyılın başlarında gelmiştir. Ekonomiye büyük katkıları olan domatesin ülkemizde tanınması ise 1. Dünya Savaşı yıllarına rastlamaktadır [Uylaşer, 1996]. Türkiye, domates üretimi bakımından önemli bir potansiyele sahip olup özellikle Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinde önemli üretim alanları bulunmaktadır. Dünyada domates üretimi 2000 yılı itibariyle 100 762 000 ton, Türkiye’de ise 8 890 000 ton dolayındadır. Türkiye’de üretilen domatesin %20’si işlenmekte, %80’i ise taze olarak tüketilmektedir. İşlenen domateslerin %80’i domates salçası, %15’i domates konservesi kalanı ise ketçap, domates suyu ve benzeri diğer domates ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır [Anonymus, 2003] . Domatesin kimyasal bileşimi Çizelge 2.1’de verilmiştir.

2.2. Karotenoidler

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

Çizelge 2.1. Domatesin Kimyasal Bileşimi [Sarıbay, 2004]

Bileşim Ögesi		Minimum-Maksimum	Ortalama
Kuru madde	%	4,80 – 6,60	5,80
Titrasyon asitliği	% SSA	0,26 – 0,55	0,29
Sitrik asit	%	1,92 – 4,74	3,33
Malik asit	%	0,60 – 2,08	0,87
İndirgen şeker	%	1,66 – 3,99	3,00
Glikoz	%	0,79 – 1,90	1,49
Früktoz	%	1,15 – 2,59	1,90
Protein	%	0,69 – 1,00	0,95
Ham selüloz	%	0,60 – 0,84	0,75
Ham yağ	%	0,20 – 0,30	0,21
Kül	%	0,51 – 0,70	0,64
Potasyum	mg/kg	1770 - 3400	2600
Fosfor	mg/kg	128 - 277	206
Magnezyum	mg/kg	68 - 124	97
Kalsiyum	mg/kg	28 - 68	46
Sodyum	mg/kg	12 - 21	14
Demir	mg/kg	3,50 – 9,50	5,60
Mangan	mg/kg	0,40 – 2,50	1,40
Çinko	mg/kg	0,00 – 1,40	0,70
Tiyamin	mg/kg	0,16 - 0.80	0,57
Riboflavin	mg/kg	0,20 - 0.50	0,35
Niasin	mg/kg	3,00 - 8.50	5,30
Pantotenik asit	mg/kg	2,80 - 3.40	3,10
B ₆ vitamini	mg/kg	0,74 - 1.50	1,00
Folik asit	mg/kg	0,07 - 0.09	0,08

Sağlık açısından birçok önemli fonksiyonu bulunan β -karoten, A vitamininin ön maddesi (provitamini)dir [von Elbe ve Schwartz 1996]. Karotenoidlerce zengin meyve ve sebze tüketiminin bazı kanser türlerinin, kalp-damar hastalıklarının ve

katarakt gibi göz hastalıklarının görülme sıklığını azalttığı ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği bildirilmektedir [Dietmar ve Bamedi 2001]. Biyolojik antioksidan olarak da karotenoidler son zamanlarda birçok çalışmanın ilgi odağı olmuştur [Kalt, 2005].

2.2.1. Karotenoidlerin yapısı ve özellikleri

Bitkiler, bazı bakteri, alg ve funguslar tarafından sentezlenen, meyve ve sebzelere sarıdan kırmızıya kadar değişen renkleri veren karotenoidler; geniş dağılımları, yapısal farklılıkları, çok çeşitli etki ve fonksiyonlarıyla doğada bulunan en önemli pigment gruplarından birini oluşturmaktadır [Oliver ve Paluo, 2000].

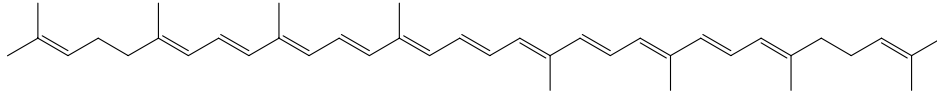
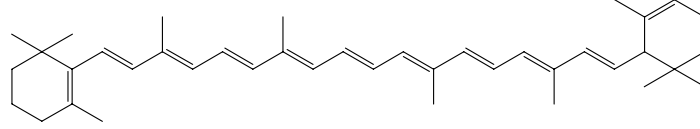
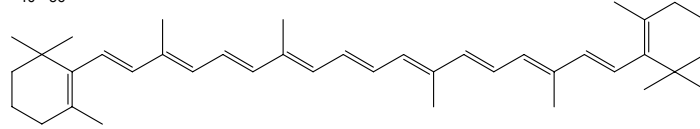
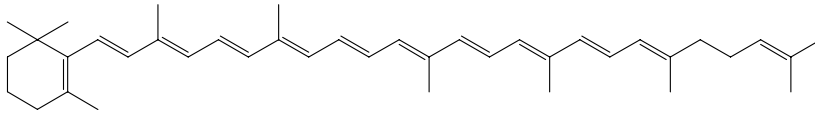
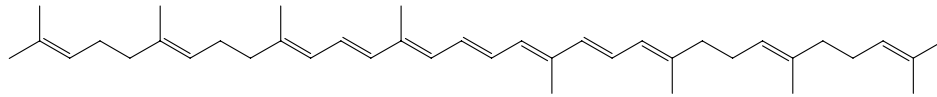
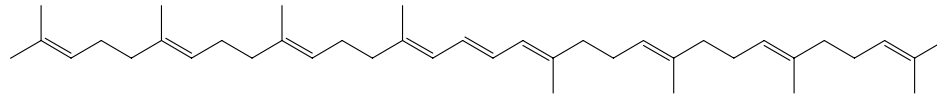
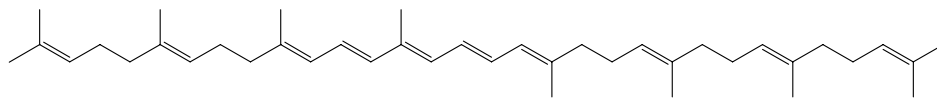
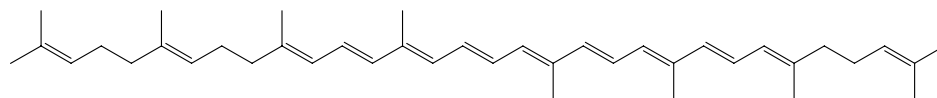
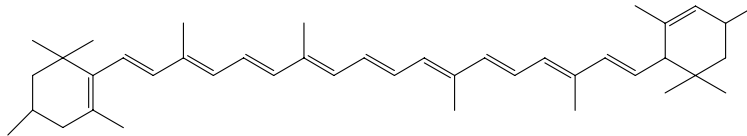
Hayvanlar karotenoid sentezleyemedikleri için diyet aracılığıyla aldıkları karotenoidleri modifiye ederek dokularında depolamaktadır [Rodriguez-Amanya 2001]. Karotenoidler kırmızı, sarı ve turuncu renkli meyve sebzelerin yanı sıra tüm yeşil yapraklı sebzelerde de bulunmaktadır. Ancak, yeşil yapraklı sebzelerde bulunan karotenoidlerin rengi klorofil tarafından maskelenmiş durumdadır [von Elbe ve Schwartz, 1996].

Karotenoid pigmentler; metil grupları bağlanmış alifatik bir konjuge çift bağ sisteminden oluşmaktadır. Diğer bir deyişle yapı, birbirine kovalent olarak bağlanmış izo bütün birimlerinden oluşmaktadır. Yapılarına göre “hidrokarbon karotenoidler” ve “ksantofiller” olarak da adlandırılan apolar özellikteki hidrokarbon karotenoidlerin başlıcaları: α -karoten, β -karoten ve likopendir. Ksantofiller ise, daha polar özellikte olup yapısında metoksi, hidroksi, keto, karboksi ve epoksi formunda oksijen içermektedir. Ksantofillere örnek olarak β -kriptoksantin, zeaksantin ve lutein verilebilir. Karotenoidler ayrıca zincir uçlarında halka içerip içermemesine göre de siklik (halkalı) ve asiklik (halkasız) karotenoidler olarak da gruplandırılmaktadır. Likopen, fitoen, fitofluen ve ζ -karoten asiklik; α -karoten, β -karoten, δ -karoten ve γ -karoten siklik yapıdaki karotenoidlerdir. Şekil 2.1’de gıdalarda yaygın olarak bulunan karotenoidlerin yapısı verilmiştir.

Karotenoidler; bitkisel dokularda serbest halde (kristal veya amorf) veya yağlı ortamda çözünmüş olarak bulunurlar. Ayrıca yağ asitleriyle esterleşmiş halde veya şeker ve proteinlerle kompleks halde de bulunabilirler. Karotenoidler yaklaşık 430-480 nm dalga boylarında maksimum absorptans göstermektedirler ve renk bu konjuge çift bağ sisteminin sonucudur [von Elbe ve Schwartz 1996].

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

Karotenoidler lipofilik bileşikler olduğundan yağda ve kloroform, benzen, petrol eter, karbon disülfür gibi apolar organik çözücülerde çözünmekte, alkolde çözünmemektedir. Çoklu doymamış bir yapıya sahip olan karotenoidler, ısı kararlılığına sahip olmakla birlikte proses ve depolama sırasında izomerizasyona uğramaktadır. Çoğu karotenoid, doğal olarak *all-trans* formda bulunmakla birlikte; klorofil gibi bileşikler, ışık, organik çözücü, asit ve ısı etkisi ile *cis*- konfigürasyona dönüşmektedir. Karotenoidlerin çift bağ sisteminde meydana gelen izomerizasyonlar ile biyolojik ve fiziksel açıdan farklılıklar gösteren çok sayıda konfigürasyon söz konusu olabilmektedir. Örneğin, β -karotenin 272 farklı *cis*-izomeri saptanmıştır [von Elbe ve Schwartz, 1996]. Bu dönüşümler molekülün fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır. *Cis*-izomerler kristal özellikte olmadıklarından genellikle termodinamik olarak daha az kararlı olup, *all-trans* izomerlerden daha düşük kaynama noktasına sahiptir. β -karotenin *cis*-izomerleri, hekzan ve petrol eter gibi çözücülerde *all-trans* izomerlerden daha iyi çözünmektedir. *Cis*-izomerlerin UV spektrumu 300-500 nm civarında olup, renk yoğunluğu *cis*- özellikteki çift bağın bulunduğu yere göre değişmektedir. Karotenoidlerin izomerizasyonu renk yoğunluğunda azalmaya neden olmaktadır. [Schieber ve Carle, 2005].

C₄₀H₅₆ LikopenC₄₀H₅₆ α-KarotenC₄₀H₅₆ β-KarotenC₄₀H₅₆ γ-KarotenC₄₀H₅₆ ζ-KarotenC₄₀H₅₆ FitoenC₄₀H₅₆ FitofluenC₄₀H₅₆ NörosporenC₄₀H₅₆ Lutein

Şekil 2.1. Gıdalarda bulunan bazı karotenoidler

Karotenoidler, içerdikleri çok sayıda konjuge çift bağ nedeniyle kolaylıkla okside olmaktadır. Kristal haldeki saf karotenoidler, çok az miktarda oksijen varlığında bile depolandığı zaman hızlı bir şekilde parçalanmaktadır. Doku içerisinde proteinler ve

diğer bazı moleküller tarafından oksidasyondan korunan pigmentler, serbest radikallerin etkisi ile oksidatif zarara uğrayabilmektedir. Karotenoidlerin oksidasyonu ile birçok karmaşık bozunma ürünleri oluşmaktadır. Otooksidasyon karotenoid pigmentlerinin renginde ağarmaya neden olmaktadır. Sülfid ve metal iyonları varlığında oksidatif parçalanma hızlanmaktadır. Enzimatik aktivite özellikle de lipoksigenaz aktivitesi karotenoidlerin oksidatif bozunmasını hızlandırmaktadır. Lipoksigenaz, doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu katalizleyerek peroksitleri oluşturmakta, bunlar da dönüşümlü olarak karotenoidlerle reaksiyona girmektedir [von Elbe ve Schwartz, 1996].

Doğada tanımlanan 600 karotenoidden yapısında β -halkası içeren sadece 50 tanesi provitamin A aktivitesi göstermektedir. Yapısında 2 β halkası bulunan all-*trans*- β -karoten, bağırsakta 2 molekül retinale parçalandığı için en yüksek provitamin A aktivitesine sahiptir. Buna karşılık 13-*cis*- β -karoten (% 53) ve 13-*cis*- β -karoten (% 38) daha düşük provitamin A aktivitesine sahiptir. İzomerizasyon, provitamin A aktivitesi dışında karotenoidlerin antioksidan aktivitesini de etkilemektedir [Schieber ve Carle, 2005]. Nitekim; β -karoten, α -karoten ve likopenin *cis*- izomerlerinin all-*trans* konfigürasyona göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği, buna karşılık zeaksantin *cis*- formunun, all-*trans* formunun sahip olduğu antioksidan aktivitenin yarısına sahip olduğu bilinmektedir [Bohm ve ark.,2002]. *Cis*- izomerlerin all-*trans* formlara göre daha az kristal özellikte, daha polar olması ve yağda daha fazla çözünmesinin bu bulgular ile ilgili olduğu düşünülmektedir [Krinsky ve ark.,1990].

2.2.2. Karotenoidlerin biyosentezi

Karotenoidler; bitkiler, algler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenebilen ancak hayvanlar tarafından sentezlenemeyen pigmentlerdir. Karotenoidler, mevalonik asit (MVA) aracılığı ile asetil koenzim A'dan sentezlenmektedir. Tüm izoprenoid bileşiklerinde biyosentez iz yolunun ilk basamağında, 2 molekül geranylgeranyl difosfat (GGDP) molekülünden prefitoen difosfat (PPDP) aracılığı ile 40 karbonlu bir hidrokarbon olan fitoen oluşmaktadır. 3 konjuge çift bağ içeren ve renksiz olan fitoen, daha sonra her enzimatik basamakta moleküle yeni bir çift bağ eklemek

suretiyle bir dizi dehidrojenasyon reaksiyonu geçirdikten sonra 13 tane çift bağ içeren simetrik bir molekül olan likopen oluşmaktadır. Likopenden sonraki basamak ise uç gruplarda halka oluşumudur (Siklizasyon). Bunun sonucunda da monosiklik (γ -karoten, δ -karoten) ve bisiklik (α -karoten, β -karoten) yapıdaki karotenoidler oluşmaktadır. Ayrıca, α -karoten ve β -karotenin hidroksilasyonu sonucunda da lutein ve zeaksantin gibi ksantofiller meydana gelmektedir [Britton, 1992].

2.2.3. Karotenoidlerin sindirimi ve biyoyararlılığı

Gıda matriksinden serbest hale geçen karotenoidler midede sindirim sırasında daha küçük lipid emülsiyon partiküllerine dönüşerek çözülmeaktadır. Çözünen karotenoidler mideden ince bağırsağın ilk kısmı olan duodenuma taşınır. Karotenoidlerin duodenumdaki sindirimi pankreatik lipaz enzimi ve safra tuzlarının etkisi ile gerçekleştirilmektedir [Parker 1996]. Karotenoidlerin bağırsak mukozasına alımı, misellerdeki diğer lipid bileşenleri ile benzer bir yol izlemektedir. Karotenoidler yağda çözünen bileşenler olup absorpsiyonları için safra tuzları içerisinde çözünmeleri ve misellerle birleşmeleri gerekmektedir. Bağırsaklarda asıl karotenoid alımı, diyetle alınan yağ ile birlikte ve pasif difüzyonla gerçekleşmektedir. Bağırsakta diyet yağının varlığı, safra kesesinden sonra tuzlarının salgılanmasını teşvik etmekte ve diyetteki triaçilgliserollerin hidroliz ürünleri olan serbest yağ asitleri ve monogliseritlere hidrolize eden pankreatik lipaz enzimini ayarlamaktadır. Böylelikle de ince bağırsakta misel oluşumu ve karotenoidlerin absorpsiyonuna katkıda bulunmaktadır [Deming ve Erdman 1999].

Absorpsiyonu izleyen en önemli proses β -karoten ve diğer provitamin A karotenoidlerinin β -karoten-15,15'-dioksijenaz enzimi yardımı ile parçalanarak retinale dönüşmesidir. Oluşan retinal enzimatik olarak retinole dönüşmekte ve retinole bağlı proteinler tarafından gerekli yerlere taşınmakta ya da açıl esterleri olarak karaciğerde depolanmaktadır [Britton 1992]. Karotenoidler, kandaki lipoproteinler üzerinde taşınmakta veya dokularda depolanabilmektedir. α -karoten, β -karoten ve likopen gibi karotenler düşük yoğunluklu proteinlerle (LDL) taşınırken, lutein ve zeaksatin gibi ksantofiller daha çok yüksek yoğunluklu lipoproteinlerle

(HDL) taşınmaktadır. Diyet karotenoidleri insanlarda karaciğer, adipoz, prostat, böbrek, makula, akciğer, beyin, deri gibi dokuların yanı sıra serum ve anne sütünde de depolanabilmektedir [Deming ve Erdman, 1999].

Proses sırasında homojenizasyon, ısıtma işlemi ve yağ ilavesi karotenoidlerin biyoyararlılığını artırmaktadır [Deming ve Erdman, 1999]. Sebzeleri pişirmek, parçalamak ve püre haline getirmek partikül boyutlarının küçülmesine ve bitki hücre duvarının parçalanmasına neden olarak midede absorpsiyonu sırasında karotenoidleri daha yararlanılabilir hale getirmektedir [Stahl ve Sies, 1992]. Isıtma işleminin sebzelerdeki karotenoidlerin biyoyararlılığını artırdığı bildirilmekle birlikte bu uygulama gıdalardaki *trans*- formun *cis*- forma dönüşümünü de teşvik etmektedir [Poor ve ark., 1993].

Karotenoidlerin biyoyararlılığı, karotenoidin bulunduğu gıda ve diyetteki diğer bileşenlerden de etkilenmektedir. Karotenoidler yağda çözünen bileşikler olduğu için diyetle yağ varlığı, karotenoidlerin alımında önemli rol oynamaktadır [Roodenburg ve ark., 2000]. Yüksek yağ içeren bir diyetin, düşük yağ içeren bir diyetle oranla plazma β -karoten düzeylerinde önemli artışlara sebep olduğu bildirilmektedir [Dimitrov ve ark., 1988].

2.2.4. Karotenoidlerin fonksiyonları

Sağlık açısından birçok önemli fonksiyonu bulunan karotenoidlerin başlıca fonksiyonu A vitamininin ön maddesi olmasıdır. Yapısında iki β -iyonon halkası bulunan β -karoten en yüksek provitamin A aktivitesine sahip olmakla birlikte α -karoten, γ -karoten ve β -kriptoksantin gibi diğer bazı karotenoidler de bu aktiviteye sahiptir [von Elbe ve Schwartz, 1996].

Meyve ve sebzelerdeki provitamin A karotenoidlerinin insanlarda A vitamini gereksiniminin %30-100'ünü karşıladığı bildirilmektedir [von Elbe ve Schwartz, 1996]. A vitamini için günlük olarak alınması önerilen miktarın (RDA) ; kadınlar

için 700 µg, erkekler için 900 µg ve çocuklar için ise ortalama 350 µg olduğu bildirilmektedir.

Karotenoidler singlet oksijen yakalayıcı ve antioksidan olarak da oldukça etkilidir. Son zamanlarda biyolojik antioksidan olarak karotenoidler birçok çalışmanın ilgi odağı olmuştur. Ksenobiyotik adı verilen dış etkenler (sigara, halo hidrokarbonlar gibi çevre kirleticileri, karsinojenler) ve ayrıca çoklu doymamış yağ asitlerince zengin bir diyet aracılığıyla oluşabilen tekli oksijen (1O_2), peroksil radikali ($ROO^\cdot$) süperoksit anyonu ($O_2^\cdot$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksi radikali ($OH^\cdot$) gibi çeşitli reaktif oksijen türleri ve serbest radikaller vücutta normal metabolizma sırasında da oluşabilmektedir. Bu radikaller; DNA, protein, karbonhidrat ve lipitler gibi biyolojik açıdan önemli materyallere zarar verebilmekte ve kanser, kalp damar hastalıkları ve sinir hastalıkları gibi birçok dejeneratif hastalığın oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Buna karşılık canlılar, serbest radikallerin bu potansiyel yıkıcı etkilerine karşı kendilerini korumak için çeşitli enzimatik savunma sistemlerine (süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, glutation peroksidaz vb.) sahiptir. Bu enzimatik savunma sistemlerinin etkinliği; karotenoidler, fenolik bileşikler, E vitamini, C vitamini, gibi doğal antioksidan bileşikler ve esansiyel iz minerallerin (Se, Cu, Zn) gıdalarla yeterince alınmasına bağlıdır [Koca ve Karadeniz 2003]. Özellikle meyve ve sebzeler hem yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmaları hem de iyi bir antioksidan karışımı ve kombinasyonunu temsil etmeleri açısından çok önemli doğal antioksidan kaynakları arasında sayılmaktadır [Koca ve Karadeniz 2005].

Gıdalarda kullanılan yapay antioksidanların karsinojenik olabileceği yönündeki endişeler sağlık açısından daha güvenilir olan doğal antioksidanlara karşı ilgiyi daha da artırmaktadır [Llorach ve ark., 2002].

2.2.5. Karotenoidlerin sağlık üzerine etkileri

Epidemiyolojik çalışmalar karotenoidce zengin meyve ve sebze tüketiminin kanser [McKevith, 2005], kalp-damar hastalıkları ve göz hastalıkları riskini azalttığı

bildirmektedir [Dietmar ve Bamedi, 2001]. Nitekim β -karoten alımı ile akciğer ve mide kanserleri gibi bazı kanser türlerinin görülme sıklığı arasında zıt bir ilişki olduğu belirlenmiş ve karotenoidlerin antikarsinojenik özellikleri ortaya konmuştur [Di Mascio ve ark., 1991]. β -karoten, α -karoten, likopen ve kantaksantin kötü huylu hücre transformasyonlarını azalttığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, lutein ve likopenin akciğer kanseri riskini azaltmada β -karotenden daha etkili olduğu aktarılmaktadır [Konings ve Romans, 1997]. β -karotenin destek besin ögesi olarak alınması özellikle kanserin ilerleme aşamasında tümör hücrelerinin gelişimini engelleyen veya tümörü yok eden doğal öldürücü hücrelerin aktivitesini de teşvik etmektedir [Astorg, 1997].

Karotenoidlerin glutathion-S-transferaz ve glutathion peroksidaz gibi karsinojenleri detoksifiye eden enzimlerin aktivitelerini de artırdığı bildirilmektedir [Hughes, 2002]. Karotenoidlerin kanseri önleyici etkisinin, antioksidan özelliklerinin yanı sıra hücreler arası boşluk bağlantı iletimlerini uyarıcı ve bağışıklık sistemini güçlendirici etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna ilaveten, karotenoidlerde polien zincirinin uç kısımlarında bulunan halka yapısı, hücreler arası boşluk bağlantı iletimlerinin uyarılmasında etkilidir [Sies ve Stahl, 1997]. Boşluk bağlantıları “konneksin” adı verilen proteinlerden oluşmakta olup kantaksantin ve likopen boşluk bağlantı proteini olan konneksini uyarmaktadır [Deming ve Erdman, 1999]. Karotenoidler, aflatoksin B1 ve polisiklik aromatik hidrokarbon bileşeni olan benzo[a]piren gibi mutajenik ve karsinojenik bileşiklerin aktivitelerini inhibe etmektedir [Rauscher ve ark., 1998].

Karotenoidler düşük yoğunluklu lipo proteinler (LDL) üzerinde taşındığından, LDL’yi oksidasyondan korumak suretiyle kalp-damar hastalıklarının oluşma riskini azaltmaktadır [Duthie ve ark., 1989]. Göz retinasında bulunan lutein ve zeaksantin, gözü serbest radikallerin ve ışığın zararlı etkilerinden koruyarak [Deming ve Erdman, 1999] katarakt ve yaşa bağlı makula bozuklukları gibi göz hastalıklarının oluşumunu engellemektedir [Sommerburg ve ark., 1998].

2.3. Oksidasyon, Serbest Radikaller ve Antioksidanlar

2.3.1. Oksidasyon, serbest radikaller

Oksidasyon yada yükseltgenme, elektronların bir atom yada molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimedir. Bir elementin kimyasal reaksiyonda elektron alması olayına indirgenme denir. İndirgenme olayına reduksiyon, yükseltgenme olayına oksidasyon da denir. Reaksiyonda elektron vererek yükseltgenen element karşısındakini indirgediği için indirgen, elektron alarak indirgenen element karşısındakini yükselttiği için yükseltgen olarak tanımlanır.



Oksidasyon mekanizması

Oksijen canlılar için hayati önemi olan bir moleküldür ve hücrede enerji üretim süreçlerinde kullanılır. Aerobik yaşam için gerekli olan oksijen hem solunum için mutlaka gereklidir, hem de birçok hastalık ve dejeneratif etkinin sebebi olarak görülmektedir. Süperoksit, hidroksil ve peroksil radikalleri ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türleri ve serbest radikaller, makrofajlar gibi bağışıklık sistemi tarafından veya sigara hava kirliliği ya da ultraviyole ışığa maruz kalma sonucu oluşur.

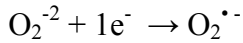
Serbest radikal dış yörüngesinde bir ya da birden fazla çiftlenmemiş elektron içeren molekül veya molekül parçasıdır. Radikaller bir elektron alarak veya vererek ya da yapıdaki bağın homolitik fizyonu sonucu oluşur. Homolitik fizyon; yüksek enerji radyasyonu, iyonik radyasyon, UV radyasyon ve organik materyalin sıcaklıkla bozunması gibi olaylar sonucu 2 atom arasındaki bir bağın parçalanarak paylaşılmasıdır [Wang ve ark., 1996]. Ksenobiyotikler redüktazlardan bir elektron alarak radikal oluştururlar. Bu radikaller ekstra elektronlarını molekül oksijene verirler ve bir süperoksit anyon radikali oluşur. Aynı zamanda ana ksenobiyotiği rejene ederler ki bu ksenobiyotik yeniden bir elektron almaya hazır hale gelir.

Böylece bu redoks halkasında bir elektron alabilen ksenobiyotik pek çok süperoksit radikal molekülü üretebilir [Velioğlu, 2000].

Çizelge 2.2. Reaktif oksijen türevleri [Aruoma ve Cuppett, 1997]

Radikaller		Radikal olmayanlar	
Süperoksit	$O_2^{\bullet -}$	Hidrojen peroksit	H_2O_2
Hidroksil	$OH^{\bullet}$	Hipoklorik asit	$HOCl$
Peroksil	$RO_2^{\bullet}$	Hipobromik asit	$HOBr$
Alkoksi	$RO^{\bullet}$	Ozon	O_3
Hidroperoksil	$HO_2^{\bullet}$		

Serbest radikallerin oluşum mekanizmalarına örnek olarak süperoksit ve hidroksi radikale ait olanlar verilebilir. Oksijen molekülüne dışardan bir elektron verildiğinde kararsız bir yapı olan oksijen radikali oluşur, bu radikal proton yüküne karşı 1 fazla elektron içerdiğini göstermek için (-) ve çiftlenmemiş elektron varlığını belirtmek için (.) işareti kullanılarak $O_2^{\bullet -}$ şeklinde gösterilir ve süperoksit radikali olarak adlandırılır.



Süperoksit radikale 1 elektron daha ilave edilirse hidroperoksit meydana gelmektedir.

Biyolojik serbest radikaller oldukça dayanıksız ve aynı zamanda reaktif moleküller olup, elektronları hücredeki diğer moleküllerle etkileşime girerek oksidatif stres (hasar) meydana getirirler. Serbest radikaller normal hücrel metabolizma sırasında oluşabildiği gibi çeşitli dış etkenler aracılığıyla da meydana gelebilir. Oksidatif stres, organizmadaki pro-oksidan ve anti-oksidan dengenin bozulması olarak tanımlanmaktadır. Radikaller; lipidler, proteinler ve nükleik asitler gibi temel hücrel bileşenlerde hasara yol açabilme özelliğine sahiptir. Oluşan bu hasarın kanser, artieroskleroz, amiloidoz, yaşa bağlı bağışıklık yetersizliği, senil demans ve

hipertansiyon gibi çeşitli hastalıklar ile ilişkili olduğu ve biyolojik yaşlanma sürecinde rol oynadığı bilinmektedir [Çakatay ve Kayalı, 2006].

Singlet oksijen ($^1\text{O}_2$), moleküler oksijenin yüksek enerji ile uyarılmış formu olup biyolojik sistemlerde fotosentez reaksiyonları sırasında oluşmaktadır. Aldığı enerjiyi çevreye dalga enerjisi şeklinde verip yeniden oksijene dönebilir. Başlıca şu mekanizmalarla vücutta oluşabilir:

- a) Pigmentlerin (örneğin flavin içeren nükleotidler, retinal, bilirubin) oksijenli ortamda ışığı absorblamasıyla
- b) Hidroperoksitlerin metaller varlığındaki yıkım tepkimelerinde
- c) Kendiliğinden dismutasyon tepkimeleri sırasında
- d) Prostaglandin endoperoksit sentaz, sitokrom p450 tepkimeleri, myelo/kloro/laktoperoksidaz enzimlerinin etkileri sırasında

Oksijenin bu enerjetik reaksiyonu sonucunda iki tip singlet oksijen üretilir.

- Sigma singlet oksijen: Enerjisi daha fazladır ve çok kısa ömürlüdür.
- Delta singlet oksijen: Daha uzun ömürlüdür ve gözlenen kimyasal reaksiyonlardan esas sorumlu form olduğu kabul edilmektedir.

Singlet oksijen diğer moleküllerle etkileştiğinde ya içerdiği enerjiyi transfer eder, ya da kovalent tepkimelere girer. Özellikle karbon-karbon çift bağları singlet oksijenin tepkimeye girdiği bağlardır. Doymamış yağ asitleri ile de doğrudan tepkimeye girerek peroksi radikalın, oluşturur ve $\cdot\text{OH}$ kadar etkin bir şekilde lipid peroksidasyonunu başlatabilir.

2.3.2. Antioksidanlar

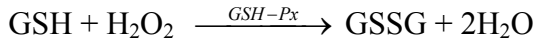
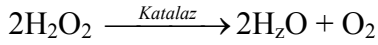
İnsan vücudu, radikal hasarını minimum indirmek için antioksidan savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Reaktif oksijen türlerini nötralize etmede intraselüler antioksidan enzimler, ilk savunma çizgisi olarak fonksiyon gösterirler. İlk reaksiyon, süperoksit dismutaz enzimi tarafından süperoksit radikallerinin hidrojen peroksit ve

oksijene dismutasyonudur. Bunu takiben hidrojen peroksit, katalaz ve glutation peroksidaz katalizörlüğünde ortamdan uzaklaştırılır.

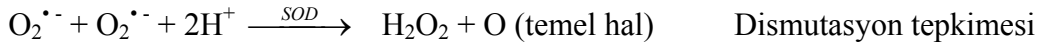
Oksidatif hasara karşı iç enzimatik savunmalar tamamen etkili değildir ve bir seri iç ve dış serbest radikal yok edici antioksidanlar ikinci bir savunma çizgisi olarak davranırlar. Antioksidanlar, okside olabilen bileşikten, çok daha düşük konsantrasyonlarda o bileşiğin oksidasyonunu önleyen yada geciktiren bileşiklerdir. Biyolojik sistemlerdeki antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin bulunması yaşam için önemli temel bir ihtiyaçtır. Antimutajenik, antikarsinojenik, antiaging (yaşlanmayı geciktirici) gibi birçok biyolojik fonksiyonlar bu antioksidanlardan kaynaklanır [Cook ve Saman, 1996]. Antioksidanlar kompleks bir yapıdadırlar ve iki tipi mevcuttur. Bunlar, direkt antioksidanlar ve indirekt antioksidanlar olarak tanımlanır. Direkt antioksidanlar (glutatyon, fenolik maddeler, tokoferoller, askorbik asit ve karotenoidler gibi) fizyolojik, biyokimyasal veya hücrel proseslerde yer alarak serbest radikalleri inaktive ederler veya serbest radikaller tarafından başlatılan kimyasal reaksiyonları önlerler. Direkt antioksidanların aynı zamanda prooksidan etkileri olduğu da deneysel olarak saptanmıştır. Ancak bu reaksiyonların in vivo olarak önemli olup olmadığı henüz çok kesin değildir. İndirekt antioksidanlar ise, serbest radikal veya redoks reaksiyonlarının engellenmesinde rol oynamazlar, bunlar hücrenin antioksidan kapasitesini güçlendirirler. Bunun nedeni, insan vücudunda bulunan bir grup detoksifikasyon enziminin (glutatyon, transferaz, kinon redüktaz, epoksit hidrolaz) elektrofillerin detoksifikasyonuna neden olmasıdır [Baslı, 2005].

Antioksidanlar hücre membranında lipofilik bölgede veya sulu fazda etki edip etmediklerine göre de yağda çözünen veya suda çözünen olarak sınıflandırılabilirler. Hidrofilik antioksidanlar askorbik asit ve ürik asiti içermektedir. Karotenoidler, retionitler, flavonoidler ve tokoferoller ise yağda çözünen antioksidanlardır. Plazmaproteinleri, glutation (GSH), ürik asit vb. endojen (vücut içi kaynaklı) antioksidanları; askorbik asit, tokoferoller, retionitler, flavonodiler, karotenoidler ise diyetel antioksidanları oluşturmaktadırlar.

Katalaz ve glutationperoksidaz hidrojen peroksidin uzaklaştırılmasında görev almaktadırlar.



Süperoksit dismutaz (SOD), dismutasyon reaksiyonunu katalizler ve süperoksidin uzaklaştırılmasını sağlar;



Gıda kaynaklı antioksidanlar ise, enzim değildir ve genellikle fenolik yapıdaki bileşiklerdir. Bu tür bileşiklerin çoğunluğu in vivo ve in vitro antioksidandır [Whitehead ve ark., 1995]. Sentetik antioksidanlar da değişik derecelerde substitue olmuş alkil gruplarına sahip yapıdaki bileşiklerdir.

Gıda kaynaklı antioksidanlar, metal iyonlarıyla çelat oluşturma oksidasyonu başlatacak radikali tutma, stabil olmayan bileşikler ile reaksiyona girerek stabil bileşik oluşturma, oksidatif hasarlı molekülleri uzaklaştırma gibi fonksiyonları göstererek oksidatif hasarı önlemektedirler. Canlı organizmayı serbest radikal hasarlarından koruyan sistemler etkilerine göre üç şekilde sınıflandırılır [Başlı, 2005];

1. Oluşumlarını önleme aşamasında

- Allopurinol
- Dimetilsülfoksit
- Sodyumsalisilat, indometazin
- Mannitol + Furosemid

2. Zincir kırma aşamasında

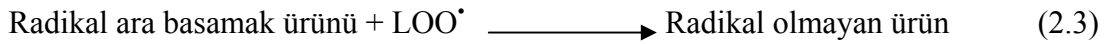
Zincir kırıcı antioksidanlar özellikle peroksil radikalleriyle (LOO[•]) reaksiyona girerek onların zincir reaksiyonlarını önlerler.



Antioksidan peroksi radikalini yakalar ve bir ara basamak olarak antioksidan türevi radikal oluşur.



Biyolojik olarak karotenoid gibi zincir kırıcı antioksidanların etkili olabilmesi için, peroksi radikallerinin yolunu kesmeleri gerekir, ancak ortamda daha çok oksitlenebilen maddeler vardır yani ikinci reaksiyon birinci reaksiyondan daha hızlı olmalıdır.



3. Zararsız hale geçirmede ;

- Süperoksit dismutaz (SOD)
- Katalaz (CAT)
- Glutation peroksidaz (GSK-Px)

Antioksidanlar vücut hücreleri tarafından üretildiği gibi, gıdalarla da alınan bir grup kimyasal maddedir. En iyi antioksidan kaynağı doğal besinlerdir. Antioksidan en çok sebze, meyve, kuru baklagiller ve kuruyemişlerde bulunur. Çaydaki polifenoller, soya ve turunçgillerdeki flavonoidler, kakaodaki siyanidin, kanserden koruyucu etkisi olan ve antioksidan etkili maddelere örnekler.

Besinlerdeki vitamin A, vitamin C, vitamin E, vitamin B2, vitamin B6 gibi vitaminler ve de folik asit, selenyum, çinko gibi mineraller antioksidan özelliklere

sahiptirler. Örneğin; E vitamini ve beta-karoten hücre membranını korumada, C vitamini serbest radikallerin hücre içinden uzaklaştırılmasında rol oynamaktadır.

Oksitlenme, oksijen temasının önlenmesi, düşük sıcaklığın kullanımı, enzimlerin okside olmasının durdurulması, oksijen basıncının indirimi, uygun ambalajın kullanımı ve özel katkı maddeleri (antioksidan) kullanımı gibi çeşitli metotlar tarafından önlenabilir.

Antioksidanlar gıdalarda; onları dengelemek, oksitlenmeyi kontrol ederek ürün kalitesini artırmak, tatsızlık gelişimini engellemek ve önemli ölçüde terapik ajan olarak potansiyellerini ortaya çıkarmak için kullanılırlar.

Gıdalarda en fazla kullanılan sentetik antioksidanlar [Shahidi, 2000]:

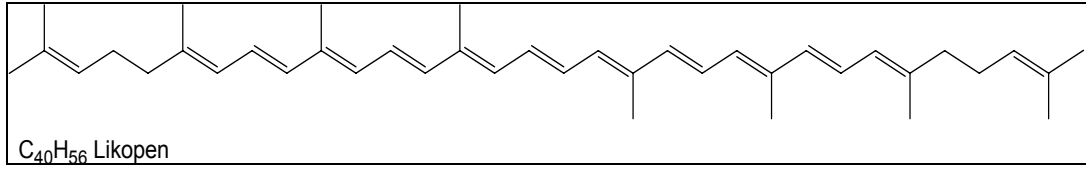
- BHA (Butillenmiş hidroksi-anisol)
- BHT (Butillenmiş hidroksi-toluen)
- PG (Propil gallat)
- TBHQ (Tersiyer butil hidrokinon)

Antioksidan aktivitesi birçok faktöre bağlıdır. Örneğin; lipid bileşikler, antioksidan konsantrasyonu, sıcaklık, oksijen basıncı, diğer antioksidanlar ve gıdadaki birçok ortak bileşikler örneğin protein ve suyun bulunması gibi.

2.4. Likopen

2.4.1. Tanım

Bir C₄₀ karotenoid polien olan likopen, olgun domates ve domates ürünlerinin karakteristik koyu-kırmızı renginin nedeni olan bir doğal pigmentdir. Likopenin kimyasal yapısı Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Likopen Yapısı

Likopen, yalnızca bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenen doğal bir pigmentdir. Likopen ve diğer karotenoidlerin fonksiyonlarından biri, fotosentez sırasında ışığı absorbe etmek ve bu suretle, bitkileri fotoduyarlılık karşısında korumaktır. İnsanlar ve hayvanlar likopeni sentezleyemez, gıdalarla almaları gereklidir.

Bazı yeşil meyve ve sebzelerde likopenin parlak renkleri yeşil klorofilik pigmentler tarafından maskelenir. Bitkilerin olgunlaşması ile klorofil içeriği azalır, baskın duruma geçen likopen ve diğer karotenoidler çoğu meyve (portakal, limon greyfurt, çilek, domates, paprika, kuşburnu gibi) ve sebzelerin parlak renklere sahip olmasını sağlar.

Domates ve domatesten elde edilen ürünler, likopen için temel kaynak durumundadırlar. Diğer likopen kaynakları, karpuz, guava, kuşburnu, papaya ve pembe greyfurtur. Çeşitli gıdaların likopen içerikleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Likopen, gıda formülasyonlarında önemli bir doğal renk bileşenidir. Domates salçasının renk verici olarak geniş kullanımı, likopenin ticari olarak önemli bir doğal pigment olmasına neden olmaktadır. Ancak, likopenin domatesin işlenmesi sırasında ki bu işlem insan sağlığı ve gıda olarak duyu kalite açısından zorunludur, izomerizasyon ve oksidasyon ile degradasyona uğramaktadır. Likopen degradasyonu sadece ürünlerin duyu özellikleri açısından değil, ayrıca tüketici sağlığı açısından da etkileyicidir.

Çizelge 2.3. Çeşitli gıdaların likopen içerikleri [Omoni ve ark., 2005]

Gıda maddeleri	Likopen İçeriği (mg/100g, yaş ağırlık)
Taze domates	0,72 – 20,00
Domates suyu	5,00 – 11,60
Domates sosu	6,20
Domates salçası	5,40 – 150,00
Ketçap	9,90 – 13,44
Spagetti sosu	9,30 – 18,20
Pizza sosu	12,71
Barbekü sosu	9,30 – 18,20
Kavun	2,30 -7,20
Pembe guava	5,23 – 5,50
Papaya	0,11 – 5,30
Havuç	0,65 – 0,78
Bal kabağı	0,38 – 0,46
Tatlı patates	0,02 – 0,11
Şeftali	0,01 – 0,05

Bu nedenle, gıda işleme tekniklerinin uygulanması sırasında likopenin stabilitesi ve domates ürünlerinde bulunan likopenin biyolojik kullanılabilirliği önemli bir çalışma konusudur.

Likopen yağda çözünür bir karotenoid olup, β -karotenin belirtisidir ve β -karotenden en az iki kat daha fazla antioksidan kapasiteye sahiptir [Davis, 2003]. Singlet oksijen tutucu sabiti, β -karoteninkinden 2, α -tokoferolden 10 kat daha fazladır [Poil ve ark., 2004]. Likopenin besin ögesi olarak değeri nedeni ile pek çok yetiştirici, üretim hatlarındaki ürünlerin likopen içeriğini arttırmak istemekte ve üreticiler buna yönelik metodlar geliştirmeye çalışmaktadır. Domates çeşitlerinde likopen konsantrasyonu, taze meyvede 30–200 mg/kg, ve kuru bazda 430–2950 ppm seviyelerinde bulunmaktadır [Vasapollo, 2004].

2.4.2. Domates ve likopen

Likopen, olgunlaşmış domatesten en yoğunlukta bulunan karotenoid olup, diğer toplam pigmentlerin %80-90'ı civarındadır. α -karoten, β -karoten, lutein ve β -kriptoksantin gibi diğer karotenoidler önemli olmayan miktarlardadır [Curl, 1961]. Taze domatesteki likopen miktarı, çeşit, olgunluk, ve olgunlaşmanın gerçekleştiği ortamdaki çevresel faktörlere göre değişir. Domatesin tümündeki likopen miktarı 9,27 mg/100g olarak tespit edilmiş iken, bazı koyu kırmızı renge sahip çeşitlerde bu miktarın 15mg/100g'a çıktığı, ancak sarı çeşitlerde ise 0,5 mg/100'a indiği görülmüştür [Shi ve Maguer, 2000]. Heinonen ve arkadaşları [1989], domateslerdeki likopen konsantrasyonunun, yazın daha yüksek (Haziran-Ağustos dönemi) ve kışın daha düşük (Ekim-Mart dönemi) olduğunu belirtmişlerdir. Yine, serada yazın veya kışın yetiştirilen domatesin ve yeşil olarak hasat edilip depolamada olgunlaştırılan domatesin de, dış ortamda yetiştirilen domatese göre daha az likopen içerdiği belirlenmiştir [Gould, 1994]. Bundan başka Lurie ve arkadaşlarının [1996] belirlediği üzere, nispeten yüksek sıcaklıklar (38°C) likopen üretimini inhibe etmekte, ayrıca düşük sıcaklıklar ise domates olgunlaşması ile birlikte likopen üretimi inhibe olmaktadır.

McCullum (1995), domatesten likopen ve diğer karotenoidlerin dağılımı üzerine çalışmalar yapmış ve dış perikarpın likopen ve toplam karotenoidleri en fazla içeren bölge olduğunu tespit etmiştir [McCullum,1995]. Domates kabuğu 12mg likopen /100 g kabuk (yaş bazda) içerirken, tüm ve olgun domatesten 3,4 mg/100g seviyesinde likopen tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada ise domates kabuğunda likopen miktarı 53.9mg/100g iken, domates pulpunda 11mg/100g olduğu tespit edilmiştir [Sharma ve Le Mauger, 1996].

2.4.3. Likopenin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Fiziksel özellikleri

Likopenin fiziksel özellikleri Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Likopenin fiziksel özellikleri

Likopen özelliği	Açıklama
Molekül formülü	$C_{40}H_{56}$
Molekül ağırlığı	536,85
Erime noktası	172-175°C
Kristal formu	Uzun, kırmızı, iğne yapılı
Toz formu	Koyu kırmızı-kahverengi
Çözünürlük	Kloroform, hekzan, benzen, karbondisülfür, asteon, petrol eterde çözünür; su, etanol, metonelde çözünmez
Duyarlılık	Işık, oksijen, yüksek sıcaklık, asitlere karşı duyarlı

Kimyasal özellikleri

Bir polien hidrokarbon olan likopen, 11'i konjuge 13 çift bağa sahip, asiklik, açık zincir yapıda doğrusal (lineer) doymamış bir karotenoiddir. İki merkezi metil grubu 1,6 pozisyonunda iken diğerleri birbirinden bağımsız olarak 1,5 konumdadır. Konjuge çift bağlardan bir seri, değişken uzunlukta bir kromofor oluşur. Likopenin renklendirici ve antioksidan aktiviteleri, onun uzun bir konjuge bağlar sistemi olan yapısının sonucudur.

Likopen, parlak kırmızı rengini, konjuge polien yapısına borçludur. Doğada likopen hep trans formunda bulunur. Isı, ışık ve belirli kimyasal reaksiyonların etkisiyle trans form, mono veya poli-cis formuna isomerize olur.

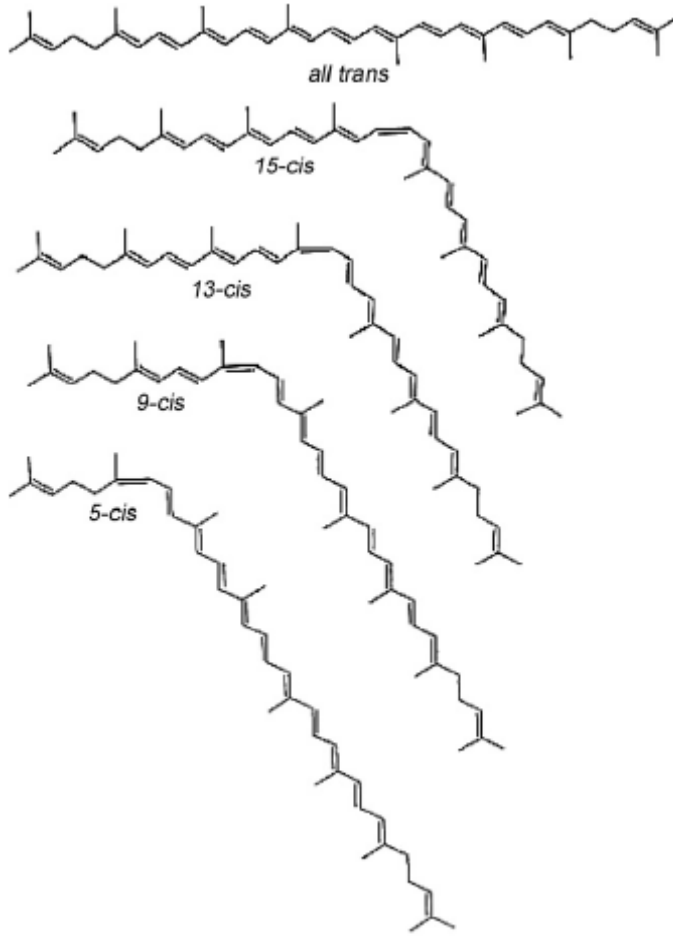
Likopen, β -iyonin halka yapısının yokluğu nedeni ile provitamin-A aktivitesine sahip değildir. Isı, ışık, oksijen ve asidler degradasyona uğramasına neden olur iken bazı metal iyonları da, Cu^{2+} , Fe^{3+} gibi, likopen oksidasyonunu katalizlerler.

Biyokimyasal Özellikleri

Likopen, en etkili singlet oksijen tutucu doğal karotenoidler arasındadır. Bu karotenoidler arasında, tutucu oranı sabitleri (K_q) açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Likopen, γ -karoten ve β -karoten yapılarının karşılaştırması şunu göstermektedir ki, β -iyonin halkasının açılması, tutuculuk etkisinin önemli derecede arttırmaktadır.

Likopen ve diğer karotenoidlerin antioksidan aktiviteleri, singlet-oksijen tutucu özellikleri ve peroksil radikalleri engelleme kabiliyetleri ile dikkat çekmektedir.

Likopenin değişik geometrik izomerlerde, trans, mono-cis, poli-cis formları gibi, bulunduğu bilinmektedir. Bunlardan trans isomer form taze domatesde en baskın olanı ve yine termodinamik açıdan en stabil olanıdır. Ancak domatesin işlenmesi ve depolanması süresince likopen trans-cis isomerizmine uğrar. Likopenin 5-cis, 9-cis, 15-cis, 6-cis, 13-cis ve trans isomer formlarına genellikle rastlanır. Likopenin trans- ve cis-isomerlerinin kimyasal yapıları Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.3. Likopenin trans- ve cis-isomerlerinin kimyasal yapısı [Rao ve Rao, 2007]

Genellikle cis isomerler, trans formlardan kıvrılmış yapıları nedeni ile daha polardırlar. Ayrıca, cis isomerler yağda ve hidrokarbon çözücülerde daha çözünür özelliktedirler. Yapısal farklılık nedeni ile bioaktivite açısından bu formlar arasında değişiklikler bulunmaktadır. İki form arasındaki değişimler domatesin işlenmesi sürecinde olduğu gibi, depolama sürecinde de gerçekleşir. Temel durumda ise, cis isomerler stabil değildirler, trans isomerler stabildir.

2.4.4. İnsan sağlığı açısından likopenin nemi

Klinik alışmalar

Son yıllarda, likopenin kansere karşı koruyucu ajan olarak kullanılabilirliği konusunda araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalarda, üç ana yaklaşım metodu kullanılır;

- a) Hastalarla, farklı kötü huylu tümörler konusunda yapılan epidemiyolojik deneysel çalışmalar,
- b) Hayvan kobaylarla, hücresel ekseninde, likopenin tümörlerin üremesi üzerine direkt etkisi hakkındaki çalışmalar,
- c) Likopen etkisinin, varsayılan biyokimyasal veya immunolojik mekanizması hakkındaki alışmalar.

Prostat kanseri, akciğer kanseri ve epitel kanser çeşitlerinin önemli bir kısmı karşısında koruma sağlaması nedeniyle gerçekleştirilen pek çok çalışma, likopenin önemli bir mikro nutrient olarak rolünü desteklemektedir. Bir araştırmada, günde en az bir kez bir porsiyon domates ürünü tüketen insanların, tketyemeyenlere göre sindirim sistemi kanserine yakalanma ihtimalinin %50 daha az olduğunu belirtmektedir [Franscoshi ve ark., 1994]. Başka bir araştırmada ise yaşlı Amerikalılardan düzenli olarak domates tüketenlerin arasında, kanserin her türlüsü nedeni ile ölüm oranının daha düşük olduğu açıklanmıştır [Colditz ve ark., 1985].

Harvard Halk Sağlığı Okulu'nda yapılan bir başka çalışma sonucu haftada 10 veya daha fazla porsiyon, domates, domates sosu, ve pizza sosu içeren domates ürünlerini tüketen erkeklerin %34 daha az ileri dercede prostat kanserine yakalandıkları raporlanmıştır [Giovannucci ve ark., 1995]. Riso ve arkadaşları [1997], çalışmaları ile domates ürünleri tketimeinin lenfest DNA'nın oksidatif zararlanma hassaslığında düşüşe neden olduğu sonucuna varılmıştır. Likopen, karotenoidler arasında tanınmış en etkili singlet oksijen söndürücüdür. Yine likopen, hücreler arasında birleşme boşluklarının iletişimini arttırmak ve Connexin-43 sentezine neden olmaktadır [Zhang ve ark., 1992]. Birleşme boşlukları iletişiminin kaybı, kötü niyetli

transformasyonlar açısından önemli olabilir ve bunlar yenilenmesi kötü niyetli süreci terse çevirebilir.

Beslenme ile ilgili epidemiyolojik çalışmalar (insan topluluklarını hedef alan çalışmalardır. En sık olarak belli bir zamanda, belli bir bölgedeki topluluk, yaş, cins, meslek gibi alt gruplarla analizler yapılır. Burada amaç pozitif sağlık durumları veya hastalıklarla neden olabilecek belirleyicilerin incelenmesidir), kırmızı et ve/veya işlenmiş et ile kolon, rektum, mide, pankreas mesane, endometriyum ve yumurtalık, prostat, göğüs ve akciğer kanserleri, kalp hastalıkları, eklem iltihabı, tip 2 diabetes ve Alzheimer hastalığı arasındaki bağlantıyı belirtmektedir. Bu önemli hastalıkların tümünün kırmızı et diyeti ile bağlantısı, kırmızı ette bulunan biyolojik bileşiklere zarar veren faktörlerin varlığına işaret etmektedir. Bu hipotez heme (hemoglobin molekülünün proteinsiz kısmı) bileşiklerinin biyokimyası ve onların oksidatif prosesi üzerinde odaklanmaktadır. Oksidatif biyokimyasal zararlanma hastalıklarda yaygındır. Kırmızı et tüketiminin vücut dokularındaki oksidatif katalizlerin seviyesini sınırlayacağı aşıkardır. Meyve ve sebze tüketiminin artırılması, selenyum, E vitamini, C vitamini, likopen, sistin-glutathion ve çeşitli fitokimyasallar gibi antioksidatif bileşiklerin seviyesini yükseltir [Tappel, 2007].

Epidemiyolojik verilerin sık domates ürünleri tüketimi ile prostat kanseri riskinin azalması arasında ilişki kurması, Stacewicz-Sapuntzakis ve Bowen'ı (2005) prostat adenokarsinom (salgıbezi dokusundan kaynaklanıp, bir dereceye kadar organın kendisini hatırlatan bir habis tümör) tanısı koyulmuş hastalar arasında küçük bir müdahale denemesi yapmaya teşvik etmiştir. Domates soslu makarna günlük olarak belirlenmiş prostatektomiden (prostatı çıkarma ameliyesi) önce 3 hafta boyunca hastalarca tüketilmiş ve domates alımının biyomarkerları, prostat kanseri ilerlemesi ve oksidatif DNA zararlanması kanda ve uygun prostat dokusunda takip edilmiştir. Lökosit ve prostat dokularında oksidatif DNA zararlanması belirgin şekilde azalmıştır. Prostat dokularındaki oksidatif DNA zararlanması muhtemelen likopenin antioksidan özellikleri nedeni ile özellikle tümör hücreleri çekirdeğinde tespit edilmiştir. Özellikle karsinoma bölgesindeki olmak üzere prostat hücrelerinin apoptotik ölümündeki artış ile açıklanan kandaki prostata özgü antijenlerin azalması

olmuştur. Ayrıca prostat kanser hücre kültürleri, artan bir apoptozise neden olan ve hücre siklusunun önüne geçen likopene gelişme ortamında duyarlılık göstermişlerdir [Stacewicz-Sapuntzakis ve Bowen, 2005].

Likopenin kimyasal olarak indüklenmiş DNA hasarını önlemesi pek çok çalışma ile belirlenmiş ancak bu etkinin mekanizması henüz tam olarak ortaya konamamıştır. Scolastici ve ark., [2007] tarafından gerçekleştirilen çalışmada hidrojen peroksit, metilmetansülfonat (MMS) veya 4-nitroquinolin-1-oksit (4-NQO) kimyasallarına maruz bırakılmış Çin hamster yumurtalıkları üstündeki %97'lik likopenin (10, 25 ve 50 μ M'lik konsantrasyonlarda) antimutajenik etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler, likopenin her üç mutajen tarafından da indüklenmiş mikronükleer hücrelerin frekansını düşürdüğünü ortaya koymuştur. Sonuç olarak araştırma bulgularının likopenin antimutajenik etkiye sahip olduğu ve bunu farklı etki mekanizmaları yolu ile ortaya koyduğu bildirilmiştir.

Likopen yağda çözünür bir karotenoid olup, β -karotenin belirtisidir ve β -karotenden en az iki kat daha fazla antioksidan kapasiteye sahiptir [Davis, 2003]. Singlet oksijen tutucu sabiti, β -karoteninkinden 2, α -tokoferolden 10 kat daha fazladır [Poil ve ark., 2004].

Augusti ve arkadaşları (2007), $HgCl_2$ enjekte edilmiş ratler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, likopenin antioksidan özelliklerini ve $HgCl_2$ 'nin nefrotoksisite etkilerini önleme özelliklerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, likopenin lipid peroksidasyonunu ve γ -amino evulinate dehidratase ve antioksidan enzimlerin aktivitelerindeki değişimi önleyerek, $HgCl_2$ toksisitesine karşı faydalı bir etki gösterdiği bildirilmiştir [Augusti ve ark., 2007].

Likopen, tüm karotenoidler arasında en etkili singlet oksijen söndürücü ve anti-radikal olup, insan vücudunda önemli bir savunma mekanizması ortaya koyabilmektedir [Shixiani ve ark., 2005]. Aynı araştırmacılar likopenin E vitamini ile sinerjistik etki gösterdiğinin tespit edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca likopen ve α -tokoferolde benzeri bir etki göstermektedir. Glabridin, rosmarinik asit ve karnosik

asit gibi polifenoller ile likopenin kombinasyonu, düşük yoğunluklu lipoproteinlerin (LDL) oksidasyonunu, tek başlarına karşı gerçekleştirdiklerinden daha yüksek oranlarda inhibe etmektedir. Sarımsak tozu ile birlikte kullanıldığında likopenin LDL inhibisyonu etkisinde % 33 artış görülmüştür. Likopenin antioksidan aktivite açısından sinerjik etki gösterdiği belirlenmiş diğer maddeler arasında lutein, 1, 25-dihidroksilutamin D3 de bulunmaktadır [Shixiani ve ark., 2005].

Helyes ve arkadaşları (2007) dokuz farklı domates varyetesinin antioksidan aktivitesi ve çeşitli bileşiklerinin oranlarını incelemişlerdir. Bileşim öğelerinde varyete göre değişiklik görüldüğü, antioksidan aktivitenin de farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Toor ve arkadaşları (2005) ise Yeni Zelanda’da yetiştirilen 4 farklı domates çeşidi ile yaptıkları çalışmada benzeri sonuçlar elde etmişlerdir [Torr ve ark. 2007].

Likopenin antioksidan aktivitesi ile ilgili farklı bir çalışma da Andreassi ve arkadaşları (2004) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada, likopen esaslı bir ürün ile E ve C vitaminleri esaslı bir ürünün UV radyasyonuna karşı koruyucu aktiviteleri, cilde uygulanarak incelenmiş, likopen esaslı ürünün çok daha koruyucu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiş, likopenin serbest radikallere karşı kullanılabileceği ve antioksidan aktivitesinin olası indirgeyici gücünden kaynaklandığı bildirilmiştir [Andreassi ve ark., 2004]

Forelli ve ark., (2007), likopenin göğüs tümörü hücre serisi (MCF-7) çoğalması üstündeki etkisini MTT [3-(4,5-dimethylthiazolyl-2)-2,5-diphenyltetrazolium bromid] ve BrdU (5-bromo-2-deoxyuridin) yöntemleriyle farklı zaman aralıklarında (24-72 saat) ve dozlarda (0,125 – 100 μ M) test etmişlerdir. 24 saatlik maruz kalmada minimal inhibisyon konsantrasyonu (MIV) likopenini 5 μ M olarak belirlemişlerdir. 72 saat maruz kalma da benzer inhibisyon etkisine neden olmuştur. Likopen GJIC işlevselliğini 24 saat/1 μ M’de uyarmıştır. Sonuç olarak elde edilen veriler likopenin MCF-7 hücre serisi gelişimi üstündeki inhibisyon etkisini doğrulamıştır [Forelli ve ark., 2007].

Epidemiyolojik çalışmalar, likopen alımı ve kolon kanseri ortaya çıkış oranı arasında ters bir orantı olduğunu göstermektedir. Martinez-Ferrera ve ark., (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma, likopen diyeti (0, 200 ve 400 ppm) ile bu diyetin azoksimetan ile indüklenmiş kolon tümörleri bulunan Fisher 344 erkek süten yeni kesilmiş ratlerindeki farklı yağ oranları (%7 ve % 14 yağ) ile etkileşimi ve 400 ppm likopen / %7 yağ ve 400 ppm likopen / %14 yağ şeklindeki diyetlerin tümör başlangıç ve gelişimi üstündeki etkilerini belirlemek amacı ile yürütülmüştür. Likopen diyeti ratlarda toplam tümör sayısında olduğu gibi tümör boyutunda da indirgeyici etki göstermiştir. Çalışma, likopen diyetinin Fisher 344 erkek ratlerinde azoksimetan ile indüklenmiş kolon tümörlerini başlangıç ve gelişme aşamalarında durdurduğu sonucunu tespit etmiştir [Martinez-Ferrera ve ark., 2006].

Gıdalarda likopenin biyokullanılabilirliği

Biyokullanılabilirlik, tüketilen besinin, vücutta emilim yoluyla normal fizyolojik ve metabolik süreçlerde kullanılabilen kısmı olarak tanımlanabilir.

İnsan beslenmesinde likopen emilimi önemli değişiklikler göstermekte olup, pek çok faktör tarafından etkilenmektedir. Bu faktörlerin bazıları şunlardır;

- a) Moleküler bağ ve yapı,
- b) Tüketilen gıdadaki likopen oranı,
- c) Likopenin yer aldığı gıda matriksi,
- d) Yüksek oranda diyet lifi alımı,
- e) Dağıtım aracı olarak yağ alımı,
- f) Absorbsiyon ve biyodönüşüm,
- g) Likopen ile diğer karotenoidler ve besin öğeleri arasındaki etkileşim,
- h) Beslenme sırasındaki protein içeriği,
- i) Ksantofil ve klorofil içerikleri,
- j) Genetik faktörler.

Trans ve Cis-İsomerler Formlarının Etkisi

Likopenin cis-isomer formlarının trans-isomer karşılıklarına göre daha iyi absorbe edilmiştir [Stahl, 1996]. Bu durum, karışmış misellerde cis-isomer formların daha büyük çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklanabilir. Isıl işlem görmüş domates suyundaki likopen (cis-isomer), işlem görmemiş domates suyundakine göre (trans-isomer) daha kolay absorbe edilmektedir. Bu durum değişik likopen geometrik isomerleri için (5-cis, 9-cis, 13-cis, 15-cis) geçerlidir.

Gıda Matrisinin Etkisi

Domates dokuları matrisinden likopenin serbest kalmasını etkileyebilecek olan gıdanın bileşimi ve yapısı, likopenin biyokullanılabilirliği üzerinde önemli bir etkidir. Gıdanın pişirilmesi veya ince öğütülmesi, bitkisel hücre dokusunun bozulması veya yumuşaması ve protein-likopen kompleksinin bozulması ile likopenin biyokullanılabilirliğini arttırabilmektedir, ayrıca domateslerin 100°de 1 saat ısıtılması halinde domatesteki toplam likopenin %20-30'nun cis-isomer formunda bulunduğu tespit edilmiştir [Giovanucci ve ark., 1995]. Isıl işlemler ve mekanik tekstürel bozulmaya neden olan işlemler, hücre duvarının sağlam yapısının ve kromoplast membranların bozulması ve hücresel bütünlüğün azaltılması dolayısıyla likopene ulaşılabilirliği kolaylaştırılması sayesinde biyokullanılabilirliğin artışı daha uygun hale getirmektedir.

Yağın Etkisi

Likopen biyokullanılabilirliği, yağ alımı da gerçekleştirildiği beslenmelerde domates ürünlerinde, taze domatese göre daha fazladır. Yağ bulunan bir ortamda hazırlanmış domates suyu, likopen serum konsantrasyonunda bir gün sonrasında 2-3 kat artışa neden olmakta iken, işlenmemiş domatesin tüketimi sonrası bir artış gözlenmemektedir [Stahl, 1992].

Diyet Liflerinin Etkisi

Değişik çeşitlerdeki diyet liflerinin, gıdalarda karotenoidlerin biyokullanılabilirlik seviyesini düşürdüğü tespit edilmiştir [Erdman, 1986].

Karotenoid Etkileşimi

Esas olarak, karotenoidler arası etkileşim, yüksek dozlarda alımlarda, absorbsiyon sürecinin çeşitli aşamalarında görülebilmektedir. Likopen absorbsiyonu, düşük dozlarda daha etkin gibi görünmekte olup, β -karoten ile birlikte likopen alımında absorbsiyon, likopenin tek başına alımındakine göre daha yüksektir.

2.4.5. Likopen ve stabilite

Domatesin işlenmesi sırasında degradasyonun başlıca nedenleri isomerizasyon ve oksidasyondur. Genel olarak, likopenin ısı işlem sırasında isomerizasyona uğradığı kabul edilmektedir. Likopen isomerizasyon derecesinin belirlenmesi, işlenmiş domates ürünlerinin insan sağlığı üzerine potansiyel faydalarının belirlenmesi açısından önemlidir. Likopen degradasyonu ve domates ürünlerinde renk kaybı çok sayıda faktör tarafından etkilenmektedir. Domates suyunda renk kaybı, yüksek sıcaklık ve uzun süreli muamele (işleme ve depolama) ile hızlanmaktadır. Domates ürünlerinde renk muhafazası düşük sıcaklıklarda daha iyidir.

İşlenmiş domates ürünlerinde, oksidasyon kompleks bir proses olup, aşağıdaki faktörler tarafından etkilenmektedir;

- a) Nem,
- b) Sıcaklık,
- c) Ortamda bulunan lipidlerin varlığı,
- d) Ortamda bulunan otooksidanların varlığı.

Örneğin, domates suyu ekstraksiyonunda, ince eleklerin kullanılması, hava ve metallerle temas yüzeyinin artması nedeni ile oksidasyonun hızlanmasına neden olmaktadır.

Aşağıdaki çizelgede de görülebileceği gibi domates suyunun 90 °C/ 7 dakika ısıtılmasında %1.1, 100 °C / 7 dakika ısıtılmasında ise %1.7 oranında likopen konsantrasyonunda düşüş gözlenmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda bu artış da artmaktadır. Daha düşük sıcaklıklarda da, sürenin artması ile birlikte kayıp oranında önemli artışlar söz konusu olmaktadır. Ortamda bakır gibi metallerin bulunması bu kaybı arttırmaktadır; örneğin düşük miktarda bakır varlığında 65°C/3 saat ısıtılma ile likopen kaybı %60 oranında olmaktadır.

Evaporasyon sırasında (özellikle vakum altında) daha düşük kayıplar söz konusudur. Çünkü ürün sisteme girer girmez, deaerasyon uygulanmakta ve bu da likopenin oksidatif yıkımını engellemektedir.

Likopen degradasyonuna ışığın etkisi

Işık şiddetinin ve sıcaklığın artması, likopen degradasyonunu arttırmaktadır. Işık şiddetinin arttırılması ile likopenin bozunumu, ısı artışının neden olduğundan daha az şiddetlidir [Shi, 2000]. Domates suyunun ısıtılmasında likopen kayıp oranı (Çizelge 2.5) ve hekzan çözeltisinde likopeninin oksidasyon ile kaybı (Çizelge 2.6) aşağıda verilmiştir.

Likopen degradasyonunda en önemli artışa neden olan faktör oksijen varlığıdır. 100°C de oksijen varlığında ısıtmada likopen kaybı %30 iken, CO₂ varlığında bu kayıp %5'e düşmektedir.

Domatesin dehidrasyonu sırasında meydana gelen likopen kaybı önemli bir ticari sorundur. Genellikle yüksek sıcaklıkta domates vakum altında belirli bir süre dehidrasyona tabii tutulur. Örneklerde likopen tutumu genel eğilimi, hafifçe dehidrasyon süresince düşmektedir. Osmotik dehidrasyon süresince ise likopen miktarı önemli oranda sabit kalmaktadır.

Çizelge 2.5. Domates suyunun ısıtılmasında likopen kayıp oranı [Shi, 2000]

Isıtma Sıcaklığı (°C)	Likopen Kaybı (%)		
	Isıtma Süresi		
	1 Dakika	3 Dakika	7 Dakika
90	0,6	0,9	1,1
100	0,9	1,4	1,7
110	2,2	3,2	4,4
115	2,7	4,5	7,0
118	3,7	6,0	9,1
121	4,6	7,3	10,6
124	5,5	8,5	12,5
127	6,5	9,9	14,6
130	7,4	11,5	17,1

Çizelge 2.6. Hekzan çözeltilisinde likopeninin oksidasyon ile kaybı [Shi, 2000]

Sıcaklık (°C)	Süre (saat)	Çözeltilide (10mg/L) Likopen Kaybı (%)	Bakır Katalizörlüğünde Kayıp (29 mg/L) (%)
60	0	0	0
	1	15,0	25
	2	20,0	45
	3	26,1	60
100	0	0	0
	1	20,0	40
	2	28,5	75
	3	35,0	90

Konvensiyonel hava kurutma sistemlerinde ise, sıcaklık ve oksijenin etkisi ile önemli oranda likopen kaybı söz konusu olmaktadır. Isıl işlem domates dokusunu parçalamakta ve oksijen ile ışığın likopen yıkımı kolaylaştırmaktadır [Shi ve Le Maguer, 1999]. 100 °C’de Isıtılan domates pulpunda oksijenin likopen kaybı üzerine etkisi Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Kabuk uzaklaştırma, domates işlenmesinde önemli bir prosesdir. Genellikle, mekanik olarak kabuk uzaklaştırma işleminden önce, domatesler kimyasal veya fiziksel işleme tabii tutulurlar. Bu işlemlerin amacı, kabuğun uzaklaştırması işlemini kolaylaştırmak ve/veya ürünün dezenfeksiyonunu sağlamaktır. Bu amaçla en sık kullanılan metotlar buhar ile muamele ve klorlu suda yıkamadır.

Domatesin epidermal bölgesi (kabuk ve dış perikarp doku) domateste bulunan likopenin yaklaşık %80-90'nını içermektedir [Shi, 2000]. Bu oran, özellikle işlem sırasında atık olarak uzaklaştırılan bir kısımda bulunması nedeni ile dikkat çekici ve üzerinde çalışılması gereken bir konudur.

Çizelge 2.7. 100 °C’de Isıtılan domates pulpunda oksijenin likopen kaybı üzerine etkisi [Shi, 2000]

Ortam	Isıtma süresi (saat)	Kayıp (%)
Karanlık ve CO ₂ Varlığında	0	0
	0,5	4,6
	1	4,9
	2	5,0
	3	5,1
Karanlık ve O ₂ Varlığında	0	0
	1	14,0
	2	23,7
	3	30,1
Güneşli ve CO ₂ Varlığında	0	0
	1	5,4
	2	8,6
	3	11,3
Güneşli ve O ₂ Varlığında	0	0
	1	15,1
	2	25,9
	3	33,1

2.5. Fonksiyonel Gıda

Gıdalar, bireyin yaşam olaylarını devam ettirebilmesi, normal gelişme ve büyümesi için gereksinim duyduğu besin maddelerini içerirler. Gıda ve beslenme bilimindeki son gelişmeler, gıdaların bireyin besin madde ihtiyacını karşılamasının yanı sıra çeşitli vücut fonksiyonlarının düzenlenmesinde ve bazı hastalıkların önlenmesinde de etkili olduğunu göstermiştir [Korhonen, 2002]. Gıdaların besleyici, duyusal ve fizyolojik olmak üzere başlıca üç fonksiyonu bulunmaktadır. Besleyici ve duyusal fonksiyonlar her gıda da bulunurken, fizyolojik fonksiyona bazı gıdalar sahiptir. Ancak son yıllarda uygulanan çeşitli teknolojik işlemlerle gıdalara fizyolojik fonksiyon özelliği kazandırılabilir [Ekşi, 2005]. Bir başka deyişle fonksiyonel gıdalar üretimleri sırasında besin madde kompozisyonu değiştirilerek veya üretildikten sonra yapısındaki zararlı etkiye sahip komponentler uzaklaştırılarak ve düzeyi sınırlandırılarak ya da sağlık açısından yararlı komponentler doğal olarak yapısında bulunuyorsa düzeyi artırılarak bulunmuyorsa ilave edilerek elde edilmektedir [Jiménez-Colmenero ve ark., 2001].

Fonksiyonel gıdalar yerine sağlık gıdaları, nutrasötikler, tıbbi gıdalar, düzenleyici gıdalar, özel besleme amaçlı gıdalar ve farmakolojik gıdalar gibi terimler de kullanılmaktadır [Arvanitoyannis ve Houwelingen-Koukaiaroglou, 2005]. Birçok araştırmacı ve örgüt fonksiyonel gıda tanımını yapmıştır. Marriott [2000] fonksiyonel gıdaları, geleneksel besin madde içeriğine sahip olmasının yanı sıra sağlığı olumlu etkileyebilen gıda ve gıda bileşenleri olarak tanımlamaktadır. Uluslararası Gıda Enformasyon Konseyi (IFIC- The International Food Information Council) fonksiyonel gıdaları, temel beslenmenin ötesinde sağlığa ilişkin yararlar sağlayabilen gıdalar olarak ifade etmektedir. Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü'ne (ILSI- International Life Science Institute) göre ise fonksiyonel gıdalar, temel beslenmenin yanı sıra biyolojik aktif gıda bileşenleriyle sağlığı olumlu etkileyebilen gıdalardır [Açıkgöz ve Önenç, 2006].

Fonksiyonel gıdalarla ilgili ilk çalışmalar 1984 yılında Japon hükümetinin girişimiyle başlamıştır. 1991 yılında onaylanan Sağlıklı Gıda Tüzüğü' ne (Foods for Specified

Health Use-FOSHU) göre, günümüzde Japonya’da fonksiyonel gıda lisansı almış 300’den fazla ürün bulunmaktadır [Farr, 1997]. Son yıllarda, günlük diyetlerde yaygın olarak tüketilen fonksiyonel gıdaların ortaya çıkış nedenleri;

- Bilim ve teknolojideki hızlı gelişmeler
- Hastalık tedavi ücretlerinin artması tüketicinin beslenme ve sağlık arasındaki ilişki konusunda bilinçlenmesi
- Gıda pazarlama sistemlerindeki değişikliklerdir [Açıkgöz ve Önenç, 2006].

Gıdalara fonksiyonellik özelliğini kazandıran biyolojik aktif bileşenlerdir ve bunlar bitkisel kaynaklı ise fitokimyasallar, hayvansal kaynaklı ise zookimyasallar adını alır [Paas ve Pierce, 2002].

2.6. Dondurma ve Yenilebilir Sütü Buz

Dondurma pastörize edilmiş karışıma, havanın eşit miktarda katılması ile elde edilen üründür. Karışım, süt proteinleri, şeker, dekstroz, mısır şurubu, su ve yumurta veya yumurta ürünleri, zararsız tat ve çeşni maddeleri ile yenilebilir ve sağlık açısından yararlı stabilizatör veya emülgatörlerden oluşmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinin ilgili tebliğine göre de dondurma , içerisinde tat ve çeşidine göre, süt veya süt ürünlerini, içme suyu, şeker ve izin verilen katkı maddelerini bulunduran, istenildiğinde salep, yumurta ve/veya yumurta ürünleri, aroma maddeleri ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içeren karışımının pastörizasyon sonrası tekniğine uygun olarak işlenmesi ve dondurulması ile elde edilen, yumuşak halde yada sertleştirildikten sonrası tüketime sunulan üründür.

Yine Türk Gıda Kodeksinin ilgili tebliğine göre Yenilebilir Buz ve benzeri ürünler ile ilgili tanımlar;

Yenilebilir buzlu ürünler: Buz karışımları ve sütü buz ürünlerini,

Buz karışımları: İçme suyu, şeker ve gerektiğinde izin verilen katkı maddeleri, aroma ve çeşni maddelerinin kullanılmasıyla hazırlanan ürünü,

Sütlü buz ürünleri: Süt ve/veya süt ürünleri, içme suyu, şeker, süt proteinleri, süt yağı ve/veya bitkisel yağ ve/veya yumurta yağı ile gerektiğinde izin verilen katkı maddeleri, aroma ve çeşni maddeleri gibi bileşenleri içeren ürünü,

Çeşni maddeleri: Fındık, fıstık, antepfıstığı, badem, ceviz gibi sert kabuklu meyveler, meyve, meyve suyu, meyve konsantresi, meyve püresi, meyve ezmesi, bal, kahve, kakao, çikolata, vanilya gibi yenilebilir ürünleri,

Tropik ve özel meyveler: Aroması yüksek olan ananas, muz, kivi, mango, goyava gibi meyveleri,

Yenilebilir buzlu ürünler piyasaya sunuş ve bileşimlerine göre;

-Su buzı: Buz karışımları genel tanımına uyan, meyve ve/veya aroma maddeleri içeren, kuru maddesi ağırlıkça en az %12 olan buz karışımlarını,

-Meyveli buz: Buz karışımları genel tanımına uyan, kuru maddesi ağırlıkça en az %12 olan ve ağırlıkça en az %15 meyve içeren buz karışımlarını,

-Sorbe: Buz karışımları genel tanımına uyan, kuru maddesi ağırlıkça en az %12 olan ve ağırlıkça en az %25 meyve içeren buz karışımlarını,

-Sütlü buz: Sütlü buz ürünleri genel tanımına uyan, ağırlıkça en az %2,5 süt yağı ve ağırlıkça en az %6 yağsız süt kurumaddesi içeren, süt orjinli olmayan protein ve yağ içermeyen sütlü buz ürünlerini,

-Bitkisel yağlı sütlü buz: Sütlü buz ürünleri genel tanımına uyan, bitkisel yağ ve/veya süt yağı ve/veya yumurta yağını ağırlıkça en az %5 oranında içeren ve süt proteini dışında protein içermeyen ve süt proteini içeriği ağırlıkça en az %2,2 olan sütlü buz ürünlerini ifade eder.

Dondurma ve yenilebilir buz üretimi, öncelikle dondurma ve yenilebilir buz olmasını belirleyen yukarda verilen tanımlara uygun karışımın hazırlanmasının ardından, bu karışımın ısıtma işlemine tabi tutulması (örneğin 80-90 °C/15-20 dakika), ardından soğutulması (örneğin 5 °C), soğutma sonrası karışımın karıştırılarak olgunlaştırılmaya tabi tutulması (örneğin 4 °C/6-12 saat), olgunlaştırma süresi sonunda aroma, renklendirici, ve/veya çeşni maddelerinin katılması ile, ardından soğutularak (örneğin (-3)-(-8) °C'ye) ve aynı esnada hava ile hacim (over-run) kazandırılmasının ardından uygun ambalajlara doldurulması ve sertleştirilmesi (örneğin -35 °C'de) şeklindedir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Cihazlar

Yenilebilir sütlü buz materyalinin hazırlanmasında, pilot tip 5 L hacimli, paslanmaz çelikten imal edilmiş, karıştırıcı ve ceketli ısıtıcı, Softmatik S-14 dondurma makinesi (Uğur Makine, Türkiye) kullanılmıştır. Sertleştirme işlemi – 28 °C’de Özerişen Süt Gıda A.Ş. soğuk hava deposunda gerçekleştirilmiştir. Materyal, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’ndeki soğuk hava deposunda - 20 °C ‘de saklanmıştır.

Analizlerde, analitik terazi (XS204 Mettler Toledo), ultrasonik banyo (JP Selecta, İspanya), UV-Visible spektrofotometre (UV-1601, Shimadzu), santrifüj (Bioblock 2-16, Sigma), kolorimetre (CR 300, Minolta) ve HPLC (Shimadzu, Japonya) ve vorteks karıştırıcı (İnterlab) kullanılmıştır.

3.1.2. Kimyasal ve standart maddeler

Likopen (%90 saflıkta) General Nutrition Corporation (Pittsburgh, USA)’dan sağlanmıştır. 2,2-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH, C₃₄H₄₅N₅O₆) serbest radikali ve likopen standardı Sigma Chemicals’dan, metanol, hekzan, asetonitril ve kloroform (HPLC) Merck’den temin edilmiştir.

Yenilebilir sütlü buz üretimi için endüstriyel üretiminde kullanılan materyaller seçilmiştir. Bu materyaller Özerişen Süt Gıda A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Emülgatör olarak 648/06 lot numaralı yağ asitlerinin mono ve digliserid esterleri, E 471, (Lucid Colloid Ltd, Hindistan), stabilizatör olarak ise Karregen (Carrageenan Company, Santa Ana, USA, Lot No 88NB0608A) ile Ksantan Gam (Wenda Co. Ltd., China, Batch No WEN90020602120) karışımı kullanılmıştır. Her üç materyalin de Codex Alimentarius ve JECFA tarafından belirtilen kriterlere uygun

özelliklere sahip olduğunu belirten analiz sonuçları, üretici firmalardan temin edilmiştir.

3.1.3. Yenilebilir sütlü buz materyalinin hazırlanışı

Yenilebilir sütlü buz üretimi Özerişen Süt Gıda A.Ş. (Ankara, Türkiye) fabrikasında su, yağsız süt tozu, hidrojenize bitkisel yağ, stabilizatör, emülgatör, şeker ve likopen materyalleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yenilebilir sütlü buz materyallerinin bileşimi Çizelge 3.1’de belirtilmiştir. Bu bileşim belirlenirken endüstriyel üretim parametreleri esas alınmıştır. Materyalin hazırlanmasında öncelikle oda sıcaklığındaki içilebilir nitelikte şebeke suyu ceketli ısıtıcının içerisine alınarak ısıtmaya başlanmıştır. Daha sonra içerisine toz beyaz şeker katılıp, bir yandan karıştırılarak şekerin tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Ardından emülgatör ve bitkisel yağ karışıma eklenmiş, ısıtmaya ve karıştırmaya devam edilmiştir. Daha sonra yağsız süt tozu ve stabilizatör karışıma eklenmiştir. Karıştırılarak ısıtma işlemine 85 °C’ye kadar devam edilmiştir. Bu sıcaklıktaki karışıma farklı oranlarda likopen ilave edilerek 15 dakika boyunca karıştırılmış, karışımın rengi kararlı ve homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan karışımlar kapalı kaplara alınarak, -28 °C’deki depoda sıcaklığı 5°C’ye düşene dek belirli aralıklarla karıştırılarak bekletilmiştir. Ardından kaplar içerisindeki karışımlar, sıcaklığı 0°C ile 4°C arasına ayarlanmış depoda 6 saat bekletilerek olgunlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Olgunlaştırma işlemi tamamlanan karışımlar, dondurma makinesinin karışım haznesine doldurularak burada -3°C’ye soğutulup aynı anda hava vererek hacim kazandırma (over-run) işlemi gerçekleştirilmiş, hazırlanan materyaller 100 mL hacimli polipropilen ambalaj malzemelerine doldurulmuştur. Sertleştirilme işlemi -28 °C’de bulunan depoda 48 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Materyaller soğutuculu araç ile nakledilerek, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde -20 °C’ye ayarlanmış depoda analizler için saklanmıştır.

Hacim kazandırma işlemi gerçekleştirilmemiş materyaller olgunlaştırma işleminin ardından -20°C'ye ayarlanmış depoya alınmıştır.

Çizelge 3.1. Yenilebilir sütlü buz materyali bileşimi

Bileşenler	Miktar (g)
Su	633
Şeker	200
Emülgatör	3
Yağsız Süt Tozu	100
Bitkisel Yağ	60
Stabilizatör	3
Likopen*	43,7 – 291,0 arası

* : mg

3.2. Yöntem

3.2.1. C IE - L, a, b renk tayini

Gıda kalite kontrolünde oldukça fazla kullanılan bir yöntemdir. Kullanılan sistem esas olarak filtrelerden ve fotosellerden oluşmuş bir fotoelektrik kolorimetridir. Yöntemde L, a, b değerleri belirlenmektedir. Sistemde;

L : parlaklık

a : + ise kırmızılık

a : - ise yeşillik

b : + ise sarılık

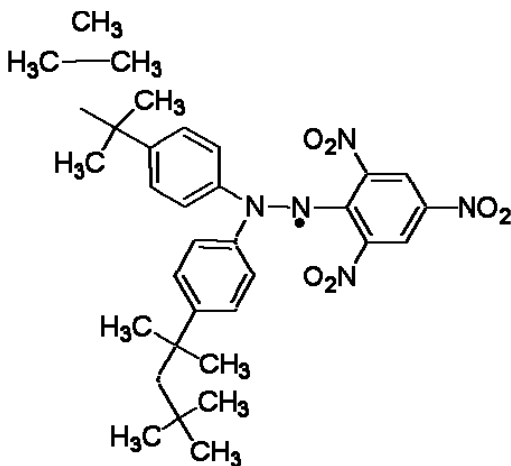
b : - ise mavilik olduğunu göstermektedir.

Karıştırılarak homojen karışım haline getirilen yenilebilir sütlü buz numuneleri CIE-Lab renk sisteminin kabına tabanında boşluk ve hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. CIE L,a, b değerleri DP-300 veri işlemcisi ile donatılmış Minolta CR 300 Kolorimetre ile ölçülmüştür [Artık, 1993].

3.2.2. DPPH metodu kullanılarak radikal yok etme aktivite tayini

Yenilebilir sütlü buz numunelerinin antioksidan aktivitesi 2,2-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH) kullanılarak ölçülmüştür. DPPH serbest radikalinin kimyasal yapısı Şekil 3.1’de verilmiştir. Metanol:Su (70:30) kullanılarak 6×10^{-5} M DPPH serbest radikal çözeltisi hazırlanmıştır. 300 µL’lik numune ve 3600 µL DPPH serbest radikali ile vortekste iyice karıştırılmıştır. Kontrol örneği olarak distile su kullanılmıştır. Karanlık bir ortamda 25°C’ de 60 dakika reaksiyona bırakılmıştır. Örneklerin absorbansındaki değişimler şahit olarak metanolün kullanıldığı Shimadzu UV spektrofotometre ’de 517nm’de ölçülmüştür. Radikal yok etme aktivitesi DPPH radikalinin yüzde inhibisyonu (%) olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [Yen ve ark., 2002, Ellnain-Wojtaszek ve ark., 2003, Abdille ve ark., 2005];

$$\text{İnhibisyon (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{kontrol}} - \text{Abs}_{\text{örnek}}}{\text{Abs}_{\text{kontrol}}} \cdot 100$$



Şekil 3.1. DPPH serbest radikali

3.2.3. Likopenin HPLC ile belirlenmesi

Yaklaşık 2 g örnek alınarak, üzerine 3 mL hekzan ve 2 mL kloroform eklenmiş ve 20 dakika santrifüjlenmiştir (8000 rpm). Santrifüj tüpündeki üst faz, membran filtreden (0,45 µm) geçirilerek cihaza enjeksiyon yapılmıştır (Estrella ve ark., 2004).

Likopen standardının pik alanı ile numunelerdeki likopen pikinin alanları karşılaştırılarak, örnekteki likopen miktarı hesaplanmıştır.

Likopen kalibrasyon eğrisi, 0, 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 ppm konsantrasyonlar kullanılarak hazırlanmış, R^2 değeri 0,9797 olarak belirlenmiştir. Kalibrasyon eğrisi Ek 9'da verilmiştir.

HPLC kromatografi koşulları

DEDEKTÖR	: PDA
KOLON	: C18, 250x4.6 mm ID
KOLON FIRINI SICAKLIĞI	: 25 °C
SİSTEM KONTROL ÜNİTESİ	: SCL 10 AVP
ENJEKSİYON HACMİ	: 20 µL
POMPA	: LC 10 ADVP
MOBİL FAZ AKIŞ HIZI	: 1 mL/min
MOBİL FAZ	: Asetonitril/Metanol (40:60, v/v)

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Sonuçlar

4.1.1. Örnekler

Likopen, yenilebilir sütlü buz örneklerine GNC firmasından temin edilen kapsüller kullanılarak katılmıştır. Kapsüller bitkisel yağda çözünmüş halde likopen içermekte olup, kapsüllerin likopen konsantrasyonları, örneklerde de kullanılan ve daha önce Bölüm 3.2.3’de tanımlanan HPLC yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntemle belirlenen miktar dikkate alınarak, Örnek A kontrol örneği olmak üzere Örnek B, C, D, E, F, G Bölüm 3.1.3’de açıklandığı şekilde hazırlanmıştır. Örneklerin hesaplanan başlangıç likopen konsantrasyonları aşağıda verilmektedir.

Örnek A	: Kontrol
Örnek B	: 43,7 ppm likopen
Örnek C	: 106,7 ppm likopen
Örnek D	: 145,5 ppm likopen
Örnek E	: 203,7 ppm likopen
Örnek F	: 242,5 ppm likopen
Örnek G	: 291,0 ppm likopen

4.1.2. CIE-L,a,b renk analizi

CIE- L,a,b renk analizi yöntemi ile örneklerin hazırlanış tarihlerinden itibaren 3., 10., 17. ve 24. günlerde renk ölçümleri yapılmış ve elde edilen değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu değerler ardışık olarak gerçekleştirilen üç farklı ölçümün aritmetik ortalaması kullanılarak elde edilmiştir. Örneklerin L, a, b ve a/b renk değerlerinin zamana göre değişimi ise Şekil4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmektedir. Burada;

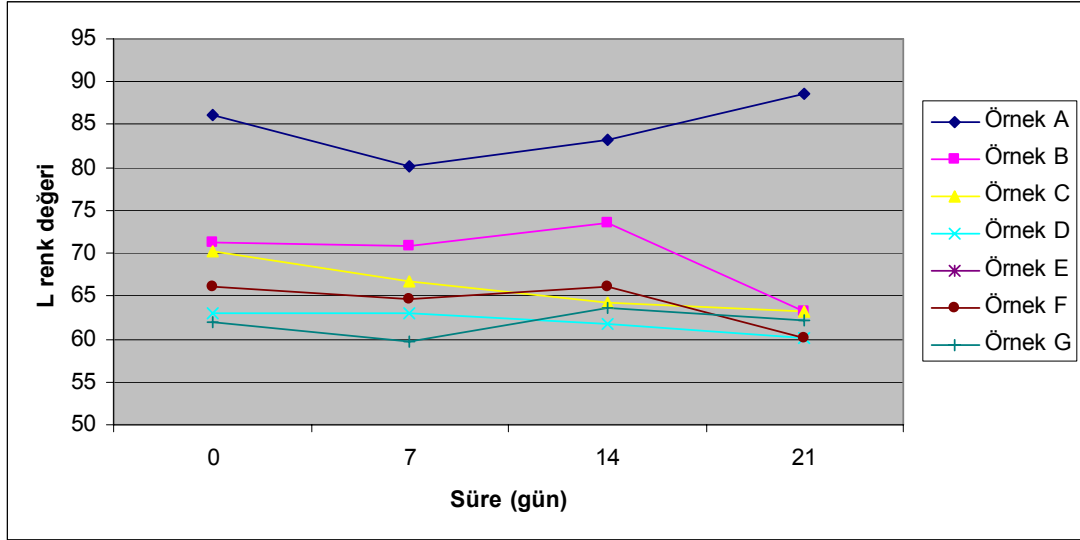
L : parlaklık,

a : + ise kırmızılık,

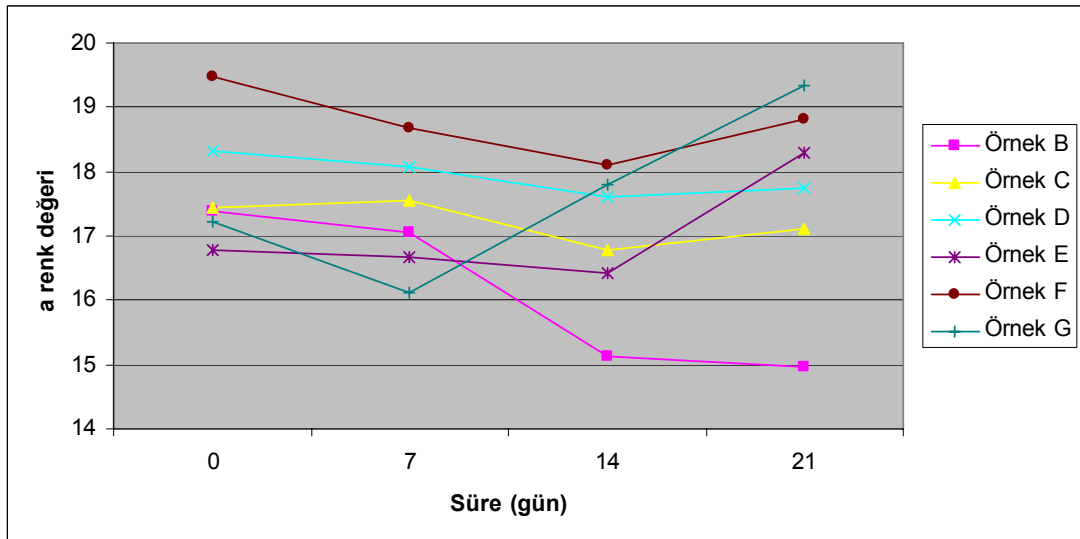
a : - ise yeşillik,

b : + ise sarılık,

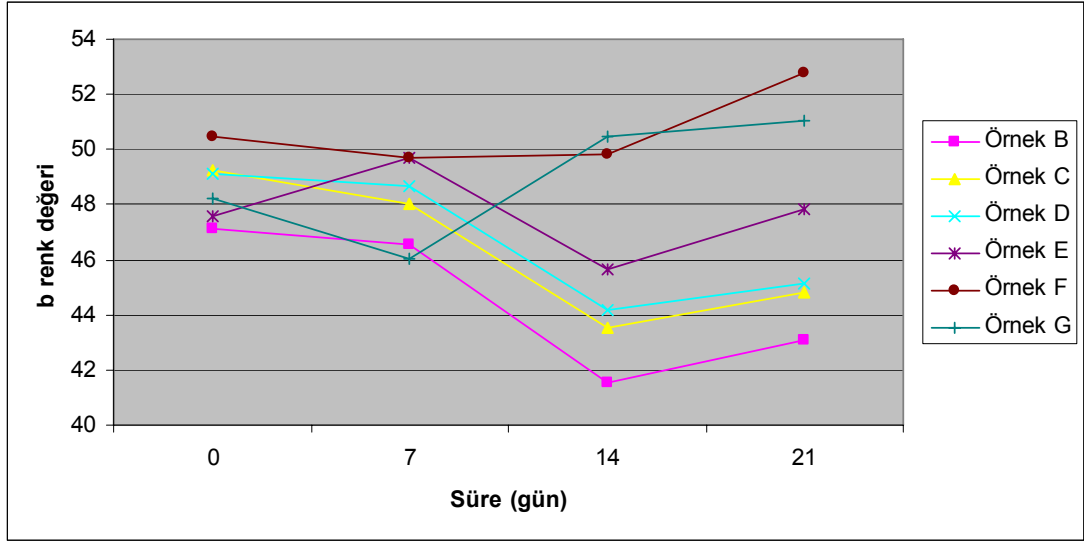
b : - ise mavilik olduğunu göstermektedir.



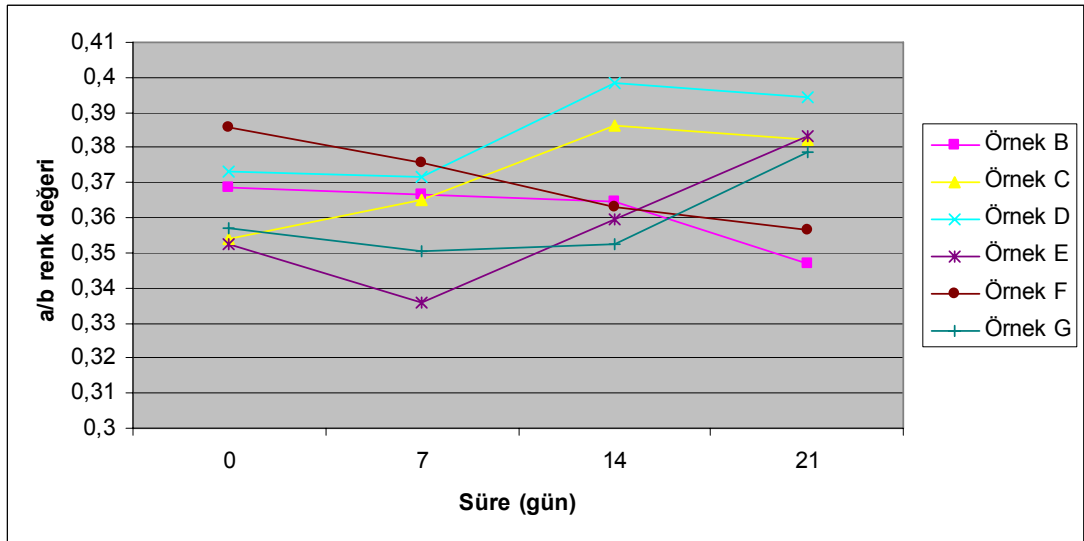
Şekil 4.1. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki L renk değerlerindeki değişim



Şekil 4.2. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki a renk değerlerindeki değişim



Şekil 4.3. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki b renk değerlerindeki değişim



Şekil 4.4. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki a/b renk değerlerindeki değişim

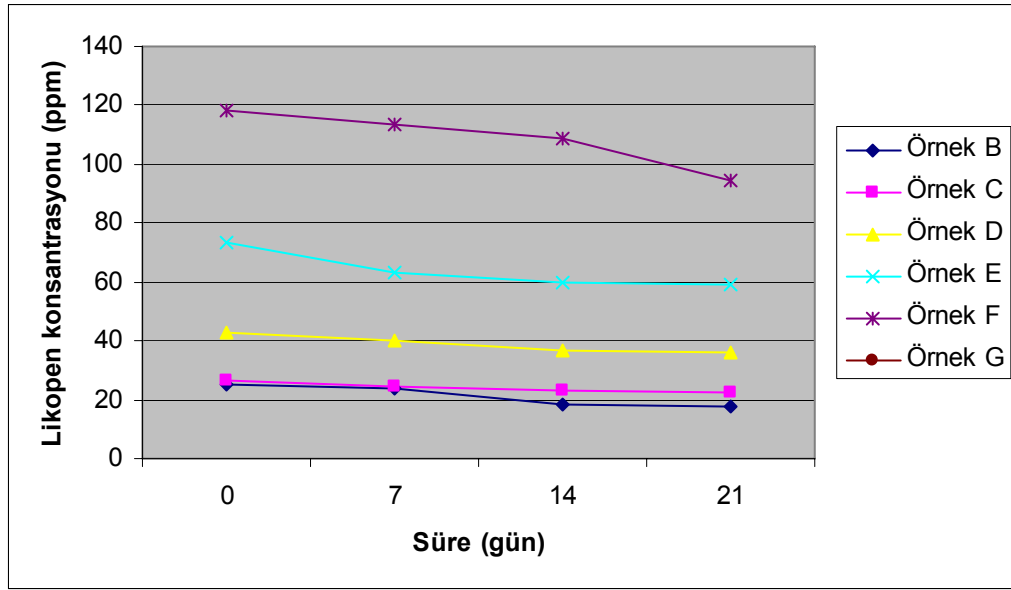
Çizelge 4.1. Örneklerin 0., 7., 14. ve 21. günlerdeki renk değerleri

Süre	Örnek	L	a	b	a/b
0. gün	A	86,08	-02,37	10,19	-0.2352
	B	71,24	17,39	47,11	0,3688
	C	70,22	17,44	49,26	0,3540
	D	62,99	18,32	49,10	0,3731
	E	64,74	16,77	47,58	0,3525
	F	66,06	19,48	50,49	0,3859
	G	62,00	17,21	48,22	0,3572
7. gün	A	80,17	-02,57	8,96	-0,2862
	B	70,87	17,06	46,55	0,3664
	C	66,73	17,55	48,05	0,3650
	D	63,05	18,07	48,64	0,3715
	E	64,19	16,68	49,70	0,3356
	F	64,71	18,68	49,70	0,3759
	G	59,64	16,12	46,04	0,3503
14. gün	A	83,18	-03,13	08,69	-0,3547
	B	73,55	15,12	41,51	0,3645
	C	64,30	16,77	43,52	0,3865
	D	61,79	17,60	44,18	0,3986
	E	66,87	16,41	45,65	0,3595
	F	66,08	18,10	49,85	0,3631
	G	63,63	17,79	50,45	0,3525
21.gün	A	88,67	-03,06	07,82	-0,3914
	B	63,25	14,95	43,10	0,3469
	C	63,25	17,11	44,82	0,3820
	D	60,12	17,75	45,15	0,3943
	E	64,90	18,29	47,82	0,3835
	F	60,08	18,83	52,79	0,3567
	G	62,09	19,35	51,07	0,3789

4.1.3. Likopen konsantrasyonu

Yenilebilir Sütü Buz Örneklerinde Likopen Konsantrasyonunda Değişim

Farklı başlangıç likopen konsantrasyonlarına sahip olan örneklerde HPLC ile belirlenen değişim değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.5’de verilmektedir.



Şekil 4.5. Örneklerin likopen konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

Çizelge 4.2. Örneklerin likopen konsantrasyonlarının süre ile değişimi

Örnek	Başlangıç (mg/Kg)	0. Gün (mg/Kg)	Kayıp* (%)	7. Gün (mg/Kg)	Kayıp* (%)	14. Gün (mg/Kg)	Kayıp* (%)	21. Gün (mg/Kg)	Toplam Kayıp (%)
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	43,7	25,3	42,1053	23,5	06,9620	18,4	02,8858	17,9	59,04
C	106,7	26,67	75,005	24,3	05,3296	23,0	02,7880	22,3	79,10
D	145,5	42,8	70,5842	40,0	08,1106	36,8	02,5860	35,8	75,40
E	203,7	73,6	63,8684	63,4	05,3695	60,0	01,1015	59,3	70,89
F	242,5	118,2	51,2577	113,2	04,2350	108,7	12,9404	94,6	60,99
G	291,0	161,9	44,3643	150,2	39,0336	91,6	02,0173	89,7	69,18

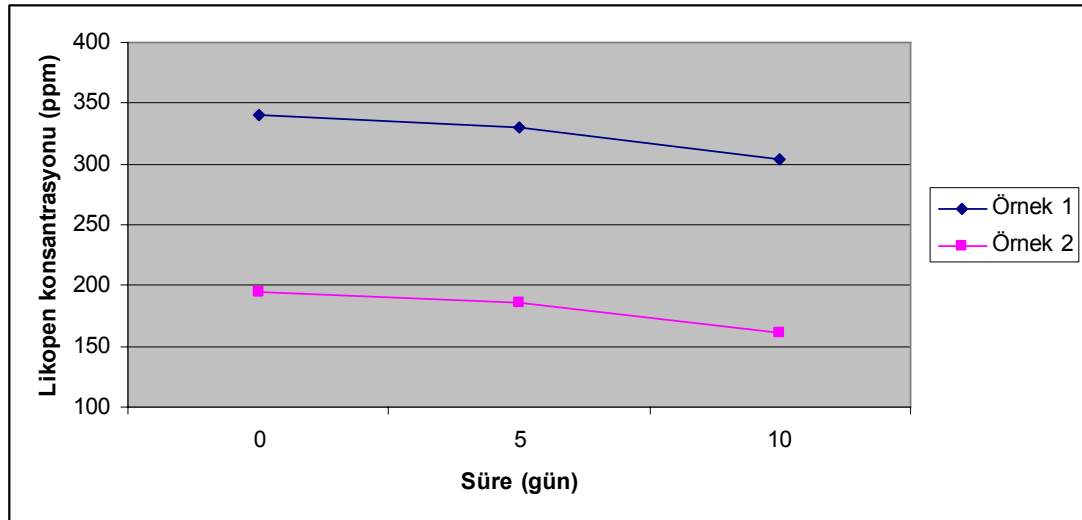
*: Kayıp % oranları, her seferinde bir önceki ölçüme göre değişim miktarı dikkate alınarak hesaplanmıştır. 0. gün ve Toplam kayıp için üretim sırasında kullanılan likopen miktarları dikkate alınmıştır.

Over Run İşlemi Uygulanmamış Yenilebilir Sıtlı Buz Mikslerinde Likopen Konsantrasyonunda Değişim

Yenilebilir sıtlı buz üretimi sırasında likopen kaybını araştırmak amacıyla hazırlanan, over run (hava ile hacim kazandırma işlemi) uygulanmamış örneklerdeki HPLC ile belirlenen likopen konsantrasyonun süre ile değişimi Çizelge 4.3 ve Şekil 4.6 'da verilmektedir.

Çizelge 4.3. Over run işlemi uygulanmamış yenilebilir sıtlı buz miksi likopen konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

Örnek	1. Gün	Değişim (%)	5. Gün	Değişim (%)	10. Gün	Toplam Kayıp (%)
Örnek 1	340,00	2,764	330,6	8,197	303,5	10,735
Örnek 2	194,00	4,175	185,9	13,609	160,6	17,216



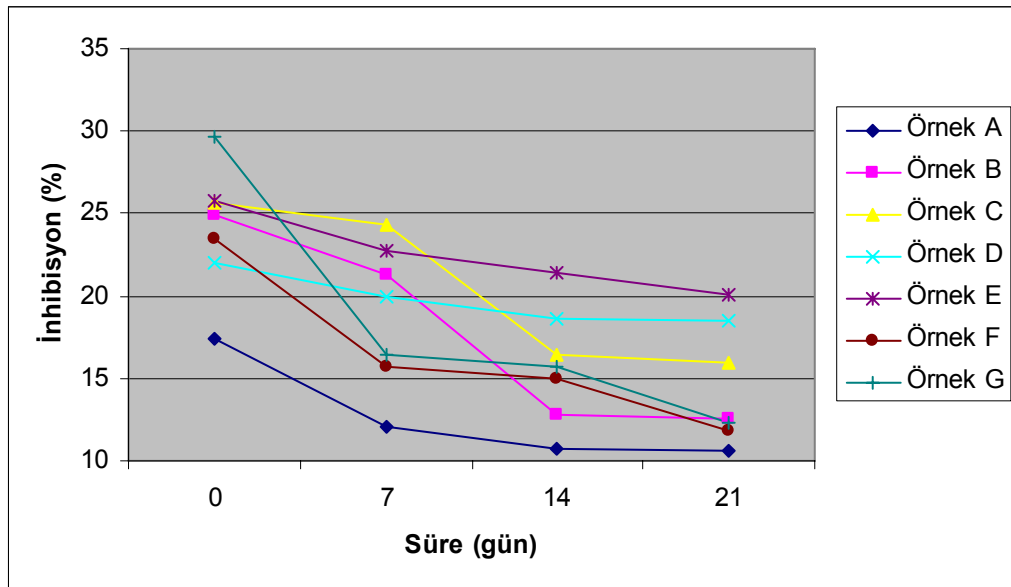
Şekil 4.6. Over run işlemi uygulanmamış yenilebilir sıtlı buz miksi likopen konsantrasyonlarının zamana bağlı değişimi

4.1.4. Antioksidan aktivite (DPPH metodu)

Yenilebilir sütlü buz numunelerinin antioksidan aktivitesi 2,2-diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) kullanılarak ölçülmüştür. Radikal yok etme aktivitesi DPPH radikalının yüzde (%) inhibisyonu olarak belirlenmiş ve bu değerler ile değerlerin süre ile değişimi Çizelge 4.4 ve Şekil 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.4. Örneklerin antioksidan aktivitelerinin süre ile değişimi

Örnek	0. Gün (%)	Değişim (%)	7. Gün (%)	Değişim (%)	14. Gün (%)	Değişim (%)	21. Gün (%)	Toplam Değişim (%)
A	17,46	-30,699	12,10	-11,487	10,71	-01,001	10,56	-39,52
B	24,91	-14,693	21,25	-39,765	12,80	-02,031	12,54	-49,66
C	25,62	-05,191	24,29	-32,359	16,43	-02,799	15,97	-37,67
D	22,01	-15,629	19,93	-06,823	18,57	-00,655	18,45	-16,15
E	25,81	-11,740	22,78	-05,926	21,43	-06,440	20,05	-22,32
F	23,53	-33,234	15,71	-04,965	14,93	-20,629	11,85	-49,64
G	29,60	-44,493	16,43	-04,687	15,66	-18,554	12,26	-58,58



Şekil 4.7 Örneklerin antioksidan aktivitelerinin süre ile değişimi

4.2 . Yorum ve Tartışma

4.2.1. Yorum

Bu araştırmada, domates karotenoidlerinden likopenin farklı oranlarda kullanılması ile üretilen yenilebilir sütlü buzun (ice cream) antioksidan aktivitesinin geliştirilmesi sonucu fonksiyonel gıda olarak üretilmesi ve yanı sıra likopenin bu üründe doğal bir renklendirici madde olarak kullanılması araştırılmıştır.

Pek çok dondurma ve yenilebilir buz çeşitlerinde doğala özdeş gıda renklendiricileri kullanılmaktadır. Gıda güvenliği ve beslenme açısından doğal gıda renklendiricilerinin bu ürünlerde kullanımı önem taşımaktadır.

Bulgulardan ortaya çıkan sonuçlar ve bu sonuçları esas alan öneriler aşağıda belirtilmiştir.

1. Yenilebilir sütlü buzların Şekil 4.1, 4.2, 4.3, ve 4.4 ile Çizelge 4.1’de görülen L, a, ve a/b değerleri stabilite göstermiştir. Örnek B, C, D, E, F ve G’nin 21. gün sonunda L renk değerleri sırasıyla %88,78, %90,07, %95,44, %100, %90,94, %100 ve ortalama %94,21 stabil kalmıştır. Örneklerin a renk değerleri ise yine sırasıyla %85,97, %98,11, %96,89, %91,69, %96,67, %88,94 ve ortalama %93,05 stabil kalmıştır. Çalışmada kullanılan en düşük likopen içeren Örnek B’nin rengi dahi, kabul edilebilir değerlere sahip ve stabildir. Bu nedenle *likopenin yenilebilir sütlü buzlar için doğal bir renklendirici olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.*
2. Örneklerdeki % inhibisyon değeri Çizelge 4.4’de de görülebileceği gibi, 0. gün için sırasıyla %17,46 , %24,91 , %25,62 , %22,01 , %22,01 , %25,81 , %23,53 ve %29,60 iken 21. günde bu değerlerin likopen oranındaki düşüş ile birlikte yine sırasıyla %10,56, %12,54 , %15,97 , %18,45 , %20,05 , %11,85 ve %12,26’ya düştüğü tespit edilmiştir. Kontrol örneği ile likopen içeren örnekler arasındaki % inhibisyon değeri farkı, likopenden kaynaklanan antioksidan aktivite artışı olarak değerlendirilmiştir. Likopen konsantrasyonunda düşüş ile birlikte antioksidan aktivitede de düşüş

gözlenmiştir. Bu bulgular, antioksidan aktivite kazandırmak için likopenin yenilebilir sütlü buzlarda kullanılabileceği ancak bu anlamda uzun ömürlü bir ürün elde edilemeyeceğini göstermektedir.

3. Örneklerin hazırlanması sırasında eklenen likopen miktarlarında önemli düşüş tespit edilmiştir. Örnek hazırlama sırasında kullanılan likopen miktarları ile 0. gün (hazırlama işleminin tamamlanmasının sona erdiği gün) tespit edilen likopen miktarları dikkate alındığında, tüm örneklerde %42,21 ile %75,00 arası düşüş tespit edilmiştir. Bu kaybın ana nedeninin örnek hazırlaması sırasında uygulanan ve endüstriyel bir işlem basamağı olan over run (hava ile hacim kazandırma) işleminden kaynaklandığı düşünülmektedir.
4. Hazırlanan örneklerin, uygun koşullarda saklanması sürecinin 0, 7, 14 ve 21. günlerinde yapılan analizler sonucunda belirlenen likopen konsantrasyonundaki değişim Çizelge 4.2’de de görülebileceği gibi, üretim sırasında gerçekleşene oranla çok daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Bu durumda, likopenin uygun saklama koşullarında daha stabil olduğu sonucuna varılmıştır.
5. Bu çalışma kapsamında over run işlemi uygulamadan yani hava ile hacim kazandırılmadan üretilen 194 ve 340 ppm’lik likopen içeriğine sahip ürünlerde likopen miktarı değişimi de incelenmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Çizelge incelendiği zaman 10. gün sonunda likopen konsantrasyonundaki değişimin 340 mg/kg’lık örnek için %10,735, 194 mg/kg’lık örnek için %17,126 ve ortalama %13,975 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, yenilebilir buz örneklerinin hazırlanmasında likopen kaybı üzerindeki en etkili işlem basamağının over run olduğu düşüncesini desteklemiştir.

4.2.2. Tartışma

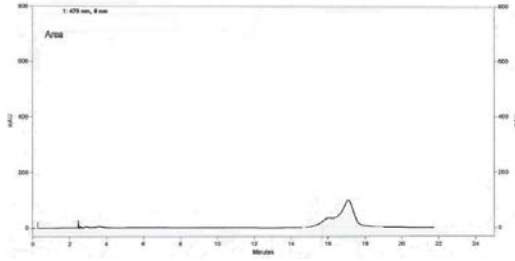
1. Likopen, dondurma ve yenilebilir sütlü buzlar için doğal renklendirici olarak kullanılabilir niteliktedir ve likopen miktarında düşüğe rağmen renkte ve renk değerlerinde belirli bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Örneklerin likopen içerikleri arasındaki fark, renk değerlerine aynı oranda yansımamıştır. Üretim

maliyeti nedeni ile 43,7 - 106,7 ppm aralığında likopen kullanımı renklendirici olarak optimum değer olarak önerilebilir.

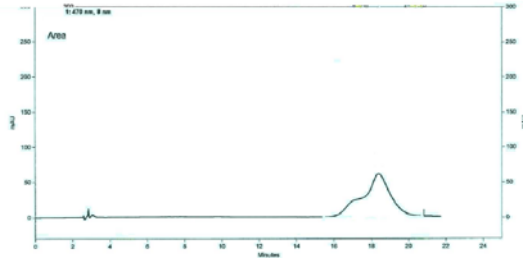
2. Yenilebilir sütlü buz üretimi sırasında uygulanmakta olan ürüne hacim kazandırma amaçlı over run işleminde, hava verilmesi ile likopen stabilitesi açısından problem yaşanması ve yüksek oranlarda kayıp yaşandığı, farklı başlangıç likopen içerikleri kullanılarak bu çalışma ile tespit edilmiştir. Antioksidan aktiviteye sahip diğer fonksiyonel gıda bileşenlerinin stabilize açısından likopen ile benzer hassasiyetlere sahip olması nedeni ile, bu sonucun ışığında bir genelleme yapılmasının mümkün olduğu söylenebilir. Over run (hacim kazandırma) işlemi yapılmayan likopen stabilitesinin çok daha yüksek seviyelerde olması, çalışmanın bulgularını doğrular niteliktedir. Likopen kayıplarının özellikle üretim sırasında gerçekleştiği, daha sonra depolama süreci boyunca daha stabil halde kaldığı belirlenmiştir.
3. Likopen kaybı veya bozunumu olarak adlandırabileceğimiz sürecin antioksidan aktivitede de gerilemelere neden olduğu tespit edilmiştir.
4. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda likopen kullanılarak antioksidan aktiviteye sahip dondurma ve yenilebilir buz üretimi için, antioksidan aktiviteye sahip bileşenin bazı çeşitlerde olduğu üzere kaplama uygulaması (örneğin çikolata kaplamalı ürünler) sırasında, kaplama maddesi aracılığıyla katılması yönünde uygulama ve araştırmalar yapılması gerekmektedir.
5. Likopen ilavesi yenilebilir sütlü buzda kararlı olarak tanımlanabilecek bir renk kazandırır iken antioksidan aktivitede ve likopen konsantrasyonunda aynı kararlılığın görülmemesi dikkat çekici ve üzerinde ileri çalışmalar yapılması gereken bir konudur.
6. Yine antioksidan aktiviteye sahip ve bu aktivitenin likopen kullanılarak sağlandığı ürün bileşimi yenilebilir sütlü buz ve/veya dondurma ile aynı olan ve üretim prosesi olarak sadece over run işlemi uygulanmamış yeni bir ürün türünün üretimi gerçekleştirilerek, bu ürünün antioksidan madde stabilitesi, antioksidan aktivite, duyu özellikler ve raf ömrü açılarından incelenmesi, bu çalışma bulguları ışığında önerilmektedir. Böyle bir ürün, hacim kazandırılmamış olması sonucu sahip olacağı yapı nedeni ile “Rigid Ice Cream” olarak adlandırılabilir.

EKLER

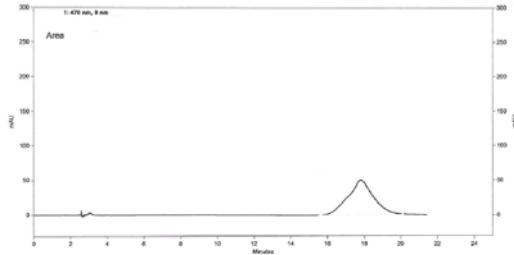
Ek 1. 43,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin (a) 0. gün, (b) 7. gün ve (c) 14. gün'e ait likopen kromatogramları,



(a)



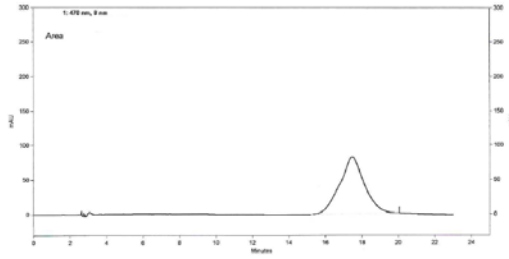
(b)



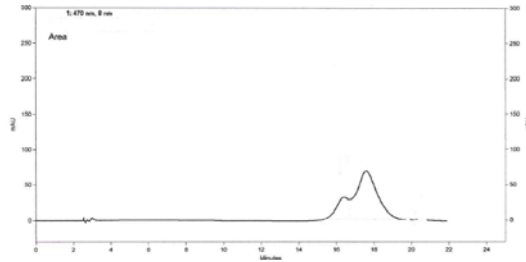
(c)

Şekil 1.1. 43,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin likopen kromatogramları
(a) 0. gün, (b) 7. gün, (c) 14. gün

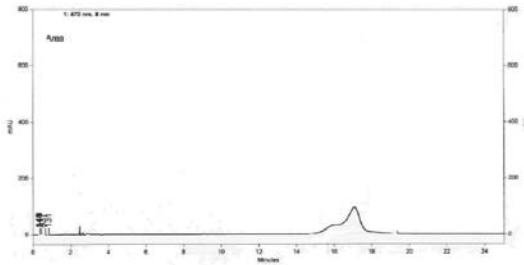
Ek 2. 106,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları,



(a)



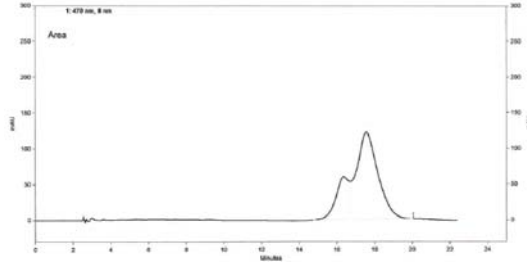
(b)



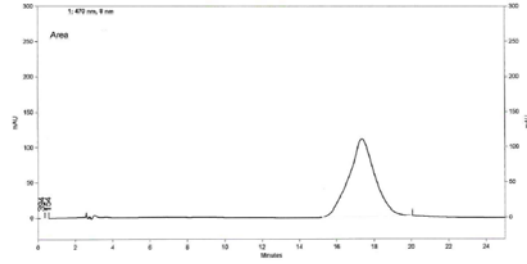
(c)

Şekil 2.1. 106,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin likopen kromatogramları
(a) 0. gün, (b) 14. gün, (c) 21. gün

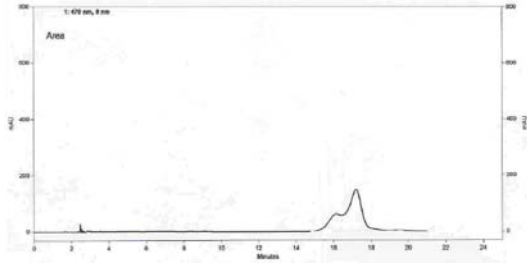
Ek 3. 145,5 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları,



(a)



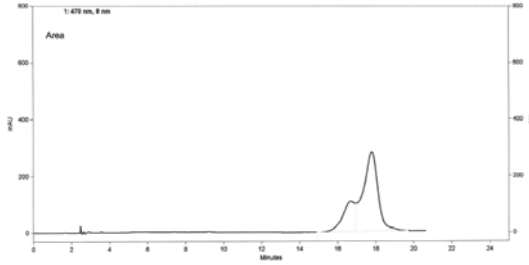
(b)



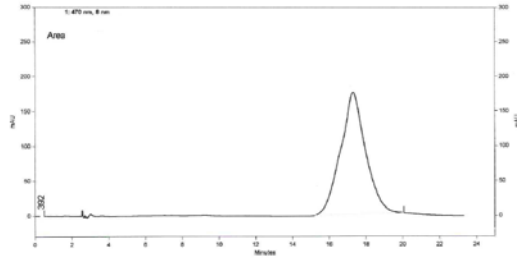
(c)

Şekil 3.1. 145,5 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin likopen kromatogramları
(a) 0. gün, (b) 14. gün, (c) 21. gün

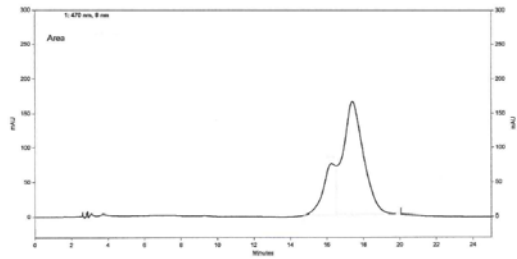
Ek 4. 203,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları,



(a)



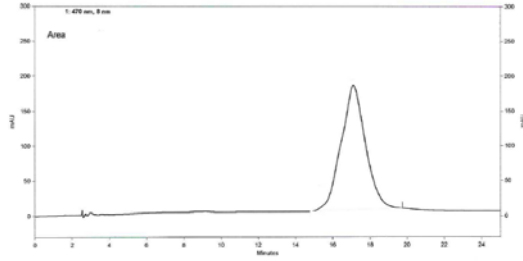
(b)



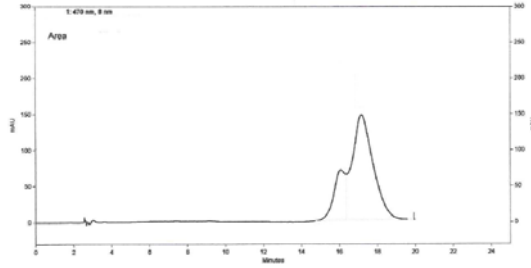
(c)

Şekil 4.1. 203,7 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin likopen kromatogramları
(a) 0. gün, (b) 14. gün, (c) 21. gün

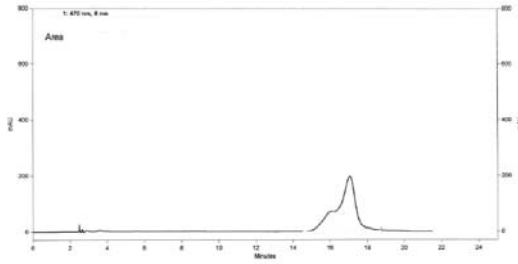
Ek 5. 242,5 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin (a) 0. gün, (b) 14. gün ve (c) 21. gün'e ait likopen kromatogramları,



(a)



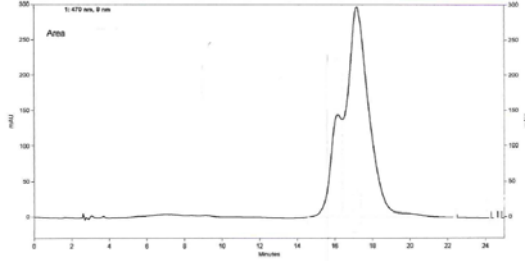
(b)



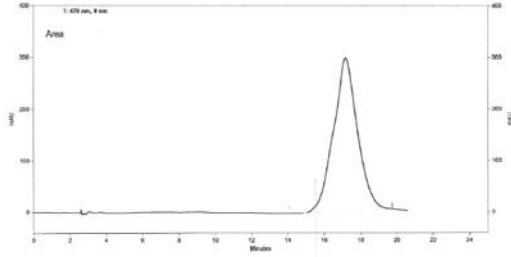
(c)

Şekil 5.1. 242,5 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin likopen kromatogramları
(a) 0. gün, (b) 14. gün, (c) 21. gün

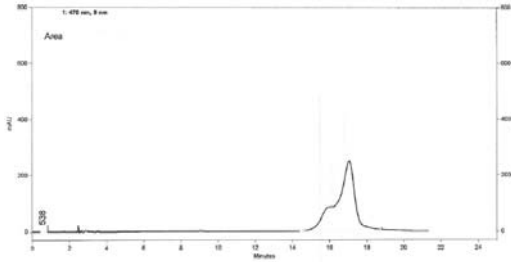
Ek 6. 291 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin (a) 0. gün, (b) 7. gün ve (c) 14. gün'e ait likopen kromatogramları,



(a)



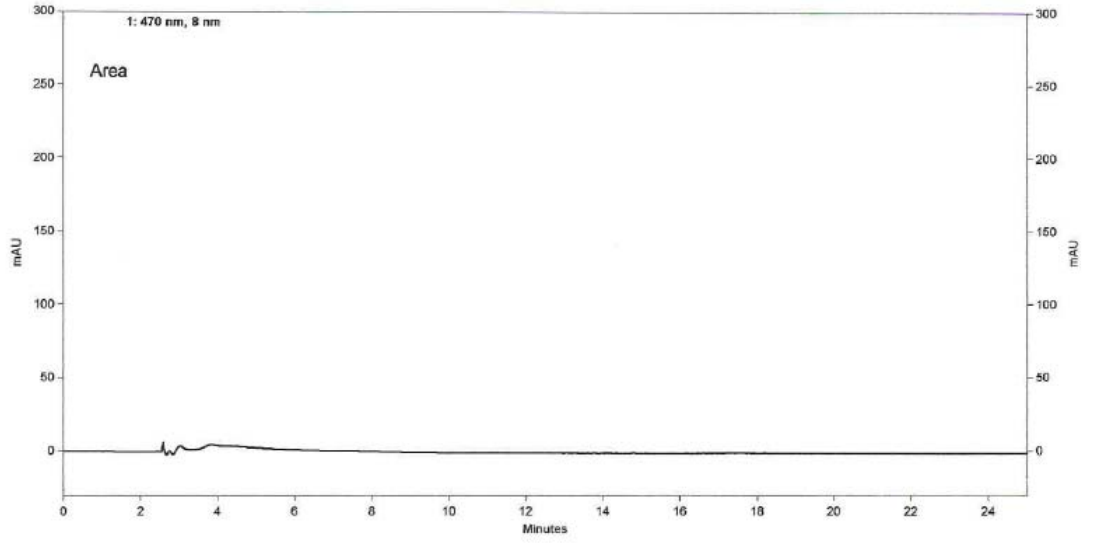
(b)



(c)

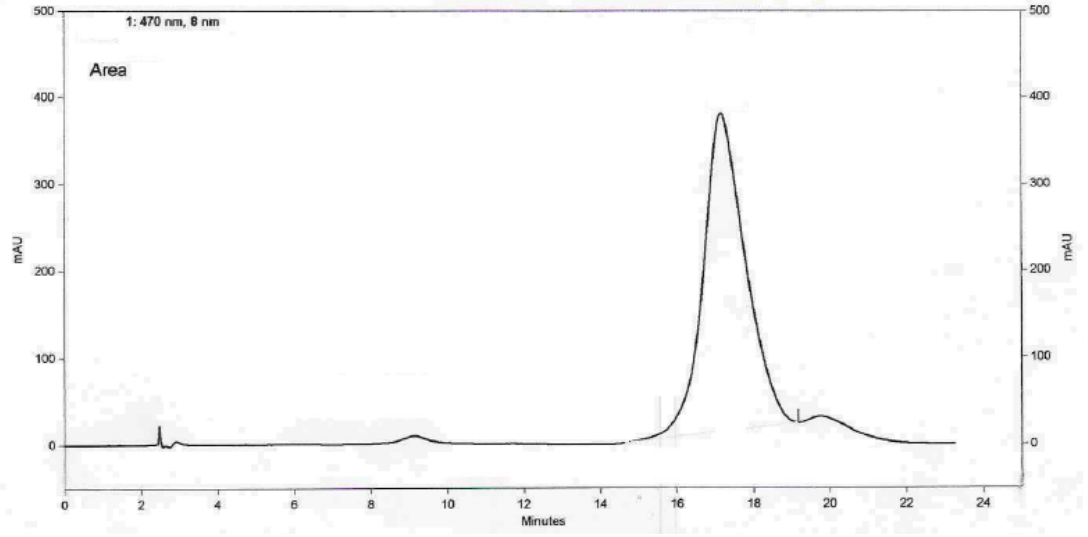
Şekil 6.1. 291 ppm başlangıç konsantrasyonlu örneğin likopen kromatogramları
(a) 0. gün, (b) 7. gün, (c) 14. gün

Ek 7. Kontrol (Örnek A) örneğine ait likopen kromatogramı



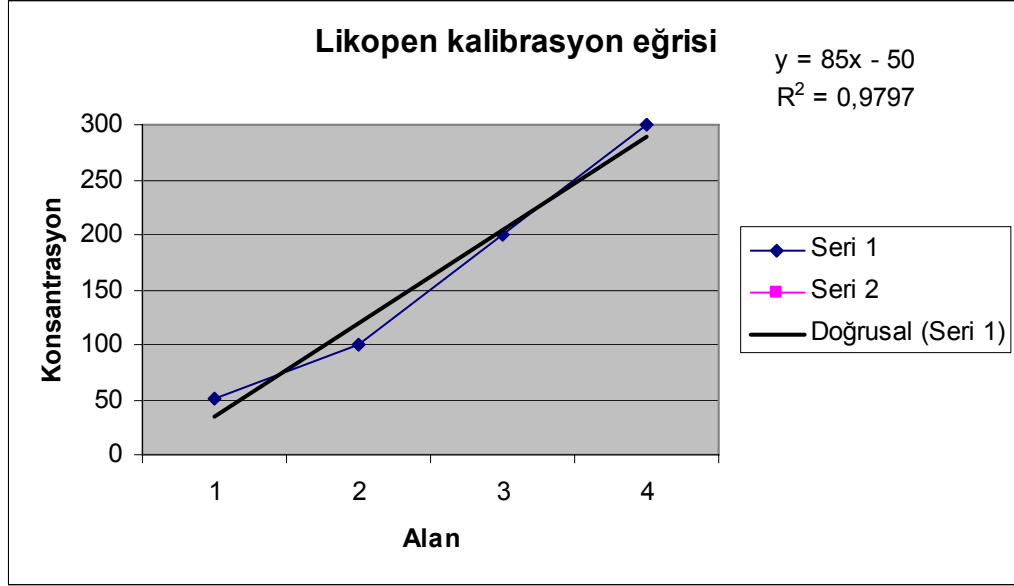
Şekil 7.1. Kontrol örneği likopen kromatogramı

Ek 8. Likopen standart maddesi (Sigma Aldrich) kromatogramı



Şekil 8.1. Likopen Standard maddesi kromatogramı

Ek 9. Likopen kalibrasyon eğrisi



Şekil 9.1. Likopen kalibrasyon eğrisi

KAYNAKLAR

- Abdille, M.H., Singh, R.P., Jayaprakasha, G.K., “Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits”, *Food Chem.*, 90 (4): 891-896 (2005).
- Açıkgöz, Z., Önenç, S.S. “Fonksiyonel yumurta üretimi”, *Hayvansal Üretim*, (47)1:36-46 (2006).
- Andreassi, M, Stanghellini, E, Ettore, A., “Antioxidant activity of topically applied lycopene”, *J Eur Acad Dermatol*, 18 (1): 52-55 (2004).
- Artik, N. “Chemical Composition of Wild Apricot Pulp”, *Flüssiges Obst. Fruit Procseing*, 5(93): 178-181 (1993).
- Aruoma, O. I., Cuppet, S. L., “ Antioxidant methodolgy in vivo and in vitro consept”. *AOCS Press*, Champaign, Illinois, 241 (1997).
- Arvanitoyannis, I.S., Houwelingen-Koukaliaroglou, M.V., “Funtional foods: A survey of health Claims, pros and Cons, and Current Legislation”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45:385-405 (2005).
- Augusti, P.R., Paula, R. , Conterato, G.M.M., “Effect of lycopene on nephrotoxicity induced by mercuric chloride in rats”, *Basic Clin Pharmacol*, 100 (6): 398-402 (2007).
- Başlı, G., “Bazı gıdaların antioksidan kapasitesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2-12 (2005).
- Bohm, V., Puptitasari-Nienbaer, N.L., Ferruzzi, M.G., Schwartz, S.J., “Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene and zeaxanthin”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 221-226 (2002).
- Britton, G., “Carotenoids, In: Natural Food Colorants. Hendry, G.A.F., Houghton, J.D. (eds), *Blackie and Sons Ltd.*, New York, 141-182 (1992).
- Britton, G. “Structure and properties of carotenoids in relation to function”, *FASEB Journal*, 9:1551-1558 (1995).
- Choksi, P.M., Joshi, V.Y., “A review on lycopene - Extraction, purification, stability and applications”, *Int J Food Prop.*, 10 (2): 289-298 (2007).
- Colditz, G.A., Branch, L.G., and Lipnic, R.J., “Increased green and yellow vegetable intake and lowered cancer death in an elderly population”, *Am. J. Clin. Nutr.*, 41: 32-36 (1985).

Cook, N.C., Samman, S., “Flavonoids,-Chemistry, metabolism cardioprotective effects, and dietary sources”, *Nutr. Biochem.*, 7: 66-76 (1996).

Corridan, B.M., O'Donohue, M.P., Morrissey, P.A., “Carotenoids and immune response in elderly people”, *Proc Nutr Soc*, 57: 3 (1998).

Curl, A.L., “The xanthophylls of tomatoes”, *J. Food Sci.*, 26:106–111 (1961).

Çakatay, U., Kayalı, U., “Serbest Radikal Biyokimyasının Tarihsel Süreçteki Gelişim”, *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 37: 162-167 (2006).

Davis, A.R., Fish, W.W., Perkins-Veazie, P., “A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content in tomato and tomato products”, *Postharvest Biology and Technology*, 28: 425-430 (2003).

Deming, D.M., Erdman, J.W., “Mamalian carotenoid absorption and metabolism”, *Pure and Applied Chemistry*, 71: 2213-2223 (1999).

Di Mascio, P., Murphy, C., Ullrey, E., Chenoweth, W., Michelakis, A., Malone, W., Boone, C., Fink, G., “Bioavailability of β -carotene in humans”, *American Journal of Clinical Nutrition*, 48:298-304 (1988).

Dietmar, E.B., Bamedi, A., “Carotenoid esters in vegetables and fruits: A svreening with emphasis on β -cryptoxantnthin esters”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 2064-2067 (2001).

Dimitrov, N.V., Meyer, C., Ullrey, E., Chenoweth, W., Michelakis, A., Malone, W., Boone, C., Fink, G., “Bioavaliability of β -carotene in humans”, *American Journal of Clinical Nutrition*, 48: 298-304 (1988).

Duthei, G.G., Wahle, KW.J., James, W.P.T., “Oxidants, antioxidants and cardiovascularidisease”, *Nutrition Research Reviews*, 2:51-62 (1989).

Ekşi, A., “Bilimsel ve yasal açıdan gıdaların fonksiyonelliği”, *Gıda Kongresi*, İzmir, 6-12 (2005).

Ellnain-Wojtaszek, M, Kruczyniski, Z, Kasprzak, J., “Investigation of the free radical scavenging activity of Ginkgo biloba L. leaves”, *Fitoterapia*, 74 (1-2): 1-6 (2003).

Erdman, J.W., Fahey, G.C. and White, C.B., “Effect of purified dietary fiber sources on β -carotene utilization by the chick”, *J. Nutr.*, 116: 2415–2423 (1986).

Estrella, A., Lopez,-Ortiz, J.F., Cabri, W., Rodriguez-Otero, C., Fraile, N., Erbez, A.J., Espartero, J.L., Carmona,-Cuenca, I., Chaves, E., Munoz-Ruiz, A., “Natural lycopene from Blakeslea trispora: All trans lycopene thermochemical and structural properties”, *Thermochimica Acta*, 417: 157-161 (2004).

Farr, D.R., “Fuctional foods”, *Cancer Letters*, 114:59-63 (1997).

Fornelli, F., Leone, A., Verdesca, I., Minervini, F., Zacheo, G., “The influence of lycopene on the proliferation of human breast cell line (MCF-7)”, *Toxicology in Vitro*, 21: 217–223 (2007).

Franceschi, S., Bidoli, E., La Vecchia, C. Talamini, R., D’Avanzo, B. and Negri, E., “Tomatoes and risk of digestive-tract cancers”, *Int. J. Cancer*, 59: 181–184 (1994).

Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., and Willett, W.C., “Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer”, *J. Natl. Cancer Inst.*, 87: 1767–1776 (1995).

Gould, W.V., “Tomato Production, Processing and Technology”, *MD: CTI Publ*, Baltimore, 215-216 (1994).

Heinonen, M.I., Ollilainen, V., Linkola, E.K., Varo, P.T., Koivistoinen, P.E., “Carotenoids in Finnish Foods: Vegetables, fruits and berries”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37: 655-659 (1989).

Helyes, L., Lugasi, A., Pek, Z., “Analysis of antioxidant compounds and hydroxymethylfurfural in processing tomato cultivars”, *Hort Technology*, 16 (4): 615-619 (2007).

Hughes, D.A., “Dietary antioxidants and human immune function”, *Nutrition Bulletin*, 25:35-41 (2000).

İnternet: Israel Life Science Institue “A guide to analysis in foods”, <http://www.ilsa.org/publications> (2001).

İnternet: National Centre for Agri-Food Research in Medicine “An Introduction to Functional Foods, Nutraceuticals and Natural Health Products”, <http://www.sbrca.ncarm/introfuncfoods.htm> (2002).

İnternet: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı “Yenilebilir Buzlu Ürünler Tebliği” <http://www.kkgm.gov.tr/TGK/Tebliğ/2005-43.html> (2007)

Jiménez-Colmenero, F., J.Carballo, S. Cofrades., “Healthier meat and meat products: their role as functional foods”, *Meat Science*, 59: 5-13 (2001).

Joye K. Willcox, J.K., Catignani, G.L., Lazarus, S., “Tomatoes and Cardiovascular Health”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43 (1): 1-18 (2003).

Kalt, W. “Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants”, *Journal of Food Science*, 70:11-19 (2005).

Karakaya, S., Yilmaz, N., “Lycopene content and antioxidant activity of fresh and processed tomatoes and in vitro bioavailability of lycopene”, *J Sci. Food Agr.*, 87 (12): 2342-2347 (2007).

Koca, N., Karadeniz, F., “Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve antioksidan savunma sistemler”, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 16: 32-37 (2003).

Kohlmeyer, L., Kark, J.D., Gomez-Gracia, E., “Lycopene and myocardial infarction risk in the EUROMIC study”, *Am J Epidemiol*, 146: 618–626 (1997).

Konings, E.J.M., Romans, H.H.S., “Evaluation and validation of an LC method for the analysis of carotenoids in vegetables and fruit”, *Food Chemistry*, 59: 599-603 (1997).

Korhonen, H., “Technology options for new nutritional concept”, *International Journal of Dairy Technology*, 55(2): 79-87 (2002).

Krinsky, N.I., Russet, M.D., Hendelman, G.J. Snadderly, D.M., “Structural and geometrical isomers of carotenoids in human plasma”, *Journal of Nutrition*, 120:1654-1661 (1990).

Levy, J., Bosin, E., Feldman, B., “Lycopene is a more potent inhibitory of human cancer cell proliferation than either alpha-carotene or beta-carotene”, *Nutr Cancer*, 24: 257–266 (1995).

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

Lurie, S., Handros, A., Fallik, E. and Shapira, M., “Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature”, *Plant Physiol*, 110: 1207–1214 (1996).

Marriott, B.M., “Functional foods: An ecologic perspective”, *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(suppl): 1728-1734 (2000).

Martinez-Ferrera, M., Verghese, M., Walker, L.T., Shackelford, L., Chawan, C.B., Jhala, N., “Lycopene reduces azoxymethane-induced colon tumors in Fisher 344 rats”, *Nutrition Research*, 26: 84–91 (2006).

McCollum, J.P., “Distribution of carotenoids in the tomato”, *Food Res.*, 20: 55-59 (1955).

McKevith, B., “A carrot a day to keep cancer away”, *Nutrition Bulletin*, 30: 117-119 (2005).

Nguyen, M. and Schwartz, S., “Lycopene: chemical and biological properties”, *Food Technol.*, 53(2): 38–45 (1999).

Norrish, A.E., Jackson, R.T., Sharpe, S.J., Skeaff, C.M., "Prostate cancer and dietary carotenoids", *American Journal of Epidemiol.*, 151: 119–123 (2000).

Oliver, J., Palou, A., "Chromatographic determination of carotenoids in foods", *Journal of Chromatography A*, 881: 543-555 (2000).

Olson, J.A., "Absorption, transport and metabolism of carotenoids in humans", *Pure and Applied Chemistry*, 66: 1011-1016 (1994).

Omoni, A.O., Aluko, R.E., "The anticarcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review", *Trends in Food Science and Technology*, 16: 344-350 (2005).

Parker, R.S., "Absorption, metabolism and transport of carotenoids", *FASEB Journal*, 10, 542, 551 (1996).

Poel, J., Hyötyläinen, T., Rontala-Aho, O., Riekkola, M., "Determination of lycopene in food by on-line SFE coupled to HPLC using a single monolithic column for trapping and separation", *Journal of Chromatography A*, 1052: 25-31 (2004).

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

Properties Affected by Food Processing", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1):1–42 (2000).

Rao, A.V., Fleshner, N., Agarwal, S., "Serum and tissue lycopene and biomarkers of oxidation in prostate cancer patients: a case-control study", *Nutr Cancer*, 33: 159–164 (1999).

Rao, A.V., Rao, L.G., "Carotenoids and human health", *Pharmacological Research*, 55: 207–216 (2007).

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

Riso, P. and Porrini, M., "Determination of carotenoids in vegetable foods and plasma", *Intl. J. Vit. Nutr. Res.*, 67: 47–54 (1997).

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

Sarıbay, M.U., "Domates salçasının raf ömrünün belirlenmesi", Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-5 (2004).

Schieber, A, Carle, R., “Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications”, *Trends Food Sci Tech.*, 16 (9): 416-422 (2005) .

Schierle, J., Bretzel, W., Buhler, I., Faccin, N., Hess, D., Steiner, K. and Schuep, W., “Content and isomeric ratio of lycopene in food and human blood plasma”, *Food Chem.*, 59(3): 459–465 (1996).

Schuurman, A.G., Goldbohm, R.A., Dorant, E., “Vegetable and fruit consumption and prostate cancer risk: a cohort study in The Netherlands”, *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 7: 673–680 (1998).

Schwartz, S.J., Patroni-Killam, M., “Detection of cis-trans carotene isomers by twodimensional thin-layer and high-performance liquid chromatography”, *J. Agric. Food Chem.*, 33: 1160–1163 (1985).

Scolastici, C., Alves de Lima, R.O., Barbisan, L.F., Ferreira, A.L, Ribeiro, D.A., Salvadori, D.M.F., “Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells”, *Toxicology in Vitro*, 21: 840–845 (2007).

Shahidi, F., “Natural Antioxidants: Sources, Effects and Applications”, *Canada* 6: 291-9 (2000).

Sharma, S.K. and Le Maguer, M., “Lycopene in tomatoes and tomato pulp fractions” *Intl. J. Food Sci.*, 2: 107–113 (1996).

Shi, J., Le Maguer, M., “ Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical Properties Affected by Food Processing”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1):1–42 (2000).

Shi, J., Le Maguer, M., “Stability of lycopene bioactivity in tomato dehydration”, *Proceeding of Industrial Application*, Valencia, Spain 234-245 (1999).

Shi, J., Qu, Q., Kakuda, Y., Xue, S. J., Jiang, Y., Koided, S., Shim, Y., “Investigation of the antioxidant and synergistic activity of lycopene and other natural antioxidants using LAME and AMVN model systems”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 603–608 (2007).

Shi, J., Yu, J., Phoroly, J.E. and Kakuda, Y., “Polyphenolics in grape seeds- biochemistry and functionalty”, *J Med Food*, 6: 291-9 (2003).

Shixian, Q., Dai, Y., Kakuda, Y., Shi, Y., Mittal, G., Young, D., Jiang, Y., “Synergistic Anti-Oxidative Effects of Lycopene with Other Bioactive Compounds”, *Food Reviews International*, 21: 295-311 (2005).

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

Stacewicz-Sapuntzakis, M., Bowen, P. E., “ Role of lycopene and tomato products in prostate health”, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1740: 202– 205 (2005).

Stahl, W. and Sies, H., “Perspectives in biochemistry and biophysics”, *Arch. Biochem. Biophys.*, 336(1): 1–9 (1996).

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

Su, Q., Rowley, K.G., O’Dea, K. “Stability of individual carotenoids, retinal and tocopherols in human plasma during exposure to light and after extraction”, *Journal of Chromatography B*, 729, 191-198 (1999).

Tappel, A., “Heme of consumed red meat can act as a catalyst of oxidative damage and could initiate colon, breast and prostate cancers, heart disease and other diseases”, *Medical Hypotheses*, 68: 562–564 (2007).

Uylaşer, V., “ Salça üretim aşamalarına göre bakteri ve maya florasındaki değişim”. Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 2-8 (1996).

Vasapollo, G., Lango, L., Rescio, L., Ciurlia, L., “Innovative supercritical CO₂ extraction of lycopene from tomato in the presence of vegetable oil as co-solvent”, *Journal of Supercritical Fluids*, 29: 87-96 (2004).

Velioğlu, S., “Doğal antioksidanların insan sağlığına etkileri”, *Gıda*, 25 (3): 167-176 (2000).

Von Elbe, J.H., Schwartz, S.J., “Colorants. In Food Chemistry”, Ed. Fennema, O.R. *Marcel Dekker Inc.*, New York, 651-672 (1996).

Wang, H., Cao, G., Prior, R. L., “Total antioxidant capacity of fruits”, *J. Agric. Food Chem.*, 44: 701-705 (1996).

Wertz, K., Siler, U., Goralczyk, R., “Lycopene: modes of action to promote prostate health”, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 430: 127–134 (2004).

Zhang, L.X., Cooney, R.V. and Bertram, J.S., “Carotenoids up-regulate connexin-43 gene expression independent of their provitamin A or antioxidant properties”, *Cancer Res.*, 52: 5707–5712 (1992).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KONAR, Nevzat
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 20.07.1974 Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 596 11 58
 Faks : 0 (312) 316 30 48
 E-mail : konar@agri.ankara.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /İleri Teknolojiler ABD	2007
Lisans	Ege Üniversitesi/ Gıda Müh. Böl.	1998
Lise	Yıldırım Beyazıt Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998 – 2002	Kral Gıda A.Ş.	Mühendis
2002 – 2004	Metro AG	Kalite Sağlama Uzm.
2004 -	Ankara Üniversitesi	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar