

**SAF HATLARDAN ELDE EDİLEN DOMATES
(*Lycopersicum esculentum*) ÇEŞİTLERİNDE
BİYOAKTİF BİLEŞENLERİN BELİRLENMESİ
VE ÖN ISIL İŞLEM SIRASINDAKİ DEĞİŞİMİ**

RÜVEYDE AK

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
MAYIS-2014**

**SAF HATLARDAN ELDE EDİLEN DOMATES
(*Lycopersicum esculentum*) ÇEŞİTLERİNDE
BİYOAKTİF BİLEŞENLERİN BELİRLENMESİ
VE ÖN ISIL İŞLEM SIRASINDAKİ DEĞİŞİMİ**

RÜVEYDE AK

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE**

**MERSİN
MAYIS - 2014**

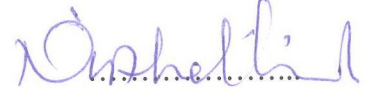
Rüveyde AK tarafından Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE danışmanlığında hazırlanan "Saf Hatlardan Elde Edilen Domates (*Lycopersicum esculentum*) Çeşitlerinde Biyoaktif Bileşenlerin Belirlenmesi ve Ön Isıl İşlem Sırasındaki Değişimi" başlıklı bu çalışma aşağıdaki imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ



Prof. Dr. Nüzhet İkbal TÜRKER



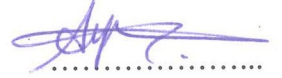
Doç.Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN



Yrd.Doç.Dr. Salih AKSAY



Yrd.Doç.Dr.Aylin ALTAN METE



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09/06/2014 tarih ve 2014.13/362 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN
Enstitü Müdürü



SAF HATLARDAN ELDE EDİLEN DOMATES (*Lycopersicum esculentum*) ÇEŞİTLERİNDE BİYOAKTİF BİLEŞENLERİN BELİRLENMESİ VE ÖN ISIL İŞLEM SIRASINDAKİ DEĞİŞİMİ

Rüveyde AK

ÖZ

Bu çalışmada, Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü gen havuzu saf hatlarından elde edilen yeni nesil domates çeşit ve renklerinin antioksidan aktivite, karotenoidler (likopen, β -karoten), fenolik asitler (klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit ve rutin trihidrat), L-askorbik asit ve şeker miktarları üzerine etkisi araştırılmıştır. Kullanılan domates çeşitleri salkım, kiraz ve beef türü ve bunların kırmızı, sarı, turuncu ve kahverengi renkleridir. Ayrıca, bu domateslerden kırmızı, turuncu ve kahverengi renklerdeki salkım domates çeşitlerine mikrodalga (600 W, 2 dk) ve suda (90 °C, 5 dk) ön ısıl işlemler uygulanmış, ısıl işlemin enzim aktivitesi, likopen, β -karoten ve askorbik asit üzerine etkisi incelenmiştir. Domates örneklerinin antioksidan aktivitesi 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) yöntemi ile karotenoidler, fenolik asitler, askorbik asit ve şeker miktarları ise yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemiyle belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre antioksidan aktivite, karotenoidler, L-askorbik asit, fenolik asitler ve şeker miktarı, domates çeşit ve renk değişkenlerinden önemli derece etkilenmiştir. Domates çeşitlerinin antioksidan aktivite değerleri %27.2 - %5 arasında, likopen miktarı yaş bazda 40.5 mg/kg - 0.001 mg/kg, β -karoten miktarı 8.2 mg/kg - 0.8 mg/kg, L-askorbik asit miktarı 273.8 mg/kg - 135.6 mg/kg ve toplam şeker miktarı 49.3 mg/kg - 26.3 mg/kg değerleri arasında bulunmuştur. Antioksidan aktivite, likopen, β -karoten ve askorbik asit miktarı en fazla kırmızı, en az da sarı renkli domateslerde tespit edilmiştir. Ancak fenolik asitler domateslerin tür ve rengine bağlı olarak farklı miktarlarda belirlenirken, L-askorbik asit en yüksek kırmızı kirazda, en düşük ise kırmızı beef domates çeşidinde olduğu bulunmuştur. Domateslerin L-askorbik asit miktarı ısıl işlem sonrasında önemli miktarda kayba uğramıştır. Bu kaybın suda uygulanan ısıl işlemde daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Isıl işlem likopen miktarını artırmıştır. Mikrodalga ve suda uygulanan ısıl işlemin β -Karoten içeriği üzerine etkisi domates renklerine göre değişiklik göstermiştir. β -Karoten miktarı, kırmızı domateste mikrodalga ile yapılan ısıl işlemde etkilenmezken, turuncu renkli domateslerde kayba uğramıştır. Suda yapılan ısıl işlem kırmızı ve turuncu domateslerin β -karoten miktarının azalmasına sebep olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Domates, biyoaktif bileşenler, mikrodalgada ve suda ısıl işlem
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aylın ALTAN METE, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

**DETERMINATION OF BIOACTIVE COMPONENTS OF TOMATO
(*Lycopersicum esculentum*) VARIETIES OBTAINED FROM PURE LINE AND
CHANGES DURING PRE-HEAT TREATMENT**

Rüveyde AK

ABSTRACT

In this study, the effects of variety and color of tomatoes, obtained from pure breeds in tomato gene pool of Alata Horticultural Research Station Directorate gene pool pure lines, on antioxidant activity, carotenoids (lycopene, β -carotene), phenolic acids (chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid and rutin trihydrate), L-ascorbic acid and sugar content were investigated. Three different tomatoes varieties (cluster, cherry and beef) with their red, yellow, orange and brown color were studied. Moreover, The microwave (600 W, 2 min) and water bath pre-heat treatments (90 °C, 5 min) were applied to red, orange and brown color of cluster tomatoes. The effect of heat treatments on enzyme activity, lycopene, β -carotene and L-ascorbic acid was investigated. Antioxidant activity of tomatoes was analyzed by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) method, while carotenoids, phenolic acids, ascorbic acid and sugar content were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) method. According to the results, antioxidant activity, carotenoids, L-ascorbic acid, phenolic acids and sugar contents were significantly affected by the tomato varieties and colors. Antioxidant activity, lycopene content, β -carotene, L-ascorbic acid, total sugar content on a wet basis of tomato varieties were found between 27.2% - 5%, 40.5 mg/kg - 0.001 mg/kg, 8.2 mg/kg - 0.8 mg/kg, 273.8 mg/kg - 135.6 mg/kg and 49.3 mg/kg - 26.3 mg/kg, respectively. The maximum amount of antioxidant activity, lycopene, β -carotene and ascorbic acid was obtained for red tomato and the least amount of antioxidant activity, lycopene, β -carotene and ascorbic acid was obtained in yellow color type tomatoes. However, different amounts of phenolic acids were determined depending on the type and color of tomatoes, the maximum amount of L-ascorbic acid was found in red cherry tomato, the least amount was found in the red beef tomato. L-ascorbic acid content of the tomatoes was significantly decreased after heat treatment. High ascorbic acid losses were observed in water heat treated samples. Heat treatment increased the amount of lycopene. Microwave and heat treatment in water effects on the β -carotene contents were varied according to the tomato color. The amount of β -carotene was not affected by microwave treatment, however the amount of β -carotene decreased in orange tomatoes. Heat treatment in water caused the reduction of the β -carotene content in red and orange color tomatoes.

Keywords: Tomato, bioactive compounds, microwave and heat treatment in water

Advisor: Asst. Prof. Aylin ALTAN METE, Mersin University, Department of Food Engineering

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının hazırlanmasında büyük emeği olan, tez çalışmamın her aşamasında bilgileriyle beni yönlendiren, bilimsel ve manevi açıdan bana her konuda yardımcı olan değerli tez hocam Yrd. Doç. Dr. Aylin ALTAN METE'ye en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana emeği geçen, sundukları imkanlardan ve yardımlarından dolayı tez çalışmam sırasında her birinin büyük katkılarını gördüğüm başta değerli Bölüm Başkanı Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ ve değerli bütün bölüm hocalarıma ve ayrıca yüksek lisans tez çalışmalarımı sürdürdüğüm Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne,

BAP-SBE-GMB (RA) 2012-8 YL nolu yüksek lisans tez projesi ile destekleyen ME. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Bu çalışmanın Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Mersin İl Gıda Kontrol Müdürlüğü ve Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü ortak proje çalışmasında emeği geçen bütün arkadaşlarıma,

Tez çalışmalarımda bana her zaman destek veren Mersin İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğünde çalışan arkadaşım Dr. Sadise Ayşe YILDIRIM'a ve yardımlarından dolayı Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü çalışanlarından Dr. İhsan CANAN ve Dr. Aylin OLUK'a,

Bütün çalışmalarımnda sevgilerini her daim hissettiğim eşim Erdiñç AK ve kızım Zeynep AK'a, üzerimde büyük emek sahibi olan annem Aypirin AŞI ve babam Ekrem AŞI ile bana her zaman destek olup hep yanımda olan değerli kayınvalidem Zeynep AK ve kayınpederim Salih AK'a en içten ve sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. DOMATESTE BULUNAN BİYOAKTİF BİLEŞENLER	4
2.1.1. Karotenoidler.....	5
2.1.2. Antioksidan Aktivite.....	11
2.1.3. Fenolik Asit.....	13
2.1.4. L-Askorbik Asit.....	16
2.1.5. Şeker.....	18
2.1.6. Enzimatik Aktivite.....	19
2.3. DOMATESİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ	21
2.4. DOMATESE UYGULANAN ISIL İŞLEMİN ETKİSİ	24

3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1.MATERYAL.....	30
3.1.1. Kimyasallar.....	31
3.2. YÖNTEM.....	31
3.2.1. HPLC ile Karotenoid Madde Analizi.....	31
3.2.2. Antioksidan Aktivite Analizi.....	34
3.2.3. HPLC ile L-askorbik Asit Analizi.....	35
3.2.4. HPLC ile Fenolik Asit Analizi.....	36
3.2.5. HPLC ile Şeker Analizi.....	38
3.2.6. Peroksidaz Enzim Aktivitesi.....	39
3.2.7. Mikrodalgada Isıl İşlem.....	40
3.2.8. Suda Isıl İşlem.....	41
3.2.9. İstatiksel Analiz.....	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.1. DOMATESLERİN LİKOPEN VE β -KAROTEN MADDE DAĞILIMI.....	45
4.2. DOMATESLERİN ANTIOKSIDAN AKTİVİTENİN BELİRLENMESİ.....	50
4.3. DOMATESLERDE L-ASKORBIK ASİT MİKTARI.....	52
4.4. DOMATESLERİN FENOLİK MADDE DAĞILIMI.....	55
4.5. DOMATESLERİN ŞEKER MİKTARI.....	61
4.6. ISIL İŞLEM.....	64

4.6.1. Peroksidaz Enzim Aktivitesi	65
4.6.2. L-Askorbik Asit	65
4.6.3. Likopen.....	67
4.6.4. β -karoten.....	69
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3. 1. Biyoaktif özelliklerin analizlerinde kullanılan domates kodları.....	31
Çizelge 3. 2. Isıl işlem analizlerinde kullanılan domates kodları.....	31
Çizelge 4.1. Domates çeşit ve renklerinin domatesteki antioksidan maddeler ve şeker miktarına olan etkisi.....	44
Çizelge 4.2. Isıl işlem prosesi ve domates renk değişkenlerinin domatesin L-askorbik asit, likopen ve β -karoten üzerine etkisi.....	44
Çizelge 4.3. Kırmızı salkım, turuncu salkım ve kahverengi salkım domatesin ısıl işlem görmemiş, mikrodalgada ve suda ısıl işlem sonrası enzim aktivite değerleri.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. α -, β -, γ -karotenoid grupların şekli ve A Vitamini (Retinol) molekülü.....	7
Şekil 2.2. Likopenin kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.3. Likopenin geometrik izomerleri.....	8
Şekil 3.1. Analizlerde kullanılan kırmızı, sarı, turuncu ve kahverengi renkli domates çeşitleri.....	30
Şekil 3.2. Karotenoid madde ekstraksiyon analizinde kullanılan homojenizatör ve ayırma hunileri.....	32
Şekil 3.3. Karotenoid madde ekstraksiyon analizinde kullanılan ayırma hunileri...33	33
Şekil 3.4. Karotenoid madde analizinde kullanılan rotary evaporatör.....	33
Şekil 3.5. Antioksidan aktivite analizinde kullanılan santrifüj.....	34
Şekil 3.6. Fenolik asit analizinde kullanılan geri soğutucu ve santrifüj.....	36
Şekil 3.7. Fenolik asit analizinde hazırlanan fenolik asit standartları ve domates ekstraktları.....	36
Şekil 3.8. Fenolik asit analizinde kullanılan HPLC cihazı.....	37
Şekil 3.9. Şeker analizinde kullanılan HPLC cihazı.....	39
Şekil 3.10. Enzim aktivitesi analizinde kullanılan spektrofotometre.....	40
Şekil 3.11. Mikrodalgada haşlama analizinde kullanılan laboratuvar ölçekli mikrodalga.....	41
Şekil 4.1. Kırmızı salkım domates ekstraktındaki likopen ve β -karoten piklerini gösteren kromatogram.....	45
Şekil 4.2. Domateslerde bulunan likopen miktarları (mg/kg).....	46
Şekil 4.3. Domateslerde bulunan β -Karoten miktarları(mg/kg).....	48
Şekil 4.4. Domateslerde bulunan antioksidan aktivite değerleri (%).....	51
Şekil 4.5 Kırmızı beef ekstraktındaki L-askorbik asit pikini gösteren kromatogram.....	53

Şekil 4.6. Domateslerde bulunan L-askorbik asit miktarları (mg/kg).....	53
Şekil 4.7 Domateslerde tespit edilen klorojenik asit miktarları (mg/kg).....	56
Şekil 4.8 Domateslerde tespit edilen kafeik asit miktarları (mg/kg).....	57
Şekil 4.9 Domateslerde tespit edilen ferulik asit miktarları (mg/kg).....	59
Şekil 4.10 Domateslerde tespit edilen rutin trihidrat miktarları (mg/kg).....	60
Şekil 4.11 Domateslerde tespit edilen glukoz miktarları (mg/kg).....	62
Şekil 4.12 Domateslerde tespit edilen fruktoz miktarları (mg/kg).....	62
Şekil 4.13 Domateslerde tespit edilen toplam şeker (mg/kg) miktarları.....	64
Şekil 4.14. Kontrol domates (K), mikrodalgada ısıl işlem (M) ve suda ısıl işlem (S) uygulanmış kırmızı, turuncu ve kahverengi salkım domateslerde L-askorbik asit miktarları (mg/kg).....	67
Şekil 4.15. Kontrol domates (K), mikrodalgada ısıl işlem (M) ve suda ısıl işlem (S) uygulanmış kırmızı, turuncu ve kahverengi salkım domateslerde likopen miktarları (mg/kg).....	68
Şekil 4.16. Kontrol domates (K), mikrodalgada ısıl işlem (M) ve suda ısıl işlem (S) uygulanmış kırmızı, turuncu ve kahverengi salkım domateslerde β -karoten miktarları (mg/kg).....	71

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

BHT	: Bütilendirilmiş hidroksi toluen
Bki-A2	: Kırmızı beef domates
Bs-S11	: Sarı beef domates
Bt-6	: Turuncu beef domates
DPPH	: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
E	: Enzim
GC-MS	: Gaz kromatografisi
He	: Enzim ekstraktının hacmi
HPLC	: Yüksek performans sıvı kromatografisi
Hrk	: Reaksiyon karışımı
ICAM	: İnterselüler adezyon molekülü
K	: Kontrol domates
Kka-32	: Kahverengi kiraz domates
Kka-27	: Kahverengi salkım domates
Kkai-32	: Kahverengi beef domates
Kki-12A	: Kırmızı kiraz domates
KOH	: Potasyum hidroksit
Ks-S3	: Sarı kiraz domates
Kt-37	: Turuncu kiraz domates
M	: Mikrodalgada ısıtılmış domates
ODS	: Oktadesilsilan
ORAC	: Oksijen radikali absorban kapasitesi
PAL	: Fenilalanin amonyak-lijaz
PEF	: Vurgulu elektrik alan
POD	: Peroksidaz enzimi
PPO	: Polifenol oksidaz enzimi
RSM	: Yüzey tepki metodu
S	: Suda ısıtılmış domates
Sf	: Seyreltme faktörü

Ski-2D	: Kırmızı salkım domates
Ss-S1	: Sarı salkım domates
St-27	: Turuncu salkım domates
TEAC	: Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite
UV	: Ultraviyole
VCAM	: Vasküler adezyon molekülü

1. GİRİŞ

Domates (*Lycopersicum esculantum*), patlıcangiller (*Solanaceae*) ailesinden gelen bir yıllık otsu bitki türüdür. Toplam ekili alan, üretim ve ticaret açısından, Türkiye’de yaş sebze grubunun en önemli ürünlerinden birini oluşturmaktadır. Türkiye domates üreticiliğinde ABD ve Çin’den sonra dünyada 3. sırada yer almaktadır. Botanik bakımdan domatesler meyvedir ancak diğer tatlı meyvelerin aksine hafif buruk ve asidik bir tadı vardır. Dünyada patatesten sonra en çok tüketimi olan domatesin (*Lycopersicum esculantum*) salkım, kokteyl, cherry, beef ve plum gibi tipleri bulunmaktadır. Bu domates tiplerinin de kırmızı, sarı, turuncu, yeşil, mor veya kahverengi renkleri olabilmektedir. Domates çeşitleri saf hat gen havuzlarından elde edilen tohumlarla yetiştirilmektedir. Günümüzde marketlerde değişik renkte ve tipte domatesler yer almaktadır. Bu domateslerin biyoaktif bileşen özellikleri ise hala tam olarak bilinmemektedir. Bu çeşitlerin bazıları gıda endüstrisinde kullanılmakta ve proses sonrasındaki içerik değişimleri de yeni araştırma konusu olmaktadır. Domateslerin salkım, kiraz ve beef türlerinin kırmızı, sarı, turuncu ve kahverengi değişik renk ve tür özelliğinin yanında içeriklerindeki biyoaktif bileşenlerinin de incelenmesi hedeflenmiştir.

Domates, gıda endüstrisinde püre, sos, salça ve domates suyu üretiminde de sıklıkla kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde domateslerin kabuklarının daha kolay soyulabilmesi, taşınma, depolama veya proses sırasındaki kayıpların önlenmesi için domatese ön ısıl işlem veya ön haşlama işlemi uygulanmaktadır. Böylece enzimlerden kaynaklanan bozulma ve tekstürdeki değişimler kısmen azaltılmaktadır. Bunun yanı sıra ön ısıl işlem, domatesteki duyuşsal ve kimyasal değişiklikleri de azaltmaktadır. Günümüzde suda haşlama, buharlı püskürtme ve mikrodalga ile çeşitli şekillerde ön ısıl işlemler uygulanmaktadır. Isıl işlemler, domatesin buruk tadını ve asitliğini yumuşatmakta ve domatesin zengin tatlılığını ortaya çıkarmaktadır.

Düzenli domates ve ürünlerinin kullanımı, içerdiği antioksidan maddeler, karotenoidler ve fenolik asitler gibi biyoaktif bileşenlerinden dolayı insanlarda bazı

kanser ve kalp rahatsızlıklarını gidermekte ve insan sağlığı üzerine birçok önemli etkilere neden olmaktadır.

Bu çalışma ile hem yeni türden elde edilerek yetiştirilen domates ürünlerinin biyoaktif özelliklerinin bilgilerinin eklenmesi hem de ısıl işlemde geçen domates ürünlerinin ön ısıl işlem sonrası sonrasındaki likopen, β -karoten, L-askorbik asit ve enzim aktivitelerindeki değişim bilgilerinin literatüre kazandırılması hedeflenmiştir. Elde edilen bulgulara göre sağlık açısından önemli antioksidan içeriği fazla olan çeşidin geliştirilebilmesi için gerekli ıslah başlangıç materyallerini oluşturulması ve bu araştırma ile elde edilen verilerin domatese özgü bileşim tablolarının oluşturulmasına da katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca karakterizasyonu kısmen belli olan, gen havuzunda bulunan bu değişik özelliklerdeki domates çeşitlerinin üzerine artı yeni karakterizasyon özelliklerinin eklenmesi planlanmıştır.

Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü’nde bulunan saf hatlardan oluşan gen havuzunda yer alan domateslerden yeni domates çeşitleri elde edilmiştir. Gen havuzunda bulunan yüksek likopen ve β -karoten içeriğine sahip domates çeşitlerinden 12 tanesi seçilip bunların antioksidan aktiviteleri, karotenoid içeriği, fenolik asit, L-askorbik asit ve şeker miktarları belirlenmiştir. Gıda endüstrisinde proseslerde domatesin kuru madde ve likopen içeriği en yüksek olanların tercih edilmesinden dolayı likopen içeriği yüksek olan 3 domates çeşidinde suda ısıl işlem ve mikrodalga yöntemiyle ön ısıl işlemler uygulanmıştır. Isıl işlemlerden sonra domates çeşidinin veya çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ısıl işlem sırasındaki değişimleri belirlenmiştir. Suda ısıl işlem uygulaması ile ilgili bazı çalışmalar olsa da mikrodalgada ısıl işlem prosedürüne literatürde fazla rastlanılmamaktadır. Saflaştırılarak geliştirilen yeni çeşit domateslere mikrodalgada ısıl işlem sonrası biyoaktif bileşenlerindeki değişimler incelenmiştir.

Saf gen havuzundaki daha önce biyoaktif bileşen özellikleri bilinmeyen renkli ve farklı domates çeşitlerinin likopen ve β -karoten içeriği ile antioksidan aktivite, L-askorbik asit, fenolik asit, şeker içeriklerinin belirlenmesi ve ısıl işlemle biyoaktif bileşen değişimlerinin incelenmesi bu çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır.

Domatesle ilgili çeşitli araştırma, yayın ve tez konuları vardır ancak Türkiye Akdeniz bölgesinde üretilen bu yeni çeşit ve renklerdeki domates çeşitlerine ait besinsel içerik bilgilerine ve ısıl işlem uygulamasından sonraki kaliteleri ve karakterizasyon değişimleri hakkındaki bilgilere rastlanılmamıştır. Bu araştırmanın sonuçlarının en önemli amacı, yeni çeşit domatesler için veri kaynağı oluşturmaktır. Bu çalışmayla saf gen havuzundaki domates çeşitlerinin karotenoid, antioksidan aktivite, L-askorbik asit, fenolik asit ve şeker içeriklerinin belirlenerek sağlık açısından önemli biyoaktif bileşimi fazla olan çeşitlerin geliştirilmesi için başlangıç materyallerinin oluşturulmasına katkı sağlayarak elde edilen verilerin domateslere özgü bileşim tablolarının oluşturulmasına katkıda bulunması hedeflenmektedir.

Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü’nde geliştirilen saf hatlardan oluşan gen havuzundaki 12 domates çeşidi materyal kaynağı olarak kullanılmıştır. Antioksidan aktivite, karotenoid, L-askorbik asit ve şeker analizleri Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü’nde gerçekleştirilmiştir. Fenolik asit, enzim aktivitesi ile mikrodalga ve suda ısıl işlem prosesi ve analizleri ise Mersin İl Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü’nde yapılmıştır.

2.KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. DOMATESTE BULUNAN BİYOAKTİF BİLEŞENLER

Domates meyvesinin ortalama %7'si kuru maddedir ancak çeşitli faktörlere bağlı olarak bu içerik yüzdesi değişmektedir. Domates pulplarıyla çalışan birçok araştırmacı refraktif indeks ile toplam kuru madde miktarı arasında bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Domatesteki kuru madde içeriği mevsimsel olarak değişmektedir ve genellikle sonbaharda bu oran daha yüksek olmaktadır. Domatesin yapısında karotenoidler, flavon ve flavonoidler, vitaminler, mineraller ve şeker bulunmaktadır [Erge, 2007].

Domatesin olgunlaşması sırasında likopen biyosentezi, kloroplastların kromoplastlara dönüşümü sonucunda hızla artmaktadır. Kırmızı olgun domateste biriken temel karotenoidler likopen (~%90), β -karoten (%5-10), lutein (%1-5) ve eser miktarda bulunan (<%1) diğer bazı karotenoidlerdir. Koyu kırmızı ve portakal renginin, likopen ve β -karoten gibi pigmentlerden kaynaklandığı bilinmektedir. Domates gelişimi ve olgunlaşması sırasında birçok metabolik reaksiyonlara maruz kalmakta ve bu reaksiyonlar da meyvenin son bileşim yapısını oluşturmaktadır. Bu reaksiyonlar çevresel ve genetik faktörlerden etkilenmekte ve ayrıca bitki hücreleri kompartımanında yer alan hormonlar ile düzenlenmektedir. Domates yapısındaki organik asitler, çözünür şekerler, aminoasitler, pigmentler ve aroma maddelerinde meydana gelen değişimler domatesin tat, aroma ve lezzetini etkilemektedir. Olgun domateslerde, meyve yumuşamasında, klorofil parçalanmasında, solunum hızında, etilen üretiminde ve ayrıca asitlerin, şekerlerin ve likopen sentezinde artış olduğu belirtilmektedir [Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010].

Domatesin farklı dokularındaki metabolitler ve antioksidanların incelendiği bir çalışmada, farklı antioksidanların gelişim evrelerinde gösterdiği değişimlerin de farklı olduğu ve domatesin farklı dokularında farklı antioksidanların birikme eğiliminde olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmanın içeriğinde önemli flavonoidlerden naringenin, domatesin pembe evresinde en yüksek değerde olduğu gözlemlenirken,

rutin, rutin apiozit, naringenin, likopen ve C vitamininin domatesin epidermis dokularında daha yoğun olduğu violaksantin ve luteinin ise domatesin vasküler eklenti bölgesinde daha fazla olduğu tespit edilmiştir [Moco vd., 2006].

Başka bir çalışmada ise ham yeşil domatesin perikarp ve pulp kısmında yüksek düzeyde klorojenik asit bulunduğu bildirilmektedir. Domatesin rengi yeşilden pembeye sonra da kırmızıya döndüğünde, domatesteki klorojenik asit seviyesinin hızlıca azaldığını ve ayrıca hidrosinamik asit miktarının da bununla beraber azaldığını tespit edilmiştir. Buna benzer diğer çalışmalarda da klorojenik asit, *p*-kumarik asit ve rutin gibi bazı antioksidanların miktarının, domatesin farklı olgunluk aşamalarında değiştiği tespit edilmiştir [Buta ve Spaulding, 1997].

Rutin miktarının ve domateste az bulunan serbest haldeki kuersetinin yeşil domateste maksimum seviyelerdeyken meyvenin olgunlaşması sırasında azaldığı bildirilmektedir. Ayrıca, *p*-kumarik asit glukozit, domatesin sadece pulp kısmında bulunmakta ve meyvenin rengi yeşilden pembeye dönerken maksimum değerlere ulaşmaktadır. Ancak daha sonraki domatesin gelişim evrelerinde *p*-kumarik asit glukozit miktarında hiçbir değişme görülmediği bildirilmektedir. Klorojenik asit ve rutin miktarındaki değişimler auksin (indol-3-asetik asit) metabolizmasındaki değişimlere benzediği bu nedenle, meyvenin olgunlaşması sürecinde rutin ve klorojenik asidin auksin metabolizmasında regülatör olarak rol oynadıkları düşünülmektedir. Narincenin konsantrasyonunun domatesin ilk aşamasında arttığını fakat olgunlaşmanın son aşamalarında hafif azaldığını tespit etmişlerdir. Narincenin, domatesin kutikular membranında biriktiği rapor edilmiştir [Raffo ve Shahidi vd., 2010].

2.1.1. Karotenoidler

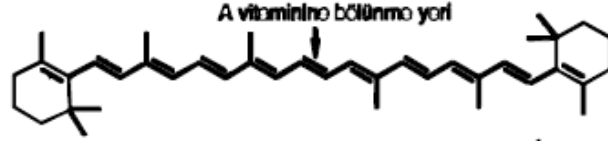
Karotenoid bileşiklerin iskelet yapısını, 5 karbonlu 8 izoprenoid ünitesinin yan yana dizilmesi ve 40 karbonlu merkezi bir iskelet oluşturmaktadır [Acar, 1998].

Kırmızı ve sarı tonlardaki renge sahip olan karotenoidler hemen hemen tüm yüksek bitkilerde, bir çok mikroorganizmada, kırmızı ve yeşil algler ile fotosentetik bakterilerde, mantarlarda ve hayvanlar aleminin bütün familyalarında değişik miktarlarda bulunmaktadır. Güçlü antioksidan aktivitesi ve gıdalara renk vermesinin yanı sıra bir kısmının provitamin A aktivite özelliğine sahip olmasından dolayı uzun zamandır araştırmacıların ilgisini çekmekte ve yoğun bir şekilde araştırılmaya devam edilmektedir [Ötleş, 1997].

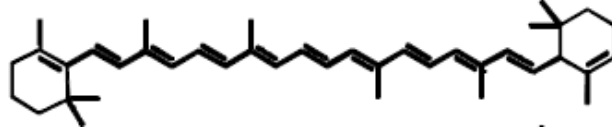
Karotenoid gruplar bağırsaklarda yağlar aracılığıyla absorbe edilmektedir. Bağırsaklardaki bitki membranlarından serbest kalan karotenoidlerin emilimini ve biyoyararlılığını; gıdanın matriksi, intraselüler yerleşimi, fizikokimyasal özellikleri, diğer karotenoidlerle interaksyonu, diyet yağı varlığı, proses, ısı uygulaması ve oksidasyon gibi faktörler ile iklim faktörleri, toprağın özellikleri ile suyun yapısı gibi dış etkenler canlı varlıkların hayatlarını etkilemektedir [Castenmiller ve West, 1998].

Karotenler veya karotenoidler tetraterpenlerdir. Karotenoidlerde α -, β -, γ - olmak üzere üç tür karotenoid yapı vardır. Domateslerdeki β -karoten molekülü tam orta yerinden bölünerek iki tane vitamin A (retinol) molekülünü meydana getirmektedir (Şekil 2.1). Domatesteki diğer önemli karotenoid olan likopen düz zincirli, 13 adet çift bağlı ve 211 tane geometrik konfigürasyonu bulunmaktadır [Shao and Hathcock, 2007]. Kırmızı sebze ve meyvelerde bulunan likopen doymamış bir tetraterpendir (Şekil 2.2) [Altınışık, 2014].

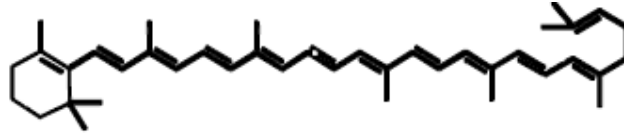
Vücudumuzda β -karoten ve diğer karotenoidler provitamin A olarak adlandırılan retinole dönüşmektedir. β -karoten, yaklaşık 50 farklı karotenoidlerden en yüksek provitamin A aktivitesine sahip özelliktedir. Bu durumun nedeni yapısındaki 2 adet β -iyonon olmasından kaynaklanmaktadır [Erge, 2007].



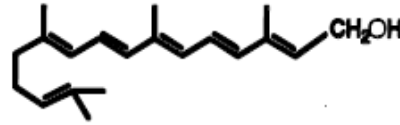
β -karoten (Molekülün iki ucunda iki siklohekzan halkası, 11 çift bağ konjuge)



α -karoten (Molekülün iki ucunda iki siklohekzan halkası, 10 çift bağ konjuge)

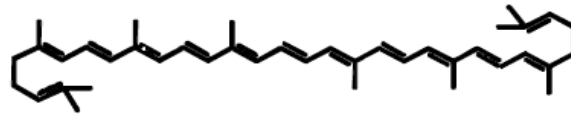


γ -karoten (Molekülün bir ucunda bir siklohekzan halkası, 11 çift bağ konjuge)



A Vitamini (Retinol)

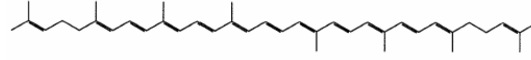
Şekil 2.1. α -, β -, γ -karotenoid grupların şekli ve A vitamini (Retinol) molekülü [Altınışik, 2014].



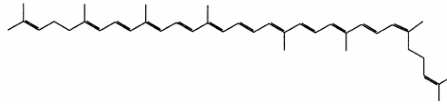
Şekil 2.2. Likopenin kimyasal yapısı

Karotenoidler, domatesin kalite kriterini belirleyen ve tüketici için önem arz eden çok önemli bir biyoaktif bileşen grubudur. Ancak karotenoid bileşen grubu çok sayıda çift bağa sahip olduklarından proses ve depolama sırasında oksidasyon, izomerizasyon ve diğer kimyasal reaksiyonlara da oldukça hassastırlar [Odrizola-Serrano vd., 2009]. Karotenoidler, doğada yaygın olarak *all-trans* formunda bulunmaktadır ve likopen ile β -karoten yapılarındaki çok fazla sayıda çift bağ

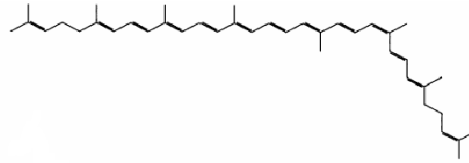
içermeleri nedeniyle, oksidasyona aşırı duyarlıdırlar. Oksidasyon hızını artıran başlıca etkenler; hava, ışık ve ısıdır. All-*trans* karotenoidler de ısı, ışık ve kimyasal izomerizasyona oldukça duyarlıdırlar. Sebze ve meyvelerdeki likopen ve β -karoten değişimine neden olan diğer önemli bir reaksiyon da, *trans-cis* izomerizasyon yapısıdır [Cemeroğlu, 2004]. Likopenin all ve *trans* formları Şekil 2.3’te yer almaktadır [Ferruzzi, 1998].



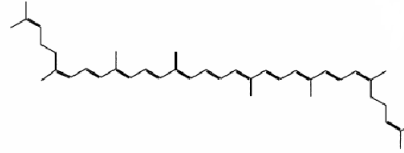
Trans-likopen



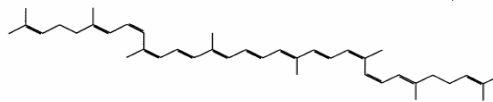
5-cis- likopen



9-cis- likopen



5,5c- cis- likopen



7,9,7c,9c- (prolikopen)

Şekil 2.3. Likopenin geometrik izomerleri [Ferruzzi, 1998]

Domatesteki likopen miktarı domates çeşidine ve olgunluk durumuna göre değişmektedir. Domatesteki likopenin ham yeşil ve rengin hafif pembeye döndüğü evrelerde sırasıyla 10 ve 370 µg/100g; sert kırmızı dönemde 4600 µg/100g; ileri olgun evrede ise 7050 µg/100g olarak belirlendiği aktarılmaktadır [Omoni ve Aluka, 2005]. Domates ürünlerinin işlenmesi ve depolanması ile likopenin parçalanması oksidasyona uğramasından ve yapılarındaki çift bağlardan kaynaklanmaktadır. Gıdanın ve sebzenin dokularındaki fiziksel yaralanma veya ekstraksiyon gibi işlemlerle karotenoidlerin oksidasyona duyarlılığını arttırmaktadır [Von Elbe ve Schwartz, 1996].

Domateslerde bulunan başlıca karotenoidler β-karoten, α-karoten, β-kriptoksantin, α-kriptoksantin, lutein, zeaksantin, violaksin, neoksantin, anteraksin ve likopendir [Oliver ve Palou, 2000]. Domatesteki en yüksek karotenoid grubunu likopen oluşturmaktadır. Değişik geometrik izomer yapılarıya sahip olan likopen teorik olarak 11 adet konjuge çift bağ içermektedir. Doğada trans formunda bulunmakta ancak depolama ve proses işlemlerinden sonra trans formundan cis formuna dönüşmektedir. Domatesin antioksidan aktivite özelliği göstermesi ve aşırı hidrofobik yapısı, içerdiği konjuge çift bağ ve uzun zincir şeklindeki asitlikten kaynaklanmaktadır [Lee ve Chen, 2002].

Günümüzde içerdiği yüksek orandaki likopen nedeniyle domatesin önemi de giderek artmaktadır. Yapılan çalışmalarda domatesteki yüksek orandaki likopenin, diğer karotenoidlere kıyasla yüksek antioksidan kapasitesine sahip olması, prostat kanseri oluşumunu engellemesi ve özellikle yaşlanmayı geciktirmesi likopenin önemini arttırmaktadır. Domatesin gelişimi sırasında, karotenoidler üzerine birçok faktör etkili olmasına rağmen en çok likopen artışı domatesin olgunlaşması sırasında gerçekleşmektedir. Şimdiye kadar doğada 600’den fazla karotenoid tanımlanmıştır. İnsanların genel olarak bunlardan sadece 40 tanesini düzenli diyetle tükettiği tespit edilmiştir [Kopsell ve Kopsell, 2006].

Domatesteki karotenid grubunun %80-90’nını likopen oluşturmaktadır. Domatesteki en baskın karotenoid grubundan olan likopen, tekli oksijen grubunu

yakalayarak en yüksek antioksidan kapasiteye sahip olma özelliğindedir. Özellikle insanlardaki epitelyal kanser hücre grubunun gelişimini inhibe ederek insanların bağışıklık sistemini arttırdığı ve prostat kanserine çok iyi geldiği belirtilmektedir. Likopenin prostat, akciğer ve mide kanserlerine, pankreas, kolon, rektum, yemek borusu, ağız boşluğu, göğüs ve rahim kanserleriyle, kalp hastalıkları gibi birçok hastalığa iyi geldiği ve yaşlılarda bağışıklık sistemini de güçlendirdiği belirtilmektedir [Oluk vd., 2012].

Likopenin yağ içeren gıdalarla tüketilmesinin veya domatese uygulanan ısıl işleminin, parçalama işlemlerinin, karotenoidlerin biyoyararlılığını arttırmaktadır. Yağda ısıtılan domateslerdeki likopen absorpsiyonunun, işlem görmemiş domates suyundakine göre daha fazla olduğu ve bu absorpsiyon artışının yağda ısıtma ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca diğer karotenoidlerin ortamda varoluşunda likopeninin biyoyararlılığının arttığı bildirilmektedir. Safra asidinin oluşumu, likopenin bağırsak mukozasında hücre tarafından emilimini arttırmaktadır. Safra asidi üretiminin diyetle alınan yağ ile teşvik edilmesi, likopenin yağ içeren gıdalarla tüketilmesi sonucunda absorpsiyon artışı ile açıklanmaktadır [Castenmiller ve West, 1998].

Yağda çözünen karotenoidlerin absorpsiyonu diyet yağı ile bağırsakta gerçekleşmektedir. Bu absorpsiyonun, karotenoidlerin pasif difüzyon yolu ile ince bağırsak mukozası tarafından absorbe edilmesinden kaynaklanmaktadır. Karotenoidler, ince bağırsak mukozası tarafından alınarak şilomikronlara taşınmaktadır. Oysaki ksantofiller, yağ asidi esterleri mukoza tarafından alınmadan önce ince bağırsak lümeninde parçalanmaktadır. β -karoten ve diğer provitamin A karotenoidler, ince bağırsakta temel olarak retinil esterlere ve kısmen de A vitaminine dönüşmektedir. Karotenoidler ve retinilesterler şilomikronlarla birleşmekte ve karaciğere taşınmak üzere lenfte tutulmaktadır [Krinsky ve Johnson, 2005].

Diğer bir çalışmada likopenin biyoyararlılığının taze domatese göre kıyaslandığında, prosesten geçen domateslerde daha fazla olduğu belirtilmektedir. Isıl işlem görmüş domateslerden alınan likopen serum konsantrasyonunun, taze domates tüketiminden alınandan daha çok olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem veya domatesi parçalama işleminin karotenoidin sıkı bağlarını parçalayarak biyoyararlılığını arttırdığına inanılmaktadır [Gartner vd., 1997].

Değişik rutubet içeriğindeki domates pulplarının farklı sıcaklıklarda iken likopen miktarlarının değiştiği ve değişik rutubet içeriğine bağlı olarak likopen degradasyonlarının da düştüğü tespit edilmiştir. Domates rutubet içeriğinin likopen degradasyon kinetik sıcaklığına bağlı reaksiyon sabitiyle birinci dereceden bir tepkime olduğu ve bu etkilerin logaritmik sabit, sıcaklık ve nem içeriği arasında lineer bir ilişkiden kaynaklandığı belirtilmektedir [Goula vd., 2006].

2.1.2. Antioksidan Aktivite

Canlı organizmalarda istenmeyen oksidasyon reaksiyonlarını önleyen ve oksidatif stresle oluşan zararlı moleküllerden serbest radikallere karşı koruyucu etkiye sahip olan maddelere antioksidan maddeler denilmektedir. Karotenoidler, fenolikler, vitaminler ve minerallerin yanında bazı enzimler de antioksidan özelliğe sahiptirler. Antioksidan bileşikler, hayvanlarda ve bitkilerde yağların otooksidasyonunu yavaşlatmakta veya yükseltgenmesini önlemektedirler. Doğal antioksidanları bir kısmı diyetle özellikle bitkisel kaynaklı gıdalardan alınırken, bir kısmı da vücutta, serbest radikallere karşı bir savunma sistemi olarak üretilmektedir. İnsan vücudunda üretilen, katalaz, glutatyon peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi enzimler başlıca önemli antioksidanlardır. Domateslerdeki en yüksek antioksidan aktivite özellik gösteren karotenoid yapı ise likopendir [Erge, 2007].

Günümüzde bilinen diğer önemli antioksidan gruplar, alfa tokoferol (E vitamini), L-askorbik asit, β -karoten, flavonoidler, koenzim-q, likopen ve luteindir. Domateste likopen içeriği ise oldukça önemlidir ve domateste yüksek miktarda bulunan likopenin diğer karotenoidlere kıyasla antioksidan kapasitesinin daha fazla

olduğu, hatta bazı kaynaklara göre likopenin antioksidan aktivitesinin β -karotene göre iki kat daha fazla olduğu belirtilmektedir [Di Mascio vd., 1989] ve özellikle de prostat kanser oluşum riskini engellediği bildirilmektedir [Chan vd., 2005, Giovannucci vd., 2005].

Yapılan bir araştırmada domates ve havuç püresinde toplam antioksidan aktivite ölçülmüştür. İşlem görmemiş domates ve havuç püresinde antioksidan aktivitenin göze çarpar şekilde yüksek olduğu belirtilmektedir. Termal uygulanan prosesler ile 600 MPa gibi yüksek basınç uygulamaları karşılaştırıldığında 600 MPa uygulanan yüksek basınç uygulamasında domates pürelerindeki L-askorbik asidin %90'nının tutulduğu belirtilmektedir. Antioksidan aktivite, L-askorbik asit ve karotenoidlerin yüksek basınçlara (400-600 MPa) maruz kaldığında çok iyi tutuklandığı gözlenmiştir. Ayrıca yüksek basınç ile renk ve kırmızılık içeriğinin de çok iyi korunduğu tespit edilmiştir [Patras vd., 2009].

Domateslerdeki diğer önemli antioksidanlar fenolik bileşiklerdir. Ancak bu fenolik bileşikler domatesin farklı olgunluk aşamasında ve domatesin kabuğu, çekirdeği ve içinde farklı miktarlarda bulunmaktadır. Ham yeşil domatesin perikarp ve pulpunda yüksek düzeyde klorojenik asit içerdiği tespit edilmiştir. Klorojenik asit seviyesi meyvenin rengi yeşilden pembeye ve daha sonra kırmızıya dönerken hızlı bir şekilde azaldığı ve aynı zamanda hidrokisinnamik asit miktarının da olgunlaşmayla düştüğü bildirilmektedirler [Buta ve Spaulding, 1997]. Klorojenik asit, *p*-kumarik asit ve rutin gibi bazı antioksidanların miktarının domatesin farklı olgunluk aşamalarında değiştiğini tespit etmişlerdir [Raffo vd., 2002 ve Shahidi vd., 2004]. Rutin miktarı yeşil domateste maksimum seviyelerdeyken meyvenin olgunlaşması sırasında azalmaktadır. Benzer şekilde domateste az miktarda bulunan serbest haldeki kuersetinin de olgunlaşma ile azaldığı görülmüştür [Raffo vd., 2002]. Sadece domates pulpunda, *p*-kumarik asit ve glukozit bulunmakta ve meyvenin rengi yeşilden pembeye dönerken maksimum değerlere ulaşmaktadır. Fakat gelişim sonrasındaki evrelerinde kuersetinin miktarında hiçbir değişme görülmemektedir. Klorojenik asit ve rutin miktarlarındaki değişimler auksin (indol-3-asetik asit) metabolizmasındaki değişimlere benzemektedir. Bu nedenle, meyvenin olgunlaşması

sürecinde rutin ve klorojenik asidin auksin metabolizmasındaki gibi regülatör olarak rol oynadığı düşünülmektedir [Shahidi vd., 2004]. Narincenin konsantrasyonunun ise olgunlaşmanın ilk basamaklarında hızlıca arttığı ve meyvenin kutikular membranında biriktiği rapor edilmektedir [Macheix vd., 1990]. Bir diğer çalışmada ise narincenin ilk basamaklarda arttığı ancak olgunlaşmanın son aşamasında hafif bir azalma olduğu belirtilmektedir [Raffo vd., 2002].

2.1.3. Fenolik Asit

Bitkiler, meyve ve sebzeler metabolizmalarında sekonder metabolitlerden çok sayıda fenolik madde oluşturmaktadır. Bunlar da meyve ve sebzelere kendilerine özgü buruk tat ve rengini vermektedir. Bu yüzden bitkisel kökenli bütün gıdalarda her zaman farklı nitelikte ve miktarda çeşitli fenolik bileşenler bulunmaktadır. Fenolik bileşikler; insan sağlığı açısından işlevleri, tat ve koku oluşumundaki etkileri, renk oluşumu ve değişimine katılmaları, antimikrobiyal ve antioksidatif etki göstermeleri, enzim inhibisyonuna neden olmaları, değişik gıdalarda saflık kontrol kriteri olmaları gibi birçok açıdan önem taşımaktadır. Fenolik bileşikler, proteinlerle kompleks bir yapı oluşturabilirler ve ayrıca 80 monomerli bileşiklere kadar kondanse olabilirler. Gıda endüstrisinde, meyve suyunun durultulması için, fenolik bileşiklerin proteinlerle kompleks yapı oluşturma özelliğinden faydalanılmaktadır [Sánchez-Rodríguez vd., 2012].

Bitkilerden yaklaşık 8000 fenolik bileşenler tanımlanmıştır. Bu bileşenler flavonoidler, taninler, fenolik asitler ve kumarinler diye sınıflandırılmaktadır. Fenolik asitler de sinamik asit türevleri ve benzoik asit türevleri diye ikiye ayrılmaktadır. Gıdalarda fenolik asitler ve flavonoidler daha çok önemli iken domatesteki önemli fenolik bileşikler; fenolik asitler veya fenolkarbonik asitler, flavonoidlerdir ve bunlar küçük molekülü yapıda olup çoğunlukla da uçucudurlar [Luthria vd., 2006]. Çeri domatesin araştırıldığı çalışmada, kaemferol, naringenin, rutin, p-koumarik asit, quersetin, ferulik asit gibi birçok fenolik asit çeri domateslerde bulunduğu tespit edilmiştir [Sánchez-Rodríguez vd., 2012].

Gıdalarda istenilmeyen enzimatik esmerleşme ile renk değişimleri fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Enzimatik esmerleşmeye neden olan bu reaksiyonları ve fenolik bileşikleri katalize eden enzimlere genel olarak polifenoloksidaz enzimleri (PPO) denilmektedir. Fenolik bileşenlerin neden olduğu gıdalardaki enzimatik esmerleşme, genellikle kalite kaybı olarak değerlendirilmektedir ve bu nedenle meyve ve sebzelerin işlenmeleri sırasında fenolik maddelerin oksidasyonları çeşitli yöntemlerle önlenmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada da ısıl işlem uygulaması ile kısmen polifenoloksidaz enzimleri inaktif edilmektedir.

Yapılan araştırmalar ile gıdalarda bulunan fenolik bileşiklerin incelenmesi sonucu fenolik bileşenlerin insan sağlığı ile yakından ilişkisi olduğu ve epidemiyolojik çalışmalar neticesinde özellikle insanlardaki kanser riskini azalttığı tespit edilmiştir. Buna karşın, bazı çalışmalar flavonoidlerin karsinogen olduğunu savunsa da, diğer birçok çalışmada elde edilen bulgular, flavonoidlerin antitümör ve antikanserojen olduğunu desteklemektedir [Oluk, 2012]. Buna ek olarak epidemiyolojik çalışmalar, bol sebze meyve içeriği olan beslenme alışkanlıklarının bazı kronik kalp hastalıkları ve kanserleri azalttığını göstermektedir. Bitkisel besinlerden 800’ün üzerinde fenolik bileşiğin tanımlandığı belirtilmektedir. Bu bileşenler flavonoidler, taninler, fenolik asitler ve kumarinler olarak çeşitli gruplarda yer almaktadır. Fenolik asitler sinamik asit türevleri ve benzoik asit türevleri diye iki ana gruba ayrılmaktadır. Domateslerde bulunan fenolik bileşenlerin kompozisyonları ve miktarları genotiplerinden etkilenmektedirler [Devananad vd., 2006].

Meyve ve sebzelerde bol bulunan flavonoidler, düşük molekül ağırlığındaki kimyasal formüle sahiptirler. Flavonoidler, flavon, flavonoller, izoflavonlar, flavon-3-oller antisiyaninlerden oluşmaktadır. İnsan sağlığı üzerine koruyucu etkiye sahip olan flavonoidler aynı zamanda domateslerin renk, görünüm ve organoleptik özelliklerinde de önemli bir role sahiptirler. Fenolik asitleri içeren meyvelerdeki diğer polifenoller, benzoik asit ve sinamik asit türevlerine dönüşebilmektedir. Yenilebilen bitkisel ürünlerde benzoik asit türevleri çok düşükken, hidro sinamik

asit türevleri yaygındır [Sánchez-Rodríguez vd., 2012]. Fenolik asitlerin bazı hücre enzimlerinin, kendi kendine oksidasyon eğilim aktivitesini ayarlamak ve reaktif oksijen türlerinin kapasitesini azaltıcı bir karaktere sahip olduğu belirtilmektedir [Odrizola- Serrano vd., 2009].

Domates suyu diğer meyveler gibi uçucu bileşenleri ve terpenleri içermektedirler. Termal uygulamalar sırasında Maillard reaksiyonu, karotenoid oksidasyonu ve lipoksigenaz enzim aktivitesi bu uçucu bileşenleri aktive etmektedir. Domatesin ön ısıl işlem optimizasyon çalışmasında uçucu bileşenler belirleyici olarak alınmıştır. GC-MS teknik kullanılarak 190 civarında keton, aldehit, alkol, ester, hidrokarbon, sülfür, nitrojen ve oksijen bileşenler ile fenoller, oksijen içeren heterosiklik bileşenler, serbest asitler ve laktonlar gibi bileşenler tanımlanmıştır. Termal uygulamanın özellikle doymuş ve doymamış C6 alkolleri ve aldehitleri, esterleri, ketonları ve karotenoid türevlerini değiştirdiği tespit edilmiştir. Buna göre yüzey tepki modeli kullanılarak (RSM) yapılan çalışmada, domatese uygulanması gereken optimum ön ısıl işlemin 67 °C’de 24 dakika ve 86 °C’de 3.5 dakika olduğu belirtilmektedir [Servili vd., 2000].

Fenolik bileşenlerin ısı ve yüksek basınç uygulamalarından pek etkilenmediği belirtilmektedir. Yüksek basınç uygulaması ile (400 - 600 MPa) domatesin renk ve kırmızılık içeriğinin çok iyi koruduğunu ve antioksidan aktivite, L-askorbik asit ve karotenoidlerin de çok iyi tutuklandığı belirlenmiştir [Patras vd., 2009].

Meyve ve sebzelerin fenolik asitler ve fenolik asitlerle ilgili enzimlerin yapılarıyla ilgili yapılan araştırmada fenolik sekonder metabolitlerin önemli rol oynadığı bildirilmektedir. Fenolik grupların, bitkisel kaynaklı gıdalara renk, aroma ve sağlık üzerine arttırıcı etkilerinin olduğu bildirilmektedir. Ayrıca gıdalardaki fenolik asitlerin biyosentez ve degradasyonlardan etkilendiği tespit edilmiştir. Farklı çevresel stres faktörlerden etkilenen fenolik bileşiklerin biyosentezleri sırasında, anahtar enzim fenilalanin amonyak-lyaz (PAL) olduğu bildirilmektedir. Gıdalardaki fenolik degradasyonlar yüzünden yaşanan kalite kayıplarından polifenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz (POD) enzimlerinin sorumlu olduğu belirtilmektedir. Polifenol

oksidaz ve peroksidaz enzim degradasyonunun neden olduğu kalite kaybının önlenmesinde genetik modifikasyon metodunun uygulanabilir bir teknik olduğu belirtilmektedir. Çünkü bitkinin kendini savunma ve büyümesinde başka problemlere neden olduğu belirtilmektedir. Meyve ve sebzelerin pigmentasyonunda ve fenolik içeriklerinin artmasında zirai bilimsel uygulamaların daha uygun olduğu belirtilmektedir. Soğukta depolama, kontrollü modifiye atmosfer paketlenme, yüksek basınç elektrik uygulamaları, yüksek hidrostatik basınç ve mikrodalga prosesleri gibi bazı hasat sonrası gıda proses uygulamalarının, meyve sebzelerdeki fenoliklere bağlı kalite kriterlerinin artışına sebep olduğu belirtilmektedir [Tomas-Barberan ve Espin, 2001]

2.1.4. L-Askorbik Asit

Askorbik asitin doğal formu L-askorbik asittir ve indirgen özelliğindedir. Askorbik asit bozulma reaksiyonlarına karşı son derece duyarlıdır ve yüksek polarite özelliğinden dolayı suda kolayca çözünmektedirler. Isı uygulaması, enzim, metal katalizörlerin varlığı, oksijen, pH, ortamdaki şeker ve tuz konsantrasyonu, askorbik asidin dehidroaskorbik aside oranı gibi faktörler askorbik asidin bozulma reaksiyonlarına karşı hassasiyetini artırmaktadır.

Su aktivitesi ve askorbik asit üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, düşük su aktivite değerlerinde bile askorbik asitte kayıplar meydana geldiği tespit edilmiştir. Düşük nem içeriğindeki askorbik asit yıkım nedeninin ortamda bulunan düşük de olsa su aktivitesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Askorbik asitteki kayıplar genellikle ısı işlemler sırasında meydana gelmektedir ve bazı gıdaların üretimi sırasında uygulanan kükürtlemenin meyvelerde askorbik asit kaybını azalttığını belirtmektedirler [Martinez vd., 1998].

L-dehidroaskorbik asit ve hidrojen peroksit oluşumu askorbik asidin oksidasyonu sonucu oluşmaktadır. L-dehidroaskorbik asit ve hidrojen peroksit, ikinci bir askorbik asiti ya da oksidasyona duyarlı başka bileşiklere okside edebilir. Askorbik asit suda çözündüğünden, gıdanın yıkanması, haşlanması, ürünün su

kaybetmesi gibi proseslerde büyük kayıplar meydana gelebilmektedir. Askorbik asitce zengin meyvelerdeki kayıplar enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları nedeniyle meydana gelmektedir.

Antioksidan özelliğe sahip olan askorbik asit, C vitamini olarak bilinmekte ve meyve sebzelerde bolca bulunmaktadır. Askorbik asit özellikle turunçgiller, domates, yeşil yapraklı sebzeler (brokoli, ıspanak vb.) ve patates gibi sebze ve meyvelerde bulunmaktadır. C vitamini çok çabuk okside olmaktadır ve gıdalara ısıl işlem uygulandığında askorbik asit kaybı da fazla olmaktadır. Bu yüzden askorbik asit içeren gıdaların hafif pişirilmesi, yenilebiliyorsa çiğ yenmesi ve hazırlarken de kesildikten kısa bir süre sonra tüketilmesi önerilmektedir.

Antioksidan özelliğe sahip olan askorbik asit serbest radikallere elektron vererek birçok bileşik ve enzimi oksidasyona karşı korumaktadır. Aynı zamanda, metabolik ürünler sonucu oluşan toksik serbest radikalleri ve kanserojenik nitroza bileşiklerin oluşmasını önlemede de çok önemli bir etkiye sahiptir [Erge, 2007]. Askorbik asit gıda endüstrisinde meyve suları, reçeller, süt ürünleri gibi birçok gıda ürününde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kolojen yapının oluşması, demir emiliminin sağlanması ve nörotransmisyonu ile ilgili biyokimyasal proseslerde önemli rol oynamaktadır [Martinez vd., 1998]. Ancak yüksek dozdaki askorbik asit insan vücudunda yan etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle farklı gıdalardaki bu antioksidanların belirlenmesi önemlidir.

Yapılan bir çalışmada araştırmacılar organik tarımda, stresle mücadelenin daha başarılı olduğunu ve bu stres sonucunda domates bitkisinde daha fazla şeker, likopen ve C vitamini birikiminin söz konusu olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar bitkilerin farklı stres koşullarına karşı dayanıklılık mekanizmaları geliştirdiğini belirtmektedirler [Aurelice vd., 2013].

George ve arkadaşları taze, püre ve dondurularak kurutulmuş kırmızı ve sarı domateslerin mikroyapılarındaki toplam fenolik, askorbik asit ve karotenoidleri incelemişlerdir. Bu çalışmada iki tip kırmızı ve sarı domatesler incelenmiştir. Sarı domates, kırmızı domatesle kıyaslandığında, sarı domateste likopen bulunmamış,

β -karoten miktarı ve askorbik asit miktarı da düşük çıkmıştır. Kırmızı domatesteki karotenoidler proseslerden etkilenmemiştir ancak sarı ve kırmızı domatesteki β -karoten, toplam fenoliklerde ve askorbik asitte azalma olduğu tespit edilmiştir [George vd., 2011].

2.1.5. Şeker

Domateste bulunan toplam şekerin çoğunluğunu glukoz ve fruktoz oluşturmaktadır. Glukoz ve fruktoz düzeyinin en yüksek olduğu dönem ise domatesin en olgun olduğu zamandır. Işık da, domateslerdeki şeker konsantrasyonunu arttıran en etkili çevresel faktörlerden biridir. Bitkilerin yapraklarının oluşturduğu gölge bile bitkide şeker konsantrasyonunu azaltabilmektedir. Isıl işlem sırasında karamelizasyon, maillard reaksiyonu ve 5-hydroxymetil furfural oluşumu nedeniyle şeker miktarı azalmaktadır. Şeker miktarındaki düşüş proses çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmalarda prosese bağlı olarak domates suyuna uygulanan proses sırasında şeker miktarının %19 oranına ve püskürtmeli kurutma prosesi sırasında ise %5 oranına düştüğü tespit edilmiştir [Hui vd., 2004].

Domatesin yaklaşık %93'nü su, %2.9'nu karbonhidrat, %0.2'sini yağ, %1'ni protein ve %1.8'ni lif oluşturmaktadır. Domateste bulunan indirgen şekerlerden glukoz ve fruktoz, domatesin kuru maddesinin %40 - 60'nı oluşturduğu bildirilmektedir. Toplam glukoz ve fruktoz konsantrasyonu ile toplam çözünebilir katı madde miktarı arasında bir bağ olduğu ve domatesteki toplam çözünebilir katı madde miktarının çoğunu çözünebilir glukoz ve fruktozun oluşturduğu bildirilmektedir [Anthon vd., 2011]. Geleneksel yöntemlerle yetiştirilen ve oksidatif stres altında bulunan domateslere göre organik tarımla yetiştirilen domateslerde, C vitamini ve şeker oranının en yüksek düzeyde olduğu belirtilmektedir. Ayrıca organik tarımla üretilen domatesin, geleneksel tarımla üretilen domatese oranla %40 oranında daha küçük boyutta olduğu bildirilmektedir [Aurelice vd., 2013].

Glukoz ve fruktoz birçok meyvede çeşitli oranlarda bulunmaktadır, diğer monosakkaritler ise iz miktarlarda bulunmaktadır. Arabinoz ve ksiloz gibi şekerler de birçok meyvede bulunmaktadır. Sakkaroz, diğer adıyla sükroz en baskın oligosakkaritlerdendir. Sakkaroz glukoz ve fruktoz molekülünün birleşmesiyle meydana gelen bir disakkarittir. Sadece bitkiler tarafından üretilmektedir ve insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bazı meyveler hiç sakkaroz içermezken, kayısı, şeftali ve ananas gibi bazı meyveler de yüksek oranda sakkaroz içermektedirler.

2.1.6. Enzimatik Aktivite

Enzimler, biyolojik sistemlerin reaksiyon katalizörleri ve biyokimyasal olayların vücutta yaşam ile uyumlu bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan kimyasal ajanlardır. Enzim aktivitesi, birim zaman başına dönüştürülen substrat mol sayısına eşittir veya reaksiyon hızı çarpı reaksiyon hacmine eşittir. Enzim aktivitesi mevcut aktif enzim miktarının bir ölçüsüdür ve dolayısıyla belirtilmesi gereken şartları vardır. Katal olarak verilen enzim aktivitesi genelde enzimin doğal hedefi varsayılarak ifade edilmektedir. Gıdalarda etkili olan enzimler ya o gıdanın doğal olarak kendi yapısında bulunan enzimlerdir veya ortamdaki mikroorganizmalar tarafından sentezlenmektedirler.

Enzimler sıcaklığa karşı duyarlıdır ve genelde 75 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kısa sürede bozulurlar ancak peroksidaz enzimi meyve sebzelerde en dirençli enzimdir. Bozulma için ise her enzim üzerine farklı sıcaklık dereceleri söz konusudur. Bu nedenle meyve ve sebzelerin işlenmesinde enzimlerin inaktif edilip edilmediği peroksidaz enziminin test enzimi olarak alınmasıyla izlenebilmektedir. Meyve ve sebzelerin dayanıklı hale getirilmesinde çoğu kez ortamdaki mikroorganizmaların öldürülmeleri yeterli gelmekte, enzimlerin de inaktif hale getirilmesi gerekmektedir.

Uygulanan ısıl işlemler gıdalardaki mikroorganizmaları öldürse bile, ısı etkisiyle yeterince inaktive edilemeyen enzimlerin kalıntı aktiviteleri söz konusu olabilmektedir. Ayrıca ortamda askorbik asit oluşu, enzimatik esmerleşme

reaksiyonunda önemli rolü olan ortamdaki oksijeni de indirgeyerek, esmerleşme reaksiyonlarını ikinci bir yolla da inhibe etme özelliğine sahip olduğu belirtilmektedir. Gıdalarda kalite kayıplarına neden olan enzimler hidrolazlar ve oksidoredüktazlar gruplarında yer almaktadır [Dorantes-Alvarez vd., 2011].

Domateslerdeki peroksidaz enziminin en çok domatesin perikarp tabakasında yoğun olduğu tespit edilmiştir. Peroksidaz enzimi sebzelerde en çok ısıya dayanıklı enzim olarak bilinmektedir ve genellikle yeterli ısıl işlem yapıp yapılmadığı enzim aktivitesi analizi ile belirlenmektedir. Bu yüzden bu çalışmada da öncelikli olarak ısıl işlem uygulamasından hemen sonra enzim aktiviteleri ölçülmüştür [Baysal vd., 2006]. Pektin metilesteraz ve poligalakturonaz pektin zincirini parçalamakta ve ürünün viskozitesini düşürmektedir. Yeteri kadar ısıl işlem görmemiş ürünlerde depolama sırasında lipoksigenaz enzimlerinin neden olduğu lipit oksidasyonundan dolayı kötü koku oluşumu gerçekleşmektedir. Ayrıca domatese uygulanan soğuk işleme prosesi sırasında lipoksigenaz ve bununla ilgili olan diğer enzimler, domatesin gelişimi sırasında taze domates aromasının oluşumundan da sorumludurlar.

Ortega ve ark.’nın yaptığı çalışmada domates gelişimi sırasında farklı kimyasallar uygulanarak domatesteki proses peroksidaz ve katalaz enzimleri incelenmiştir. % 0.1 (w/v) kitosan, 0.1 mM salisik asit ve 0.1 mM benzoik asit, yapraklar ve dalları hariç domates ürününün gelişim aşamalarında üzerine spray ile püskürtülmüştür. En son domates oluşum aşamasında katalaz ve peroksidaz antioksidan enzim aktivitelerinin normalden fazla olduğu belirtilmektedir. Ancak domates bitkisinden meyve oluşumu sırasında salisik asit uygulamasının, domatesin gelişimi sırasında katalaz enziminin aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Domates oluşum ve gelişimi aşamasında püskürtülen kitosanın ise peroksidaz enzim aktivitesini anlamlı bir şekilde arttırdığını, salisik asitin ise çok az etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzoik asitin ise peroksidaz veya katalaz enzim aktivitesinde değişikliğe neden olmadığı belirtilmiştir [Ortega-Ortiz vd., 2007].

Domates lipoksigenaz enziminin termal inaktivasyon kinetiklerinin araştırıldığı çalışmada, küp şeklinde doğranmış domatesler 0-150 dakika ve 80–98 °C’de farklı

sıcaklık zaman kombinasyonlarına maruz bırakılmışlardır. Lipoksigenaz enzim inaktivasyonu için aktivasyon enerjisi ve kinetik parametreleri hesaplanmıştır. Domateslerdeki lipoksigenaz, farklı termal stabiliteye sahip 2 farklı izoenzimlerin varlığında, kinetik davranışlar sergilemiştir. Literatürde yazılanların aksine izoenzimlerin yüksek sıcaklığa dayanıklı oldukları tespit edilmiştir ve lipoksigenazın kinetik parametrelerinin mikroorganizmalardan daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bu yüzden kısa sürede yüksek sıcaklığa domatesleri maruz bırakmanın, domatesteki lipoksigenaz enzimlerini inaktif etmeye yetmediği belirtilmektedir [Anese ve Sovrano, 2006].

Bir haşlama işleminin yeterlilik kontrolü genellikle peroksidaz enziminin inaktif hale gelip gelmediğinin test edilmesi ile yapılmaktadır. Bu yüzden domatese uygulanan mikrodalga ve geleneksel haşlama ısıl işlemlerinden sonra peroksidaz enzim aktivitesine bakılmıştır. Meyve ve sebze konservelerinde bulunan peroksidaz enzimi indikatör olarak alınmaktadır. Bu enzimlerin belli bir sıcaklıkta inaktif duruma getirilmeleri için gerekli süreyi belirten parametreye “enzim inaktivasyon faktörü” veya “E-değeri” adı verilmekte ve bu değer gıdaların özelliğine göre değişmektedir [Anonim, 2014].

2.3. DOMATESİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ

Meyve ve sebze ile zengin diyetin kalp rahatsızlığını ve kanser oluşumunu azalttığı ileri sürülmektedir. Yapılan son araştırmalar, kardiyovasküler hastalıklardaki azalışın daha çok α -karoten, β -karoten ve β -kriptoksantin alımındaki artış ile ilgili olduğu bildirilmektedir [Kopsell ve Kopsell, 2006]. Domateste bulunan karotenoid bileşiklerden likopenin kandaki miktarının artışı ile kardiyovasküler hastalık riskini [Willcox vd., 2003] ve prostat kanser riskini azalttığı belirtmektedir [Chan vd., 2005 ve Giovannucci, 2005]. Hücre kültürü ile yapılan çalışmalar ve hayvan modellemelerinden elde edilen sonuçlara göre de likopenin in vitro ve in vivo’da antikanserojenik ve damar sertliğini önleyici etkisinin bulunduğu kanıtlanmıştır [Omoni ve Aluka, 2005]. Bunun yanında, birçok epidemiyolojik çalışma likopeni içeren domates ve domates ürünlerinin fazla miktarda tüketiminin

kardiyovasküler hastalığa karşı koruyucu olabileceğini [Rao ve Agarwal, 1999 ve Wu vd., 2003] ve başta prostat, mide, meme, akciğer ve sindirim bölgesi olmak üzere birçok kanser türünün oluşumunu azaltabileceğini göstermiştir [Omoni ve Aluka, 2005 ve Giovanelli vd., 1999]. Ayrıca, düzenli olarak düşük miktarda domates ürünleri tüketiminin hücreyi oksidan bileşiklerin neden olduğu DNA zararından koruduğu aktarılmaktadır [Raffo vd., 2002]. Domatesin sağlık üzerine koruyucu etkisinin likopen ve diğer karotenoidler dışında askorbik asit, flavonoidler ve E vitamini gibi antioksidan bileşiklerden de kaynaklandığı belirtilmektedir [Willcox vd., 2003]. Nitekim; Giovanelli vd., domateste bulunan başlıca antioksidan bileşikler karotenoidler, askorbik asit ve fenolik bileşikler olarak bildirmektedir [Giovanelli vd., 1999].

Karotenoidlerin aktif oksijeni kullanarak lens lipitlerinin oksidasyonunu önleyerek buna bağlı katarakt gelişimini engellediği bildirilmektedir [Baysal ve Ersus, 1999 ve Su vd., 2002]. Lutein ve zeaksantin retinada birikerek, fotoreseptör hücrelerini mavi ışığın neden olduğu oksijen radikallerinden korumaktadır. Bu nedenle, maküler dejenerasyonun ilerlemesini önlemede anahtar rol oynar. Bu karotenoidlerin diyetle az alınması, geri dönüşümsüz körlük ve yaşa bağımlı maküler dejenerasyona yol açtığı belirtilmektedir [Su vd., 2002, Handelman, 2001].

Hidroksil grup içeren karotenoidlerin, biyomembranlara tokoferollerle birlikte yerleşip, peroksil radikallerinin saldırılarına karşı antioksidan savunmayı paylaştıkları, bu nedenle fosfolipidlerin peroksidasyonunu yavaşlatmada β -karoten gibi hidroksil grup içermeyen karotenoidlerden daha etkili olduğu bildirilmiştir [Stahl vd., 1998]. Likopenin hücrede tekli oksijen baskılama performansı β -karoten, α -karoten, zeaksantin, lutein ve kriptoksantinden daha etkili bulunmuştur [Baysal, 1999 ve Su vd., 2002]. Likopen molekülünde β -ionin halkasının açık olması nedeniyle oksijen çeken daha çok çift bağ bulunmasının bu durumu açıkladığı ifade edilmiştir [Baysal ve Ersus, 1999]. Yapılan pek çok in vitro çalışmada, ksantofillerin mitokondri, mikrozomal fosfolipidler ve deoksiribozun oksidatif hasarını önleyici etkisi olduğu saptanmıştır [Seppanen ve Csallany, 2002].

Domateste ki C vitamini, oksijenin metabolik ürünlerinden oluşan toksik serbest radikallerin tahrip edilmesinde ve kanserojenik nitrozo bileşiklerin oluşmasını önlemede rol oynamaktadır. Ayrıca, kanserin başlamasına ve/veya teşvik edilmesine neden olan oksidatif zararı engellemektedir. Nitekim, C vitamini ile yemek borusu ve rahim kanserleri arasında koruyucu bir ilişki olduğu aktarılmaktadır [Karadeniz, 2000]. Fenolik bileşiklerin; serbest radikalleri yok edici, antikanserojenik, bağışıklık sistemini düzenleyici, tümör oluşumuna neden olan enzimleri inhibe edici birçok biyokimyasal ve farmakolojik özelliğe sahip olduğu bildirilmektedir [Zhishen vd., 1999 ve Tomás-Barberán ve Espin., 2001]. Epidemiyolojik çalışmalar, fenolik antioksidanların tüketimindeki artış ile kardiyovasküler hastalığa ve çeşitli kanser tiplerinin oluşum riskindeki azalma arasında korelasyon olduğunu göstermektedir [Hertog vd., 1993 ve Kris-Etherton vd., 2002].

İspanya’daki Murcia Üniversitesi’nden araştırmacılar, 2 hafta boyunca omega-3 ile zenginleştirilen domates suyu tüketiminin, erken gelişen damar sertliğinde rolü olduğu belirtilen vasküler hücre adezyon molekülü (VCAM-1) ve interselüler adezyon molekülü (ICAM-1) seviyelerinde düşüş sağladığını belirtmektedirler. Ayrıca omega-3 ile zenginleştirilen domates suyu, kardiyovasküler hastalık riski oluşturan homosistein seviyelerindeki %21’lik düşüş ile de ilişkilendirilmektedir. Araştırmada, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri ve domatesin doğal biyoaktif bileşenleri arasında sinerjik etkilerinin olduğu tespit edilirken; araştırmacılar, bu sinerjik etki olasılığının altta yatan mekanizmaların ortaya çıkarılması için araştırılması gerektiğini belirtmektedirler. Günde bir bardak domates suyunun, bir aydan daha az bir zamanda, öncelikle iltihap yapıcı olan TNF-alpha’yı hemen hemen %35 azalttığını rapor etmişlerdir. Hücreler arasında aşırı miktarlarda serbest radikallerin üretiminin yani oksidatif stresin, TNF-alpha gibi iltihap yapan bileşenlerin toplanması sonucu oluşan damar duvarının sertleşmesi (atherosclerosis), kardiyovasküler hastalıklar, kanser, osteoporosis ve alzheimer hastalığı dahil neredeyse bütün kronik hastalıklarla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir [Daniells, 2006].

Domatesteki folik asit ayrıca kolon kanser riskini azaltabilmektedir. Domatesler iyi bir riboflavin kaynağıdır ve migren ataklarının sıklığını azaltmaya yardımcı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca domateste bulunan yüksek orandaki krom, diyabet hastalarının kan şekeri düzeylerini kontrol altına almaya yardımcı olduğu tespit edilmiştir.

2.4. DOMATESE UYGULANAN ISIL İŞLEMİN ETKİSİ

Gıda endüstrisinde domatesler, proses öncesinde genellikle ön ısı işleminden geçmektedir. Bu prosesin amacı domates kabuklarının soyulabilmesi, mikrobiyal yükünün azaltılması ve enzim inaktivasyonunun sağlanmasıdır. Böylece enzimlerden kaynaklanan bozulma ve tekstürdeki değişimler kısmen azaltılmaktadır. Bunun yanı sıra ön ısı işlem, domatesteki duyuşsal ve kimyasal değişiklikleri de azaltmaktadır. Günümüzde suda haşlama ve püskürtme buhar ile çeşitli şekillerde ön ısı işlemler uygulanmaktadır.

Soya yağındaki sentetik karotenin ısı işleme karşı stabilitesini, farelerdeki biyoyararlılığını ve vitamin A ‘ya dönüşümünü inceledikleri çalışmada, soya yağı ile zenginleştirilmiş preparat hazırlanmış ve bazı örnekler ısı işleminden geçirilmiştir. 100 °C’de, karotenlerde kayıp yaşanmadığı ancak bunun üzerindeki ısı işlemlerde ancak %65’nin tutulabildiği tespit edilmiştir. Farelerde yapılan testte, farelerin kilo alışı gözlemlenmiş ve bütün gruplarda vitamin A’da artış olduğu tespit edilmiştir. 100 °C’de ısı işleme ve soya yağı ile zenginleştirilmiş besinle beslenen farelerin karaciğerindeki vitamin A değerinin, ısı işlem görmemiş soya yağı ile beslenen farelerdeki vitamin A değerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Ancak 170 °C’deki ısı işleme maruz kalan besinle beslenen farelerin karaciğerindeki vitamin A değerinin düşük olduğu ancak biyoyararlılığının aynı kaldığı tespit edilmiştir. Beta karotenin vitamin A’ya biyodönüşümü plazmada ve karaciğer bulgularındaki değerler ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Beta karotenin soya yağı ile birleşmesinde ısıya karşı iyi bir stabilite oluşturduğu ve vitamin A’ya biyo dönüşümünde iyi olduğu tespit edilmiştir. Vitamin A eksikliğinde, soya yağı ile zenginleştirilmiş beta karotenin iyi bir potansiyel olduğu bildirilmektedir [Dutra-de-Oliveira, 1998].

Prosesten geçmiş sebze ve meyvelerin, tazelerine göre daha düşük besinsel içeriğe sahip olduğu belirtilmektedir. Dewanto ve ark.’nın yaptığı çalışmada, askorbik asidin, elmalardaki toplam antioksidan aktiviteyi yaklaşık %0.4 oranında arttırdığını ve bu antioksidan aktivitenin de elmadaki doğal fitokimyasalların birleşmesinden kaynaklandığını tespit etmişlerdir. Isıl işlem de askorbik asit seviyesini düşürdüğünden, ısıl işlemin antioksidan aktiviteyi arttırırken, antioksidan aktiviteyi oluşturanlardan biri olan askorbik asitin miktarının da azalttığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada da ısıl işlemin antioksidan aktiviteyi azaltırken, likopenin biyoyararlılığını arttırdığını tespit edilmiştir. Askorbik asitte düşüş gözlenirken diğer toplam fenolik ve flavonoid içeriklerinde belirgin bir düşüş görülmediği belirtilmektedir. Domatesler sırasıyla 2, 15 ve 30 dakikalarda 88 °C’ye maruz bırakılmıştır. Domatesteki toplam fenolik içeriğinin ve flavonoid içeriğinin 88 °C’de süre arttıkça domatesteki miktarlarının arttığı tespit edilmiştir. 2, 15 ve 30 dakika 88 °C’de ısıl işlem uygulanan domateslerde toplam trans-likopen miktarının arttığını ancak askorbik asit değerinin de azaldığını tespit etmişlerdir. Toplam cis-likopenin de trans-likopen değerindeki artış gibi arttığını tespit etmişlerdir. Toplam antioksidan aktivitenin de sıcaklıkla arttığı belirtilmektedir [Dewanto vd., 2002].

Başka bir çalışmada %10 ve %15 brix değerine sahip iki domates salçası karşılaştırılmış ve bu araştırmada toplam antioksidan kapasitesi, polifenol bileşikleri, askorbik asit, beta-karoten ve likopen stabiliteleri incelenmiştir. Buna göre ısıl işlemin likopen ile toplam fenolik bileşenleri, toplam flavonoidlerini ve her bir quercetin, rutin, klorojenik asit ve kafeik asit değerlerini arttırdığını ancak bununla beraber diğer askorbik asit gibi diğer bileşenlerini de azalttığını tespit etmişlerdir. Ancak 15 brix değerindeki domates salçasında likopen düşüşü olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun nedeni de fazla ısıl işlemin degradasyona neden olarak likopen miktarında düşüşe sebep olmasıdır. Organik ve sıvı ekstraktların antioksidan kapasiteleri ölçülmüş ve farklı antioksidan kapasiteleri gözlemlenmiştir. Kuru maddede, askorbik asit kaybından dolayı, antioksidan kapasitesinde düşüş gözlemlenmiştir. Sonuçta ısıl işlem likopen ve fenolik antioksidanları arttırırken,

aşırı ısıl işlem uygulamasının likopen degradasyonuna sebep olduğunu ve bu yüzden de ısıl işlemin kontrol altına alınması gerektiği belirtilmektedir [Jacob, 2010].

Meyve ve sebzelerdeki β -karoten oksidasyonuna sıcaklık, ışık, süre ve gallik asit ile etkilerinin araştırıldığı çalışmada, soğukta ve karanlıkta muhafaza edilen örneklerde gallik asidin son derece olumlu sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Depolama sıcaklığı arttıkça gallik asitin etkisinin azaldığı ve 20 ± 2 °C’deki sıcaklıkta ve aydınlıkta gallik asit trolox’tan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle belirli dozların üzerine çıkıldığında gallik asit, incelenen her üç koşulda da son derece güçlü antioksidan aktivite gösterdiği ve ışığın oksidasyon üzerindeki etkisinin sıcaklıktan daha fazla olduğu bildirilmektedir. Bir meyve parçası veya meyve suyu dolaptan çıkarıldığında dahi içeriğindeki askorbik asit miktarı düştüğü ve bunun nedeni de gıdanın bir saatten fazla, hava ile temas etmesi ve özellikle sıcaklığa maruz kalması ve bazen de oda sıcaklığının bile bu düşüşe neden olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir. İçeriğindeki askorbik asit ile oksijen kolayca tepkimeye girmektedir. Ayrıca askorbik asitin 21 °C ve üzerindeki sıcaklıklara bir saatten fazla maruz kaldığında parçalandığı belirtilmektedir [Poyrazoğlu ve Veliöğlu, 2010].

Mikrodalga ve suda ısıl işlem proseslerinin uygulandığı, kuşkonmaz sebzesinin farklı bölümlerindeki peroksidaz inaktivasyonu ve askorbik asit degradasyonu kinetiklerinin araştırıldığı çalışmada, kuşkonmaz bitkisinin sap, tomurcuk, üst ve orta bölümleri gibi farklı kısımlarındaki askorbik asit ve peroksidaz inaktivasyonunun farklı farklı olduğu tespit edilmiştir [Zheng ve Lu, 2011]. Bu çalışmada iki farklı ısıl işlem uygulanmıştır. İlk proseste 70, 80 ve 90 °C’de suda ısıl işlem ve diğer proseste 900 W’da 30 saniye mikrodalgada ısıl işlemin ardından suda ısıl işlem şeklinde uygulanmıştır. Kuşkonmazın bütün kısımlarındaki askorbik asit ve peroksidaz inaktivasyonunun birinci dereceden modeller sergilediği tespit edilmiştir. Her iki proses uygulamasında da kuşkonmazın bütün segmentlerindeki askorbik asit degradasyonu ve peroksidaz inaktivasyonunun sap kısmından tomurcuk kısmına doğru artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna ek olarak, bu ısıl işlemlerin askorbik asit degradasyonunun aktivasyon enerjisini arttırdığını ve peroksidaz

inaktivasyonunun aktivasyon enerjisini de düşürdüğü bulunmuştur [Zheng ve Lu, 2011].

Gıda endüstrisinde sebzelerin kesilmesi, soyulması ve dondurma işleminden sonra tekstürde oluşan enzimatik reaksiyonlardan kaynaklanan değişim ve kararmayı önlemek için kısa süreli olarak suda ön ısıl işlem uygulanmaktadır. Alvarez ve ark.’nın yaptığı çalışmada mikrodalga fırında biberler 10, 15, 20, 25 ve 30 saniye ısıl işlemde tutularak, antioksidan aktivite değerlerine bakılmıştır. Bu çalışmada polifenol oksidaz enzimi inaktif edilirken, biberdeki antioksidan aktivitedeki değişim de tespit edilmiştir. Biberdeki polifenoloksidaz, peroksidaz ve pektinaz gibi enzimleri inaktif ederken ayrıca ürünün duyuusal ve kimyasal değişimlerinin de azaldığı bildirilmektedir [Alvarez vd., 2011]. Fenolik bileşenlerin biberde kuru maddede 9.6 mg/g’den 7.6 mg/g değerine düştüğü ve antioksidan aktivite değerinin de bu termal uygulamayla kuru madde de 29’dan 42 µM trolox/g’a yükseldiği tespit edilmiştir [Alvarez vd., 2011].

Begüm ve ark.’nın yaptığı çalışmada domateslerin geleneksel suda haşlama ve mikrodalgada haşlama ısıl işlem öncesi ve sonrası ile dondurma işleminden sonraki, duyuusal, besinsel ve kimyasal karakterlerindeki değişimler araştırılmıştır. Suda haşlama (4 dk), cam kapta buharda haşlama, haşlama kabında mikrodalgada haşlama ve mikrodalgada haşlama şeklinde 4 farklı ısıl işlem uygulaması yapmışlardır. Daha sonra bu ısıl işlemlerden sonra dondurma işlemi uygulanmıştır. En düşük rutubet içeriği mikrodalga uygulandıktan sonraki durumda %92 olarak, mikrodalgadan sonraki dondurma işleminden sonra %86 olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda bu uygulamada domateslerde en yüksek indirgen askorbik asit miktarı da tespit edilmiştir. Haşlama işlemi ve ardından dondurma işlemi sonrasında en yüksek indirgen askorbik asit tutulması >23 mg/100 g, >%91 olarak bulunmuştur. Suda yapılan haşlama sonrasında genelde aroma, tat, görünüm ve tektür yapısının en iyi korunduğu tespit edilmiştir. Sonuçta bu çalışmada suda haşlamanın görsel renk ve duyuusal özellikleri iyi korurken, diğer besinsel içeriklerin mikrodalgada yapılan haşlama işleminden sonra daha çok tutuklandığını bulmuşlardır [Begum ve Brewer, 2000].

Kurutulmuş çeri domatesin uçucu bileşen profilinin araştırıldığı çalışmada, mikrodalga ve ozmotik ön işlemin etkileri de araştırılmıştır [Heredia vd., 2012]. Geleneksel olarak hava ve güneşle kurutmanın yerine ozmotik dehidrasyon veya mikrodalga ile havada kurutma tekniklerinin en uygun yöntemler olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmadaki analiz değişkenleri olarak 40 °C ve 55 °C’de kurutma havası, mikrodalga uygulaması (0 ve 1 W/g) ve 30 °C’de, 120 dakika, 55 brix değerinde ikili sükröz solüsyonlu ozmotik dehidrasyon ve 40 °C’de, 60 dakika %27.5 sükröz artı %10’luk sodyum klorürlü üçlü solüsyon kullanılmıştır. Taze domateste 20 önemli uçucu bileşen olduğu tespit edilmiştir. Bunların arasından 2-izobutilizol ve 6-metil-5-hepten-2-1’in en baskın ve etkili uçucu bileşen olduğu tespit edilmiştir. Maillard reaksiyonu ile ilgili olan 1-butanol, 2-metil-2-bütenal, 3-hidroksi-2-bütanon, furfural, acetonitril oluşumunun, karotenoidlerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin yıkımının ve dehidrasyonun neden olduğu taze domatesteki bileşenleri uyarılmasının ve domatesteki uçucu bileşen profillerini modifiye ettiğini tespit etmişlerdir [Heredia vd., 2012].

Knockaert ve ark.’nın yaptıkları laboratuvar ortamında yüksek basınç altında zeytinyağı içeren domates püresinin homojenizasyonu sırasındaki likopenin degradasyonu, izomerizasyonu ve likopen geçişi araştırılmıştır. Buna ek olarak ısıl ve yüksek basınç proseslerinin de etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre domates püresinin pastörizasyon sırasında, sağlıkla ilgili özelliklerinin az etkilendiği ancak yoğun termal pastörizasyonda cis-likopen oluşumu meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Buna göre yüksek basınçlı pastörizasyon prosesinde likopen konsantrasyonunun çok fazla değişmediği gözlemlenmiştir. Bunun nedeninde 60 °C gibi düşük sıcaklık uygulamasından kaynaklanmış olabilmektedir. Ancak sterilizasyon prosesi sırasında, likopen oksidasyonu yüzünden, toplam likopen konsantrasyonunda belirgin bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem ve yüksek basınç altında sterilizasyon arasında belirgin bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak toplam cis-likopen miktarının prosesler sırasında belirgin bir şekilde etkilendiği tespit edilmiştir. Isıl işlem sırasında, yoğun pastörizasyon işleminden sonra cis-likopen miktarının arttığı ve ayrıca yüksek basınç sterilizasyon ile ısıl işlem sterilizasyonu karşılaştırıldığında, yüksek basınç sterilizasyonu sırasında daha az

cis-likopen oluştuğu tespit edilmiştir. 9-cis-likopen oluşumu, 13-cis-likopen oluşumuna göre daha yoğun oluştuğu ve bunun yanı sıra yüksek basınç sterilizasyonu sırasında 5-cis-likopen artışının olduğu gözlenirken, normal ısıl işlem sterilizasyonu sırasında 5-cis-likopen konsantrasyonunda düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüksek basınçlı homojenizasyon ve ardından ısıl işlem veya yüksek basınç proses uygulamasında, zeytin yağı domates püresindeki likopen geçişinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Bütün sterilizasyon proseslerinde bu düşüşün belirgin olduğu bildirilmektedir. Likopenin yağ fazına yüksek basınç etkisiyle geçtiği ve likopeni degradasyona karşı çok duyarlı hale getirdiği ve bunun da likopen geçişini düşürdüğü tezini savunmaktadırlar. Bu sonuçlar endüstriyel domates proses ürünlerinin koruma amaçlı ısıl işlem, sterilizasyon veya pastörizasyon sırasında önem arz etmektedir [Knockaert vd., 2012].

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Mersin Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu saf hat gen havuzunda bulunan kırmızı-kiraz (ALATA-Kki-12A), sarı-kiraz (ALATA-Ks-S3), turuncu-kiraz (ALATA-Kt-37), kahverengi-kiraz (ALATA-Kka-32), kırmızı-salkım (ALATA-Ski-2D), sarı-salkım (ALATA-Ss-S1), turuncu-salkım (ALATA-St-27), kahverengi-salkım (ALATA-Kka-27), kırmızı-beef (ALATA-Bki-A2), sarı-beef (ALATA-Bs-S11), turuncu-beef (ALATA-Bt-6), kahverengi-beef (ALATA-Kkai-32) domates çeşitleri materyal kaynağı olarak kullanılmıştır (Şekil 3.1. ve Çizelge 3.1.) Kiraz, salkım ve beef türlerinin kırmızı, sarı, turuncu ve kahverengi renkli çeşitlerinden en az 2’şer kg olacak şekilde Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyon Müdürlüğü’nde hasat edilmiştir. Analiz edilen her bir domates örneği orta büyüklükte ve ortalama 100 ± 10 gramdır. Domatesler analiz yapılıncaya kadar -80°C ’de muhafaza edilmiştir. Her bir numuneden ortalama 100 g irilikte olanlar seçilmiş ve her analiz 3 tekerrürlü olarak çalışılmıştır.



Kırmızı Domates

Sarı Domates

Turuncu Domates

Kahverengi Domates

Şekil 3.1. Analizlerde kullanılan kırmızı, sarı, turuncu ve kahverengi renkli domates çeşitleri

Çizelge 3.1. Biyoaktif özelliklerin analizlerinde kullanılan domates kodları

Domates Rengi	Domates Çeşit Kodları		
	Kiraz	Salkım	Beef
Kırmızı	Kki-12A	Ski-2D	Bki-A2
Sarı	Ks-S3	Ss-S1	Bs-S11
Turuncu	Kt-37	St-27	Bt-6
Kahverengi	Kka-32	Kka-27	Kkai-32

Mikrodalga ve suda ısıtma işlemleri analizi için kırmızı-salkım (ALATA-Ski-2D), sarı-salkım (ALATA-Ss-S1) ve kahverengi-salkım (ALATA-Kka-27) domatesleri materyal kaynağı olarak kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Isıl işlem analizlerinde kullanılan domates kodları

Domates Rengi	Domates Çeşit Kodları
Kırmızı	Salkım
Turuncu	Ski-2D
Kahverengi	St-27
	Kka-27

3.1.1. Kimyasallar

HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) analizlerinde kullanılan standartlar ve kullanılan sarf malzemeleri; Likopen (Sigma L9879-10 mg), β -karoten (Sigma C4582-5 mg), L-askorbik asit (Sigma A5960-10 mg), klorojenik asit (Aldrich C3878-250 mg), kafeik asit (Sigma C0625-2 g), ferulik asit (Aldrich 128708-5 g), rutin trihidrat (Fluka 78095- 25 mg), peroksidaz enzimi (Sigma 77331-100 mg), tert-butilhidroquinon (M841424.0100), tert-bütillamonyum hidrojen sülfat (Sigma 155837-25 mg), kalsiyum karbonat (Sigma 12010-1 kg), 2,2-Di (4-tert-octylphenyl)-1-picrylhydrazyl (Aldrich 257621 g), meta-fosforik asit (Sigma 79615-100 g), pyrogallal (Fluka 83130-25 g), butilated hidroksi toluen (BHT) (Aldrich W218405-1 kg) ve aseton, metanol, hekzan, asetonitril ve diğer HPLC saflığında kimyasallardır. Bu kimyasallar ile ekstraksiyon için kullanılan diğer kimyasallar Sigma Aldrich

(St. Louis, MO, A.B.D.), Merck (Darmstadt, Almanya) ve Fluka markalı firmalarından satın alınmıştır.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. HPLC ile Karotenoid Madde Analizi

Ekstraksiyon

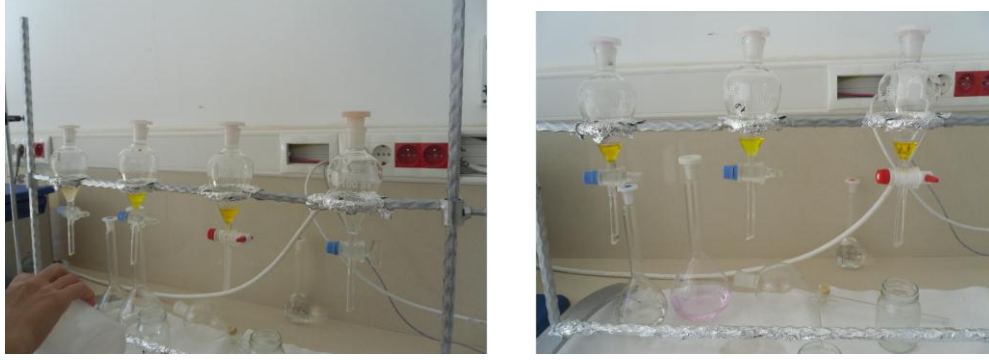
Melendez Martinez ve ark.’nın yaptıkları analiz metodu modifiye edilerek domateslerin antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Domatesler homojenizatörden (T25, Ika, Almanya) geçirildikten sonra, 1g domates pulpu teflon bir tüpe aktarılıp üzerine hekzan:aseton:metanol (50:25:25) ve %0.1’lik BHT içerikli 10 mL ekstraksiyon çözeltisi ilave edilmiştir. Karıştırma işlemi uygulandıktan sonra tüpe 2992 g’de 10 dakika 4°C’de santrifüj yapılmıştır. Berrak kısım alınarak 4 defa ayırma hunisinde 15 mL damıtık su ile yıkanmıştır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). 15 mL %10’luk KOH ile azot gazı altında 1 saat karanlıkta bekletilmiştir. Sabunlaşmayı sonlandırmak için 10 mL %10’luk NaCl ilave edilmiştir. Karışım tekrar 4 defa 15 mL damıtık su ile yıkanıp hekzan fazı rotari evaporatörde (Heidolph, Hei-VAPValue, Almanya) uçurulmuştur (Şekil 3.4). Kalıntı 2 mL aseton:metanol çözeltisinde çözündürülüp 0.45 µm’lik filtreden geçirilerek viallere alınarak HPLC’de analiz edilmiştir [Meléndez-Martínez vd., 2007].



Şekil 3.2. Karotenoid madde ekstraksiyon analizinde kullanılan homojenizatör ve ayırma hunileri

Kromatografi koşulları

- HPLC : LC-20AD, Shimadzu, Kyoto, Japonya,
Millenium 2010 chromatography software
- Kolon : Inertsil ODS-2 kolon
- Kolon Sıcaklığı : 25 °C
- Dedektör : Waters 486 UV-VIS dedektör
- Akış hızı : 1.0 mL/dk
- Enjeksiyon hacmi : 10 µL
- Dalga boyu : 450 nm
- Hareketli faz (mobile phase): MeOH (A-%70)- MTBE (B-%30) gradient akış



Şekil 3.3. Karotenoid madde ekstraksiyon analizinde kullanılan ayırma hunileri



Şekil 3.4. Karotenoid madde analizinde kullanılan rotary evaporatör

Tanımlama ve Hesaplama

Domateste bulunan karotenoidler, elde edilen kromatogramdaki piklerin geliş zamanları ile karotenoid standartlarına (likopen ve β -karoten) ait piklerin geliş zamanlarının karşılaştırılması ile tanımlanmıştır. Karotenoid madde miktarları β -karoten ve likopen için sırasıyla $y = 2.27 \cdot 10^{-5} x + 2.16$ eşitliği ($R^2 = 0.9942$) ve $y = 9.77 \cdot 10^{-5} x + 0.99$ eşitliği ($R^2 = 0.9983$) ile hesaplanmıştır.

3.2.2. Antioksidan Aktivite Analizi

Ölçümlerde stabil radikal DPPH (2,2-Di(4-tert-octylphenyl)-1-picrylhydrazyl) solüsyonu kullanılmıştır. 5 g domates örnekleri %80’lik metanol ile 4 °C ve 5000 rpm’de (Hettich Micro 220R-Almanya) 15 dakika santrifüj edilmiştir (Şekil 3.5). Üstteki 100 μ L supernatant, 2460 μ L (DPPH* ve 80% methanol 0.025 g/L) ile karıştırılmıştır. Spektrofotometrede (Biotek PowerwaveHT, USA) 515 nm’de dalga boyunda ölçümler yapıлып 60. dakikadaki aktivite değerleri alınmış ve inhibisyon konsantrasyonu Eşitlik 3.1.’den hesaplanmıştır [Klimczak vd.,2007].

$$I (\%) = \left(\frac{A_{\text{şahit}} - A_{\text{örnek}}}{A_{\text{şahit}}} \right) \times 100 \quad (3.1)$$



Şekil 3.5. Antioksidan aktivite analizinde kullanılan santrifüj

3.2.3. HPLC ile L-Askorbik Asit Analizi

Ekstraksiyon

Askorbik asit analizi için L-askorbik asit standardı kullanılmıştır. Domates örneğinden 5 g alınarak test tüpüne aktarılıp üzerine 5 mL % 2.5 m-fosforik asit çözeltisi eklenmiştir. Karışım + 4 °C’ de 5000 g’de Hettich Micro 220R (Germany) marka cihazda 10 dakika süre ile santrifüjlenmiştir. Santrifüj tüpündeki berrak kısımdan 0.5 mL alınıp % 2.5’lik m-fosforik çözeltisi ile 10 mL’ye tamamlanmıştır. Bu karışım 0.45 µm’lik teflon filtreden geçirilerek HPLC (LC-20AD, Shimadzu, Kyoto, Japonya) cihazında analiz edilmiştir [Cemeroğlu, 2007].

Kromatografi Koşulları

L-askorbik asitin analizi Meléndez-Martínez ve arkadaşlarının yöntemindeki HPLC koşulları uygulanarak yapılmıştır. Sonuçlar, %2 KH₂PO₄ izokratik akış profilinde elde edilmiştir [Meléndez-Martínez vd., 2007].

- HPLC : LC-20AD, Shimadzu, Kyoto, Japonya, Waters
510 pompa, Millenium 2010 chromatography software
- Kolon : Inertsil ODS-3 Kolon
- Kolon Sıcaklığı : 25°C
- Akış hızı : 1.0 mL /dk
- Enjeksiyon hacmi : 10 µL
- Dalga boyu : 244 nm

Tanımlama ve Hesaplama

Domatesteki L-askorbik asit miktarı, elde edilen kromatogramdaki piklerin geliş zamanları ile L-askorbik asit standardına ait pikin geliş zamanlarının

karşılaştırılması ile tanımlanmıştır. L-askorbik asit madde miktarı, $y = 1.95 \cdot 10^{-5} x + 1.24$ eşitliği ($R^2 = 0.9997$) ile hesaplanmıştır.

3.2.4. HPLC ile Fenolik Asit Analizi

Ekstraksiyon

25 g donmuş domates örneği, 20 mL, 2 g/L tert-butylhydroquinone, %62.5’luk sıvı metanol ve 5 mL, HCl (6 M) ile santrifüj edilmiştir (Eppendorf centrifuge 5804, Almanya). 90°C’de 2 saat reflüks işleminden sonra, ekstrakt soğutulup metanol ile 50 mL’ye tamamlanmıştır (Şekil 3.6). Daha sonra 5 dakika ultrasonik parçalama işlemi uygulanarak ekstraksiyon 0.45 µm filtreden geçirilerek enjeksiyonla viallere alınmış [Odrizola- Serrano vd., 2009] ve HPLC cihazında analiz edilmiştir (Agilent 1100 series, Almanya). Şekil 3.7’da viallere alınan domates ekstraktları ve hazırlanan standartlar yer almaktadır.



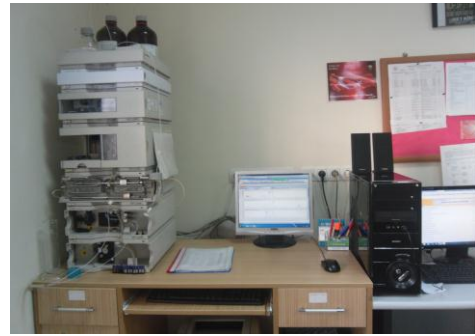
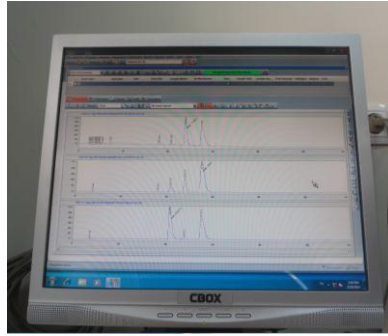
Şekil 3.6. Fenolik asit analizinde kullanılan geri soğutucu ve santrifüj



Şekil 3.7. Fenolik asit analizinde hazırlanan fenolik asit standartları ve domates ekstraktları

Kromatografi Koşulları

- HPLC : Agilent 1100 series
- Kolon : C18 Spherisorb ODS2 (5 µm) paslanmaz çelik kolon (4.6 mmx250 mm)
- Kolon Sıcaklığı : 25 °C
- Akış hızı : 1.0 mL /dk
- Enjeksiyon hacmi : 10 µL
- Dalga boyu : 244 nm
- Hareketli faz (mobile phase) : suda %2.5 HCOOH karışımı (solvent A) ve Asetonitrilde %2.5 HCOOH (Solvent B) karışımı kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Fenolik asit analizinde kullanılan HPLC cihazı

Tanımlama ve Hesaplama

Fenolik asit analizinde klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit ve rutin trihidrat standartları %80'lik metanol ile hazırlanarak analiz için kullanılmıştır. Klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit ve rutin trihidrat ara stok çözeltileri, 1 - 50 mg/kg konsantrasyon aralıklarında, mobil faz kullanılarak hazırlanmıştır. Klorojenik asit miktarı, standart eğrisi piklerin alanına göre $y = 59.58x$ eşitliği ($R^2 = 0.9994$), ferulik asit miktarı, ferulik asit standart eğrisi piklerin alanına göre $y = 159.06 x$ eşitliği ($R^2 = 0.9999$), rutin trihidrat miktarı, rutin trihidrat standart

eğrisindeki piklerin alanına göre $y = 54.43 x$ eşitliği ($R^2 = 0.9999$) ve kafeik asit miktarı ise kafeik asit standart eğri piklerin alanına göre $y = 171.37 x$ eşitliği ($R^2 = 0.9999$) ile hesaplanmıştır.

3.2.5. HPLC ile Şeker Analizi

Ekstraksiyon

Blendırda pulp haline getirilen domates örneklerinden 5g alınıp üzerine 20 ml deionize su ilave edilip 3 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra 0.45 µm’lik membran filtreden geçirilip analize hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.9.’da görülen HPLC’de (Agilent 1100, Almanya) yapılan analiz Bartolome vd.,’nın yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır.

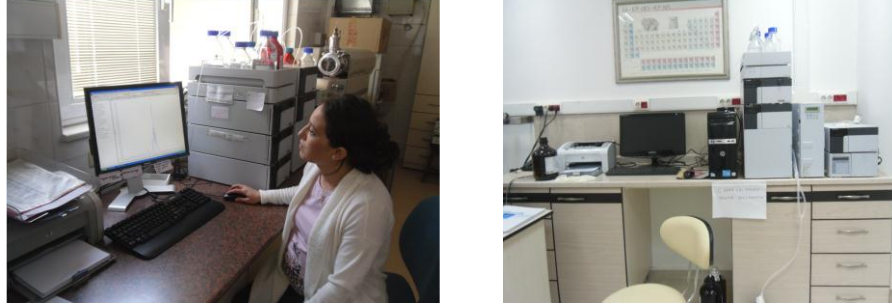
Kromatografi Koşulları

- HPLC : LC-20AD, Shimadzu, Kyoto, Japonya
- Dedektör : Shimadzu LC-20AD refraktif indeks dedektörü
- Kolon : Inertsil ODS-3 Kolon
- Kolon Sıcaklığı : 30 °C
- Akış hızı : 1.3 mL /dk
- Enjeksiyon hacmi : 10 µL
- Dalga boyu : 244 nm
- Elüsyon süresi : 20 dk
- Hareketli faz (mobile phase): % 80 Asetonitril + % 20 Saf Su

Tanımlama ve Hesaplama

Tanımlama ve hesaplama piklerin alıkonma zamanına göre tespit edilmiş, pik alanına göre daha önceden hazırlanan standartlardaki grafikten glukoz miktarı için $y = 1.52 \cdot 10^{-5} x$ eşitliği ($R^2 = 0.9988$), fruktoz miktarı için $y = 1.39 \cdot 10^{-5}$ eşitliği ($R^2 = 0.9997$) ve sakkaroz miktarı için $y = 1.33 \cdot 10^{-5} x$ eşitliği ($R^2 = 0.9999$) ile

hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar mg/kg cinsinden belirtilmiştir [Bartolemo vd., 1995].



Şekil 3.9. Şeker analizinde kullanılan HPLC cihazı

3.2.6. Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Ekstraksiyon

25 g örnek, 50 mL, 0.1 M Na-fosfat tamponu ile bir blendırda yüksek devirde 1-2 dakika homojenize edilmiştir. Elde edilen pulp, filtre kağıdından geçirildikten sonra soğutmalı santrifüjde (Hettich, Rotina 380 R, Almanya) 2991 g’de 45 dakika santrifüj işlemi yapılmıştır. Tüpün üst kısmında oluşmuş berrak kısım aktivite ölçümünde kullanılmıştır.

Analiz

Bir tüpe 1 mL % 0.5’lik guaiakol çözeltisi alınıp, üzerine 1 mL hidrojen peroksit (H₂O₂) çözeltisi (% 0.5) eklenerek karıştırılmış ve böylece reaksiyon çözeltisi elde edilmiştir. Sıcaklığı 30 °C’ ye dengelenmiş bir spektrofotmetre küvetine (Şekil 3.10), homojenattan hazırlanmış ve 0.1 mL berrak ektrat kısmı alınmıştır. Üzerine sırasıyla, önceden 30 °C’ ye getirilmiş 2.2 mL damıtık su ve 0.7 mL reaksiyon çözeltisi eklenmiştir.

Tanımlama ve Hesaplama

Spektrofotometrenin (Bio Tek PowerWave HT Mikroplate, Kanada) kuvvet hücre sıcaklığı, 30 °C’de sabit tutulurken, derhal 420 nm’de absorbans ölçümlerine başlanmıştır. 0., 0.5., 1., 1.5., 2., 2.5., 3., 3.5., 4., 4.5., 5.min’da 420 nm’de absorbans ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.10). Absorbans ölçümleriyle elde edilen “absorbans-süre” verileri, absorbans değerleri kullanılarak grafik çizilmiştir. Grafikten elde edilen eğim değerleri Eşitlik 3.2’deki formüle konularak enzim aktivite değerleri hesaplanmıştır [Cemeroğlu, 2010].

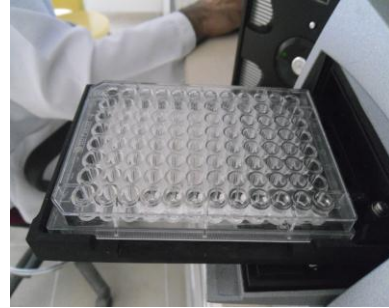
$$\text{Enzim Aktivitesi (Ünite/mL)} = (E/0.001) \times (1/H_e) \times (H_{rk}) \times (Sf) \quad (3.2)$$

E: Eğim

H_e = Enzim ekstratının hacmi

H_{rk} = Reaksiyon karışımı

Sf= seyreltme faktörü (1)



Şekil 3.10. Enzim aktivitesi analizinde kullanılan spektrofotometre

3.2.7. Mikrodalgada Isıl İşlem

-80 °C’deki numuneler 600 W’ta, 3 dakika mikrodalgada (50 Hz, Cem, Mars5 Microwave, USA) çözüldürülerek +4 °C’ye getirilmiştir. Daha sonra örnekler bekletilmeden 600 W’ta 90 °C’de 2 dakika mikrodalgada ısıl işlem uygulamasına

maruz bırakılmıştır. Isıl işlemin ardından örneklerin enzim aktivitesi, L-askorbik asit, likopen ve β -karoten miktarları belirlenmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Mikrodalgada haşlama analizinde kullanılan laboratuvar ölçekli mikrodalga

3.2.8. Suda Ön Isıl İşlem

-80 °C'deki numuneler 600 W'ta, 3 dakika laboratuvar ölçekli mikrodalgada (Cem, Mars5 Microwave, USA) çözündürülerek +4 °C'ye getirilmiştir. Daha sonra örnekler bekletilmeden 90 °C'de 5 dakika suda ön ısıl işlem uygulamasına maruz kalmıştır. Isıl işlemin ardından hemen ekstraksiyonlar analize hazır hale gelecek şekilde viallere alınmıştır. Örneklerin enzim aktivitesi, L-askorbik asit, likopen ve β -karoten miktarları belirlenmiştir.

3.2.9. İstatiksel Analiz

Tüm analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Domateste belirlenen; antioksidan aktivite, karotenoid madde (likopen, β -karoten), L-askorbik asit, fenolik asit, şeker miktarları ile ısıl işlem sonrası askorbik asit, likopen ve β -karoten miktarları faktöriyel düzende iki yönlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile bulunmuştur. Antioksidan aktivite ile karotenoidler arasındaki ilişki Pearson korrelasyon testi ile bulunmuştur. İstatiksel değerlendirme SPSS 15.0 (Windows Evaluation Version SPSS Inc.,) programı kullanılarak yapılmıştır. Grafikler için Sigma Plot 10. (SigmaPlot for Windows version 10.0, Systat software) paket programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, yeni nesil domates çeşitlerinin ve renginin karotenoidler (likopen ve β -karoten), antioksidan aktivite, L-askorbik asit, fenolik asitler ve şeker miktarı üzerine etkileri araştırılmıştır. Domates çeşitleri arasından belirlenen antioksidan maddeler açısından zengin olan salkım türünün kırmızı, turuncu ve kahverengi renkteki domateslere mikrodalgada ve suda ön ısıl işlemleri uygulanmıştır. Gıda endüstrisinde ön ısıl işlem prosesi önemli olduğundan domateslere ısıl işlem uygulanması yapılmıştır. Isıl işlemin domateslerdeki enzim aktivitesi, L-askorbik asit, likopen ve β -karoten içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Isıl işlemlerin uygun yapıp yapılmadığı peroksidaz enzim aktivitesi ile belirlenmiştir. Domates ve domates ürünlerinin dünyada fazla tüketilmesinden dolayı bu çalışmamızda yer alan yeni çeşit ve renkteki domatesler incelenmiştir.

Hemen hemen tüm yüksek bitkilerde, pek çok mikroorganizmada, fotosentetik bakterilerde, mantarlarda ve hayvanlar aleminin bütün familyalarında farklı miktarlarda bulunan ve insan sağlığı için önemli bir yere sahip olan karotenoidler sarı ve kırmızı tondaki doğal renkleri veren pigmentlerdendir. Doğal antioksidan özelliğe sahip olan karotenoidler insan sağlığı için önemli bir yere sahip olduğundan domateste özellikle bu karotenoid miktarları belirlenmiştir. Domatese özgü tadı veren fenolik bileşenlerden klorojenik asit, ferulik asit, kafeik asit ve rutin trihidrat miktarları da incelenmiştir.

Elde edilen bulgularla faktoriyel düzende varyans analizi yapılmış ve iki yönlü varyans analizi ile domateslerdeki antioksidan aktivite, karotenoid madde (likopen, β -karoten), L-askorbik asit, fenolik asit ve şeker miktarlarının, çeşit ve renk değişkenlerinden önemli düzeyde etkilendiği ($p < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.1)

Çizelge 4.1. Domates çeşit ve renklerinin domatesteki antioksidan maddeler ve şeker miktarına olan etkisi

	Varyasyon Kaynağı		
	Çeşit	Renk	Çeşit x Renk
Serbestlik Derecesi	3	4	12
Likopen(mg/kg)	*	*	*
β-Karoten(mg/kg)	*	*	*
Antioksidan Aktivite (%)	*	*	*
Askorbik Asit (mg/kg)	*	*	*
Klorojenik Asit (mg/kg)	*	*	*
Ferulik Asit (mg/kg)	*	*	*
Kafeik Asit (mg/kg)	*	*	*
Rutin Trihidrat (mg/kg)	*	*	*
Glukoz (mg/kg)	*	*	*
Fruktoz (mg/kg)	*	*	*
Toplam Şeker (mg/kg)	*	*	*

*: p< 0.05 düzeyinde önemli

Domateslerin L-askorbik asit, likopen ve β-karoten miktarı mikrodalgada ve suda yapılan ısıt işlemlerden ve domates renklerinden önemli düzeyde etkilendiği (p<0.05) belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

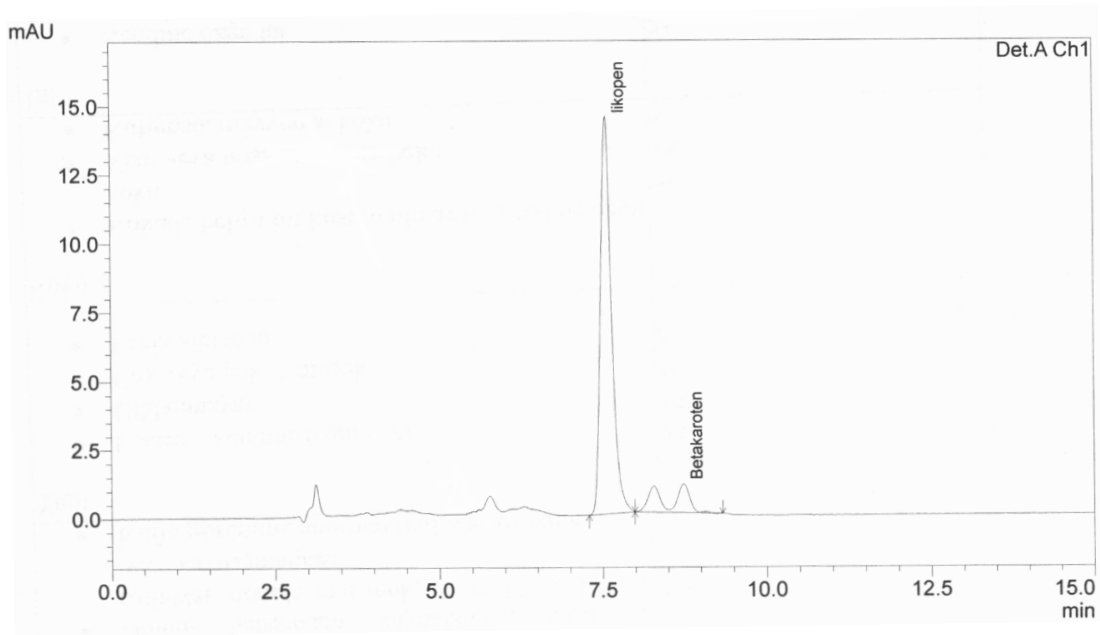
Çizelge 4.2. Isıl işlem prosesi ve domates renk değişkenlerinin domatesin L-askorbik asit, likopen ve β-karoten üzerine etkisi

	Varyasyon Kaynağı		
	Proses	Renk	Proses x Renk
Serbestlik Derecesi	3	3	9
L-Askorbik Asit (mg/kg)	*	*	*
Likopen (mg/kg)	*	*	*
β-Karoten(mg/kg)	*	*	*

*: p< 0.05 düzeyinde önemli

4.1. DOMATESLERİN LİKOPEN VE β -KAROTEN MADDE DAĞILIMI

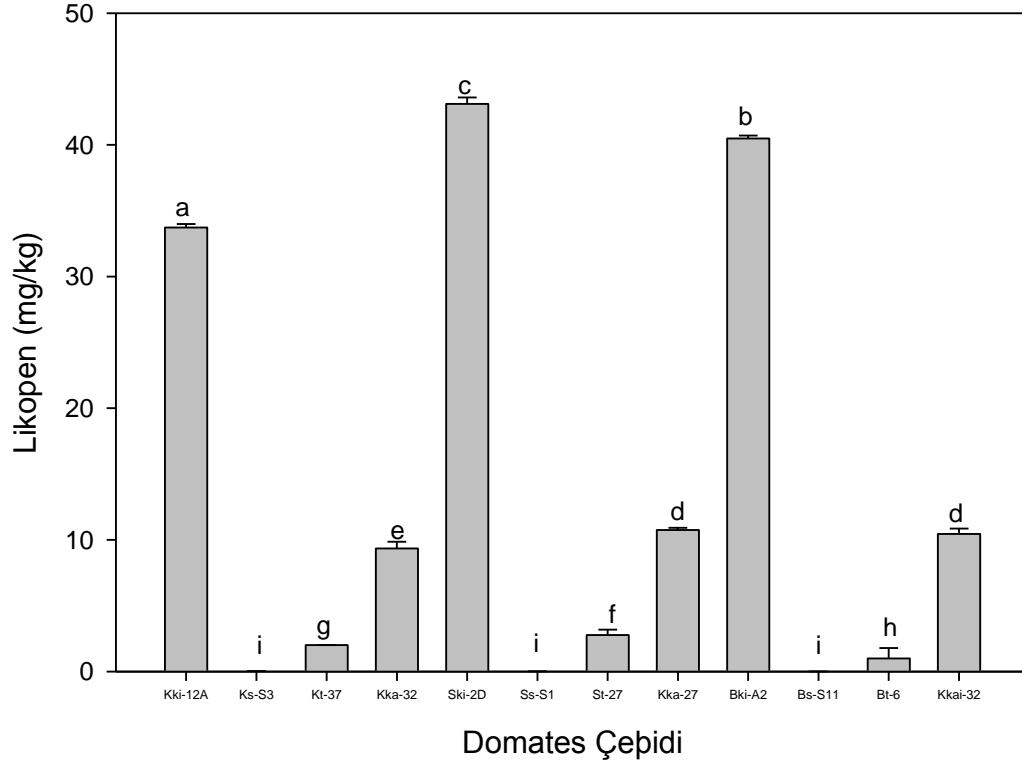
HPLC yöntemiyle likopen tayini için öncelikle gerekli olan likopen standart eğrisi belirlenmiştir. Bu standart eğrinin verilerine doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve eğriyi tamamlayan eşitlik bulunduğundan sonra örneklerin likopen ve β -karoten içerikleri hesaplanmıştır. Domateslere ait likopen ve β -karoten içeriklerine ilişkin kromatogramlar Şekil 4.1.’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Kırmızı salkım domates ekstraktındaki likopen ve β -karoten piklerini gösteren kromatogram

Karotenoid grubundan likopen ve β -Karoten en çok kırmızı türlerde (kırmızı kiraz, kırmızı salkım ve kırmızı beef) tespit edilmiştir. En düşük likopen ve β -karotenoid değeri ise sarı türlerde tespit edilmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). En yüksek likopen miktarı 43.1 mg/kg değeri ile kırmızı salkım domateste, en düşük likopen miktarı 0.001 mg/kg değeri ile sarı beef çeşidinde belirlenmiştir (Şekil 4.2). Likopen miktarı bütün türlerde kendi içinde sırasıyla, en çok kırmızı, kahverengi ve turuncu renk domateste, en düşük ise sarı renkli domateslerde tespit edilmiştir. Bilindiği gibi likopen karpuz, domates ve

pembe greyfurtta kırmızı rengi vermektedir ve bu çalışmada da en yüksek likopen oranı kırmızı çeşitlerde bulunmuştur. Domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Salkım domateslerinin ortalama likopen içerikleri 14.2 mg/kg, beef domateslerinki 12.9 mg/kg ve kiraz domateslerinki de 11.3 mg/kg'dır.



Şekil 4.2. Domateslerde bulunan likopen miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$))

Kiraz türleri içinde en yüksek likopen değeri 33.7 mg/kg ile kırmızı kirazda, en düşük ise 0.02 mg/kg değeri ile sarı kirazda tespit edilmiştir. Salkım türleri içinde en yüksek likopen değeri 43.1 mg/kg ile kırmızı salkımda, en düşük likopen değeri ise 0.01 mg/kg değeri ile sarı salkımda bulunmuştur. Beef türleri içinde en yüksek likopen değeri 40.4 mg/kg ile kırmızı beef domateste, en düşük likopen değeri ise 0.001 mg/kg değeri ile sarı beef domateste belirlenmiştir. Likopen parlak kırmızı bir karotenoid pigmenttir ve kırmızı domateste fazla likopen tespit edilmesi yapılan

literatür araştırmasıyla uyumlu olduğunu göstermektedir. Likopen en yaygın karotenoid grubu içinde yer almakta ve en güçlü karotenoid antioksidanlardandır.

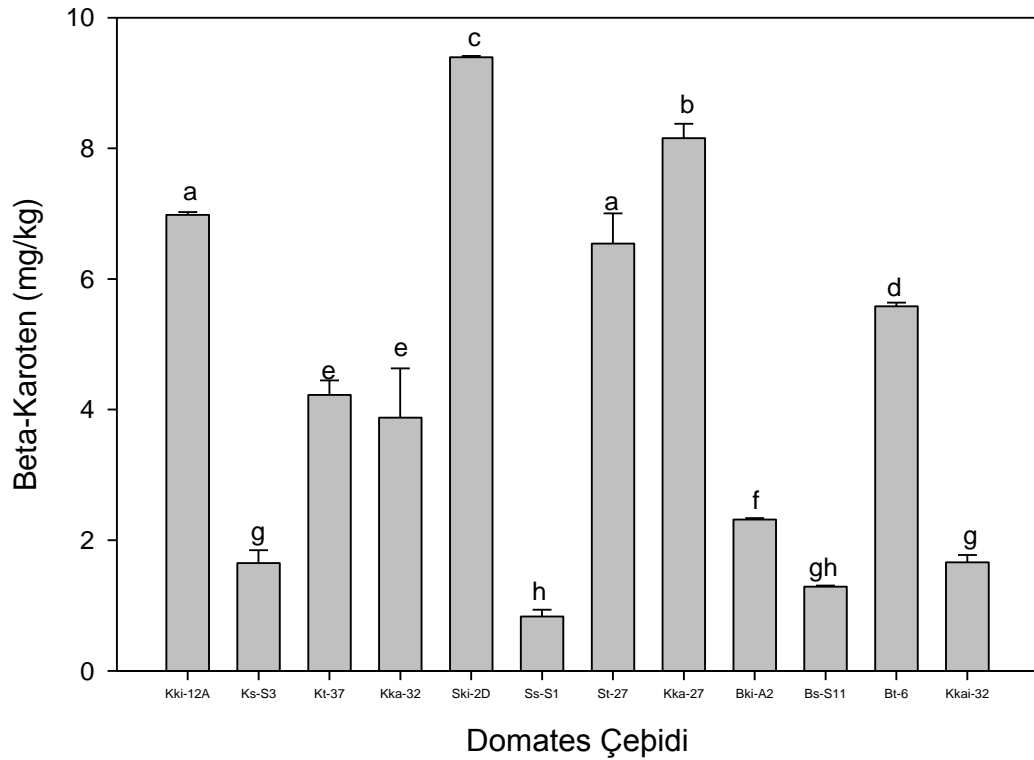
Gartner ve ark.’nın yaptığı çalışmada taze kırmızı domatesin serum konsantrasyonunda toplam likopen değerini 282 ± 36 (nmol/L) ve domates salçasında ise toplam likopen değerini de 360 ± 148 (nmol/L) olarak tespit etmişlerdir [Gartner vd., 1997]. Domateslerde karotenoid madde ve antioksidan aktivitenin incelendiği başka bir çalışmada, 16 çeşit domates örneğinde bulunan likopen değerini 24.43 ± 4.28 mg/kg ile 5.72 ± 1.48 mg/kg değerleri arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bir sonraki yıl hasat edilen aynı 16 çeşit domates çeşidinde ise likopen değerlerini 26.25 ± 4.85 mg/kg ile 8.72 ± 0.93 mg/kg değerleri arasında olduğunu bulmuşlardır [Erge, 2007].

Diğer bir çalışmada, 9 çeşit domates örneğinin olgunluk aşamasındaki likopen içeriğinin incelendiği çalışmada, likopen miktarı 42.7 ile 24.9 mg/kg değerleri arasında olduğu belirtilmektedir [Oluk vd., 2012]. George ve ark.’nın, taze, püre ve dondurularak kurutulmuş kırmızı ve sarı domateslerin mikroyapılarındaki toplam fenolik, L-askorbik asit ve karotenoidleri incelediği çalışmada taze kırmızı domateste likopen miktarını 3.7 ± 0.5 mg/100 g olarak tespit etmişlerdir ancak sarı domates çeşidinde likopen tespit etmemişlerdir [George vd., 2011]. Bu çalışmada da 3 çeşit domates türünün hepsinde de sarı olan domates çeşitlerinde likopen tespit edilmemiştir (Şekil 4.2).

β -Karoten havuç ve birçok sebze meyvenin turuncu renginden sorumludur. Karoten, fotosentez için önemli bir fotosentetik pigmenttir. Karoten karaciğerde depolanıp gerekli olduğu zaman A vitaminine dönüşebildiğinden bir provitamindir.

Domates çeşitlerinde, ortalama β -karoten miktarı en çok kırmızı türlerde (6.2 mg/kg) en düşük ise sarı türlerde (1.3 mg/kg) tespit edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek β -karoten miktarı 9.4 mg/kg değeri ile kırmızı salkımda, en düşük β -karoten miktarının 0.83 mg/kg değeri ile sarı salkım çeşidinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3). Domates çeşitlerinin ortalama β -karoten miktarı arasında

istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Buna göre ortalama β -karoten miktarı, salkım türü için 6.2 mg/kg, kiraz türü için 4.2 mg/kg ve beef türü içinse 2.7 mg/kg bulunmuştur. Salkım ve kiraz türlerinde β -karoten miktarı en çok kırmızı çeşitlerde tespit edilmiştir. Kırmızı türlerde β -karoten miktarının yüksek çıkması likopen ve β -siklaz enziminin etkileşimi sonucunda her iki molekülün sonundaki β -iyon halkalarının birleştirilmesi ile likopen’in β -karoten’e dönüşmesinden kaynaklanmaktadır [Rosati vd., 2000]. Turuncu renkten sorumlu olan β -karoten, beef türü içinde en çok beef türünde turuncuda tespit edilmiştir. Beef türleri içinde likopen en fazla kırmızıda bulunduğu buradaki likopenin de β -karoten’e dönüşerek β -karoten artışına sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.3. Domateslerde bulunan β -Karoten miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)).

Kiraz türleri içinde en yüksek β -karoten miktarının 6.9 mg/kg ile kırmızı kirazda, en düşük ise 1.6 mg/kg değeri ile sarı kiraz domateste olduğu belirlenmiştir.

Beef türleri içinde en yüksek β -karoten değeri 5.6 mg/kg ile turuncu beef, en düşük β -karoten miktarı ise 1.3 mg/kg değeri ile sarı beef domateste tespit edilmiştir. β -Karoten miktarı, kiraz türlerinde kendi içinde en çok sırasıyla kırmızı, turuncu, kahverengi ve sarı domates çeşitlerinde olduğu tespit edilmiştir. Aynı durum salkım türlerinde de geçerlidir. Ancak beef türlerinde böyle bir durum söz konusu değildir. β -Karoten miktarı, en çok turuncu beef domateste daha sonra kırmızı beef ve kahverengi beef domateste, en az da sarı beef domateste olduğu bulunmuştur.

Literatür incelemesinde ve yapılan bir çalışmada 16 çeşit domates örneğinde bulunan β -karoten değerinin 7.09 ± 0.129 mg/kg ile 2.10 ± 0.096 mg/kg değerleri arasında olduğu ve bir sonraki yıl hasat edilen 16 domates çeşidindeki β -karoten miktarlarının ise 11.24 ± 0.576 mg/kg ile 2.65 ± 0.084 mg/kg değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir [Erge, 2007]. Bu tez çalışmasında 12 farklı tür ve renk domates çeşidindeki β -karoten miktarları 9.4 mg/kg ile 0.83 mg/kg arasında bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen bulguların literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada ise 9 çeşit domates örneğinin olgunluk aşamasındaki β -karoten içeriğinin 9.27-17.80 mg/kg aralığında olduğu belirtilmektedir [Oluk vd., 2012].

Taze, püre ve dondurularak kurutulmuş kırmızı ve sarı domateslerin mikroyapılarındaki toplam fenolik, L-askorbik asit ve karotenoidlerin incelendiği çalışmada taze kırmızı domateste β -karoten miktarını 1.0 ± 0.0 mg/100 g ve taze sarı domateste β -karoten miktarını 0.3 ± 0.1 mg/100 g olarak tespit etmişlerdir [George vd., 2011].

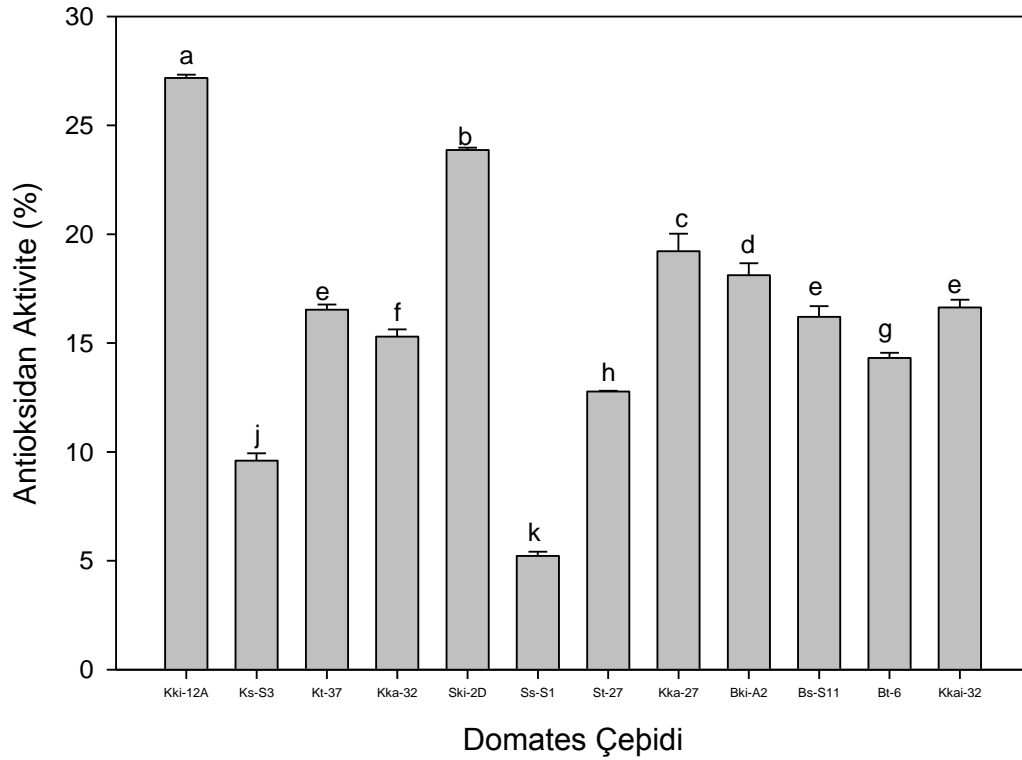
Elde edilen bu bulgularla her rengin ve çeşidin içinde yer alan likopen ve β -karoten miktarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Genel anlamda literatürde yapılan domates çeşitlerinden elde edilen bulgularla, bu çalışmadan elde edilen bulgular uyumlu olmasına rağmen bazı farklılıklar da bulunmaktadır. Yukarıda bahsedilen literatür bilgisinde sarı domateste β -karoten tespit edilemezken bu çalışmada yer alan sarı türlerden sadece sarı salkımda tespit edilmemiş diğer sarı beef ve sarı kiraz domateslerde 1.6 mg/kg ve 1.3 mg/kg gibi çok düşük miktarlarda β -karoten miktarı tespit edilmiştir.

Sıcaklık, ışık ve hasat zamanı gibi çevresel etkenlerin likopen ve β -karoten oluşumunu etkilediği düşünülmektedir. Bazı araştırmacılar 16-21°C sıcaklık aralığının likopen oluşumunu teşvik ettiğini; buna karşılık 30 °C'nin üzerindeki sıcaklığın likopen sentezini inhibe ettiğini belirtirken, diğer araştırmacılar ise; likopenin 12–32 °C sıcaklık aralığında optimum düzeyde oluştuğu; daha yüksek sıcaklıklarda ise oluşumunun engellendiğini belirtmektedirler [Toor ve Savage, 2005].

4.2. DOMATESLERDE ANTIÖKSİDAN AKTİVİTENİN BELİRLENMESİ

Domates çeşitlerinde en yüksek antioksidan aktivite değeri %27.2 olarak kırmızı kiraz domates çeşidinde, en düşük antioksidan aktivite değeri ise %5.2 ile sarı salkım domates çeşidinde olduğu bulunmuştur. Domates çeşidinin ve renginin domateslerin antioksidan aktivite değerlerinin değişimi üzerine etkisi önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Ortalama antioksidan aktivite değeri en yüksek kırmızı renkli domateslerde (%23.1), en düşük ise sarı renkli domateslerde (%10.3) bulunmuştur. Turuncu ve kahverengi domateslerde ise sırasıyla %17.1 ile %10.3'tür. Kiraz tipi domateslerde ortalama antioksidan aktivite değeri %17.2, beef türü domateslerde %16.3 ve salkım türü domateslerde ise %15.3 olarak belirlenmiştir.

Kiraz türleri içinde en yüksek antioksidan aktivite %27.1 değeri ile kırmızı kirazda, en düşük antioksidan aktivite ise %9.6 değeri ile sarı kiraz domateste bulunmuştur. Salkım türleri içinde en yüksek aktivite %23.8 ile kırmızı salkımda, en düşük antioksidan aktivite ise %5.2 ile sarı salkımda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Domateslerde bulunan antioksidan aktivite değerleri (%) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).)

Beef türleri içinde en yüksek antioksidan aktivite değeri %18.1 ile kırmızı beef domates çeşidinde, en düşük antioksidan değer ise %14.3 değeri ile turuncu beef domates çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. Ancak sarı ve kahverengi beef türlerindeki antioksidan değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Sarı beef türünde %16.1 değeri çıkarken, kahverengi beef türünde de %16.6 değeri çıkmıştır.

Domatesteki antioksidan aktiviteyi oluşturan başlıca biyoaktif bileşenler karotenoidler, L-askorbik asit ve fenolik bileşiklerdir. En yüksek antioksidan aktivitenin kırmızı çeşitlerde bulunmasının sebebinin, güçlü antioksidan özelliğe sahip likopen, β -karoten karotenoidler ile L-askorbik asidin kırmızı türlerde daha fazla bulunduğu düşünülmektedir. Antioksidan aktivite ile likopen ($R=0.746$, $p<0.01$), β -karoten ($R=0.643$, $p<0.01$) ve L-askorbik asit ($R=0.581$, $p<0.01$) arasında bulunan pozitif korelasyon bulunan sonuçları

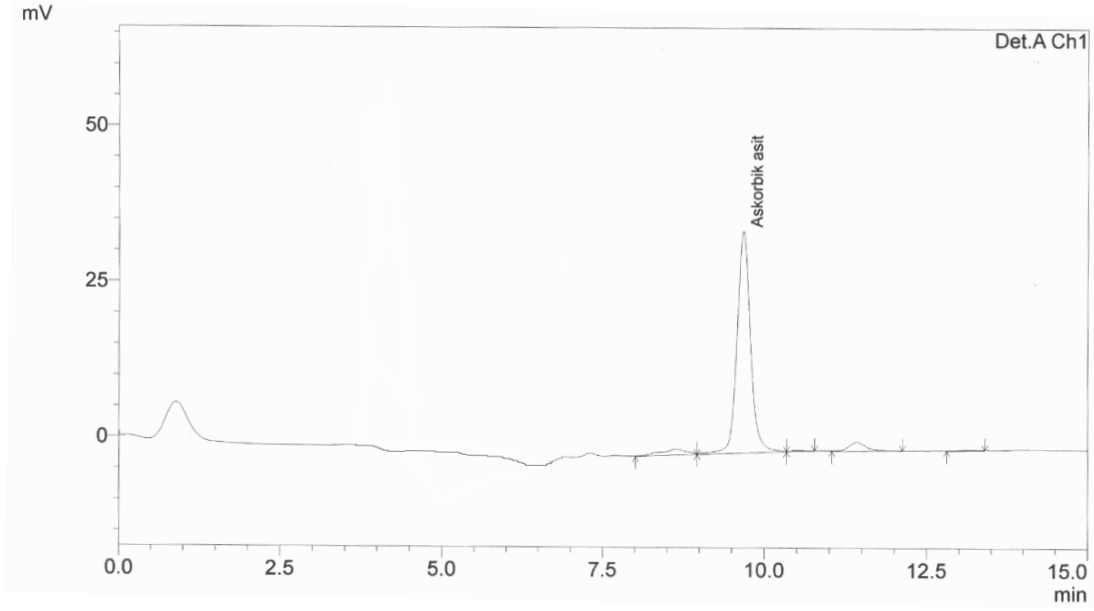
desteklemektedir. Domatesteki antioksidan aktivitenin neredeyse %95’ni likopen, %5’e yakınına da β -karotenin oluşturduğu belirtilmektedir [Lincoln ve Porter, 1949]. Likopen ile antioksidan aktivite arasında bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Genetik faktörler, ışık, sıcaklık ve su gibi çevresel faktörlerin ve ayrıca hasat sonrası depolama, üretim teknolojileri gibi etkenler domatesin antioksidan aktivitesini etkilediği belirtilmektedir. Domateslerin 8 ay boyunca serada bekletilmesi sonucunda, güneş ışığının domateslerin antioksidan bileşikleri önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir [Dumas vd., 2003].

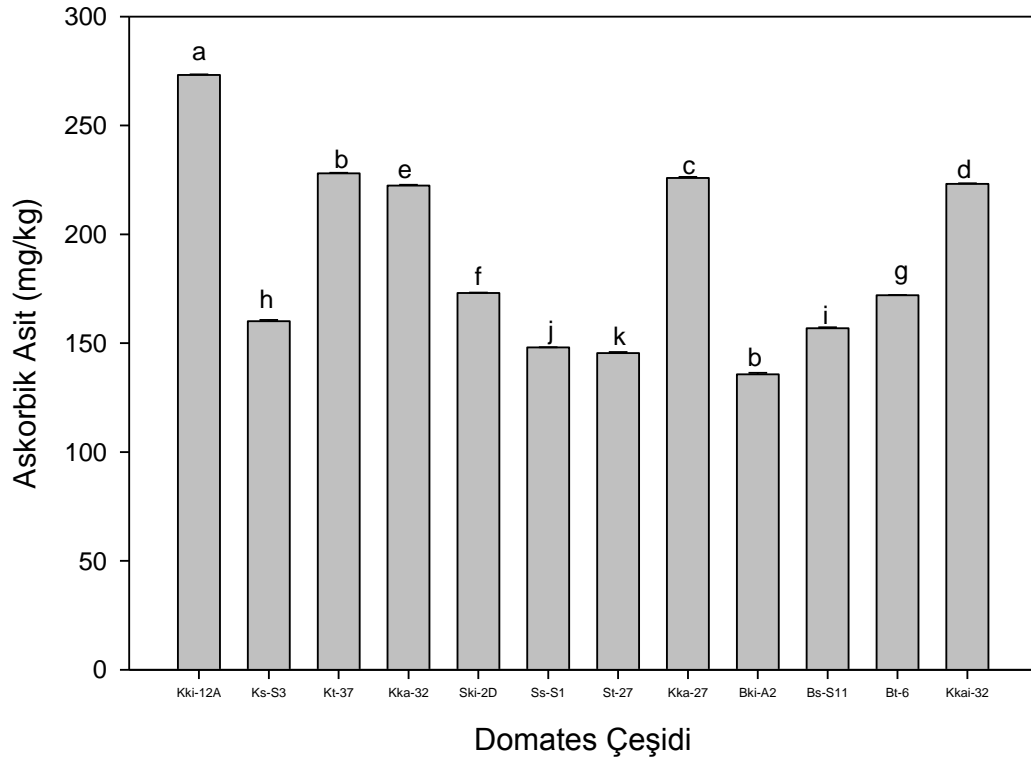
4.3. DOMATESLERDE L-ASKORBİK ASİT MİKTARI

L-Askorbik asit tayininde de karotenoidlerde olduğu gibi öncelikle standart eğri oluşturulmuştur. Elde edilen verilere doğrusal regresyon analizi uygulanmış ve eğriyi tanımlayan eşitlik belirlenmiştir. Bu eşitlik yardımıyla domateslerin L-askorbik asit miktarları belirlenmiştir. Kırmızı beef domates çeşidine ait HPLC kromatogramı Şekil 4.5’de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre antioksidan aktiviteyi oluşturan önemli antioksidan bileşiklerden biri olan L-askorbik asit miktarı, 12 çeşit domates örneğinde en yüksek 273.2 mg/kg ile kırmızı kirazda, en düşük ise 135.6 mg/kg ile kırmızı beef çeşidinde olduğu bulunmuştur (Şekil 4.6).



Şekil 4.5 Kırmızı beef ekstraktındaki L-askorbik asit pikini gösteren kromatogram



Şekil 4.6. Domateslerde bulunan L-askorbik asit miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)).

L-Askorbik asit miktarları domates çeşit ve renginden önemli derecede ($p < 0.05$) etkilenmiştir. Ortalama en yüksek L-askorbik asit miktarı kiraz tipi domateste (220.9 mg/kg), en düşük L-askorbik asit miktarı ise beef domates (171.9 mg/kg) türünde bulunmuştur. Salkım domates türünün askorbik asit içeriği ise 173.1 mg/kg olarak belirlenmiştir. Domateslerin L-askorbik asit içeriklerinin renge göre değişimi incelendiğinde, ortalama L-askorbik asit miktarı kahverengi renkli domateslerde 223.8 mg/kg, kırmızı domateslerde 193.9 mg/kg, turuncu domateslerde 181.8 mg/kg ve sarı renkli domateslerde ise 154.9 mg/kg olarak bulunmuştur.

Kiraz türleri içinde en yüksek L-askorbik asit değeri 273.2 mg/kg ile kırmızı kirazda, en düşük değer ise 160.1 mg/kg değeri ile sarı kirazda tespit edilmiştir. Salkım türleri içinde en yüksek L-askorbik asit değeri 225.9 mg/kg ile kahverengi salkımda, en düşük L-askorbik asit miktarı ise 145.4 mg/kg değeri ile turuncu salkımda tespit edilmiştir. Beef türleri içinde en yüksek L-askorbik asit 223.2 mg/kg değeri ile kahverengi beef domateste, en düşük L-askorbik asit miktarı ise 135.7 mg/kg değeri ile kırmızı beef domateste olduğu bulunmuştur. Kahverengi salkım ve kahverengi beef türlerinde en yüksek L-askorbik asit miktarı bulunmuşken, kiraz türünde ise en yüksek L-askorbik asit miktarı kırmızı renkte bulunmuştur.

Olgunluk aşamasındaki 9 çeşit domates örneğinin incelendiği çalışmada, L-askorbik asit değerinin 182.2 mg/kg ile 397.7 mg/kg aralığında olduğu tespit edilmiştir [Oluk vd., 2012]. George ve ark.’nın taze, püre ve dondurularak kurutulmuş kırmızı ve sarı domateslerin mikroyapılarındaki toplam fenolik, L-askorbik asit ve karotenoidlerin incelendiği çalışmada ise taze kırmızı domateste L-askorbik asit miktarını 158 ± 11 mg/kg ve sarı domateste 171 ± 11 mg/kg olarak tespit etmişlerdir [George vd., 2011]. Domates ve havuç püresinde termal ve yüksek basınç prosesinin antioksidan aktivite ve enstrümental renk üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada ise, proses görmemiş domatesteki L-askorbik asit miktarını kuru maddede 204.83 ± 4.88 mg/100 g olarak tespit etmişlerdir [Patras vd., 2009].

Kiraz, salkım ve beef türlerinin hepsi kendi içinde farklı çıkmış ve birbirine benzer sonuçlar da tespit edilmemiştir. Ancak literatürde yapılan araştırma sonuçları

ile 12 domates çeşidinden elde edilen bulguların yakın değerlerde çıktığı tespit edildiğinden bu çalışmadaki domates çeşitlerindeki L-askorbik asit miktarlarının literatürle uyumlu olduğu görülmektedir.

4.4. DOMATESLERİN FENOLİK MADDE DAĞILIMI

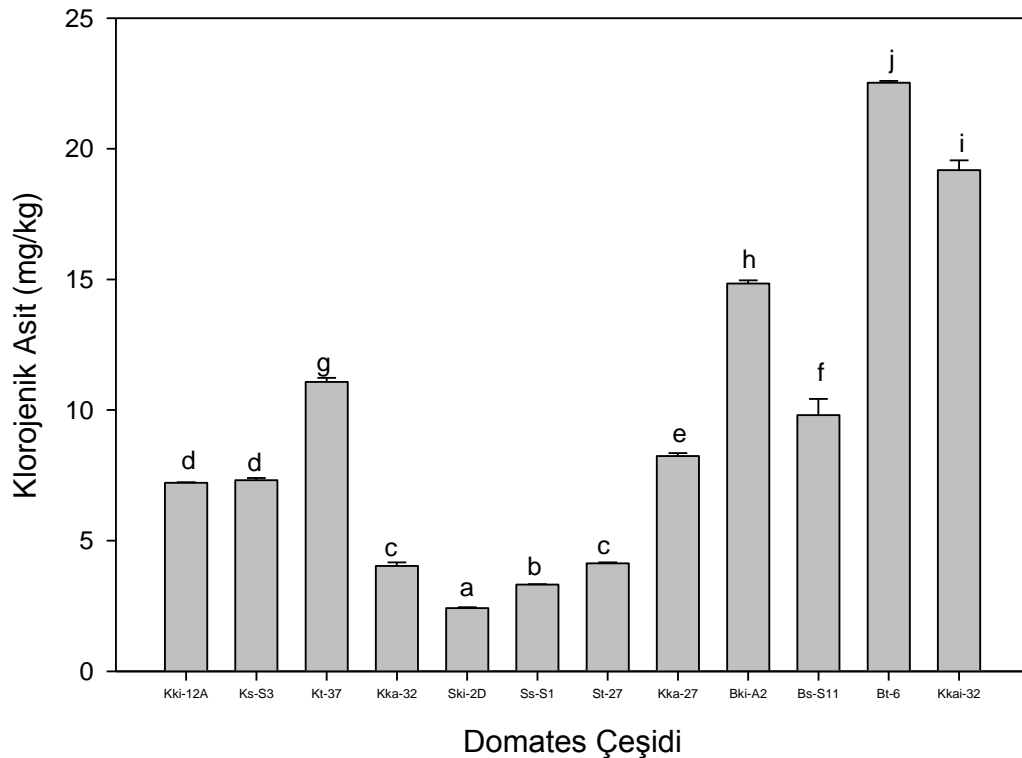
Flavonoidler gıdalara lezzet vermekte ve gıdaların rengi üzerinde etkili olmaktadır. Bitkilerde 4000’in üzerinde flavonoid olduğu bulunmuştur. Bitkisel gıdalar yaş ağırlığa göre kg başına birkaç gram flavonoid içerebilirler. Flavonoidlerin günlük ortalama tüketiminin, kişi başına 50 mg’dan 1 g’a kadar değiştiği tahmin edilmekte ve flavonoidler insan diyetlerinin düzenli bir bileşenini oluşturmaktadırlar. İnsan beslenmesindeki flavonoidin yaklaşık yarısı antosiyaninler, kateşinler ve oksoflavonoidler olduğu belirtilmektedir [Shahidi vd., 2004]. Meyve ve sebzelerde bolca bulunan flavonoidler düşük molekül ağırlıklı fenolik asitleri, flavonları, flavonolları, izoflavonları, flavan-3-oller ve antosiyaninleri içermektedir [Sánchez-Rodríguez vd., 2012]. Bu çalışmada, domates için önemli flavonoid grubunda yer alan fenolik asitlerden klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit ve rutin trihidrat miktarları belirlenmiştir.

Fenolik asitlerden klorojenik asit miktarı 22.5 mg/kg ve 2.4 mg/kg, rutin trihidrat 46.6 mg/kg ile 6.8 mg/kg değerleri arasında, ferulik asit ise 7.3 mg/kg ile 1.4 mg/kg arasında bulunmuştur. Domates çeşitlerinin ortalama klorojenik asit içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) farklılıklar bulunmuştur. En yüksek ortalama klorojenik asit miktarı beef domates çeşidinde (16.6 mg/kg) en düşük klorojenik asit miktarı ise salkım domates çeşidinde (4.5 mg/kg) tespit edilmiştir. Kiraz domates çeşidinin klorojenik asit miktarı ise 7.4 mg/kg’dır. Sarı (6.8 mg/kg), kırmızı (8.2 mg/kg), kahverengi domates (10.5 mg/kg) ve turuncu (12.6 mg/kg) renkli domates çeşitlerinin klorojenik asit miktarları arasında önemli bir fark ($p<0.05$) gözlemlenmiştir.

Domateslerin klorojenik asit miktarlarındaki değişim Şekil 4.7’de verilmiştir. Kiraz türleri içinde en yüksek klorojenik asit değeri 11.1 mg/kg ile turuncu kirazda,

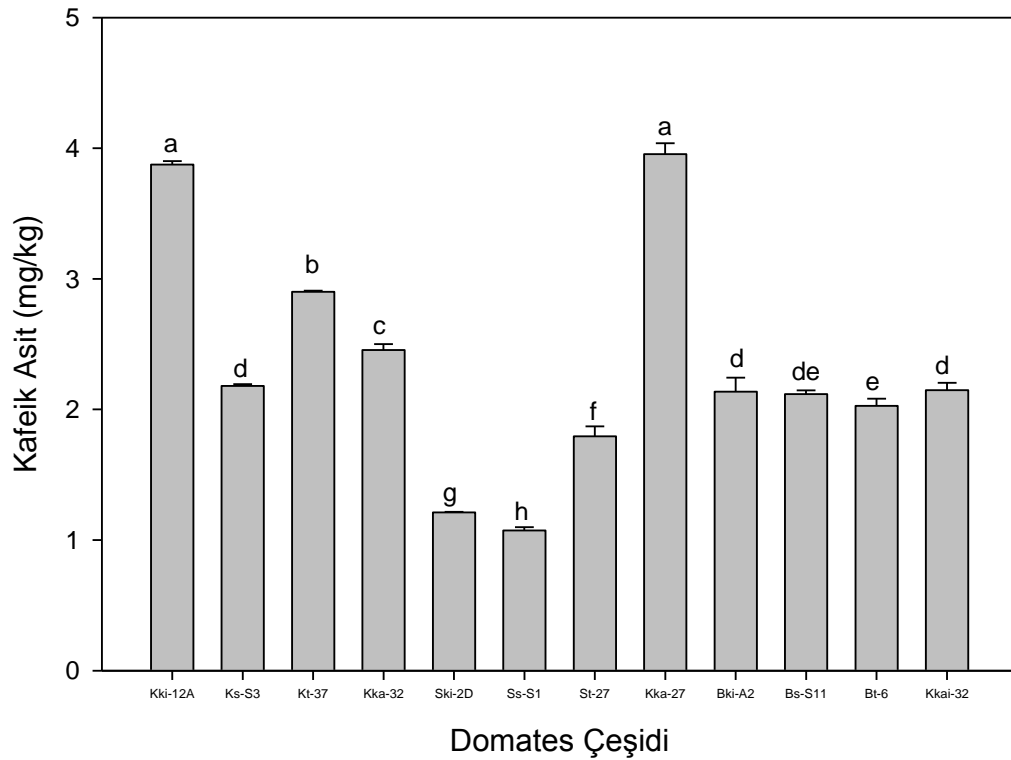
en düşük değer ise 4.0 mg/kg değeri ile kahverengi kiraz çeşidinde bulunmuştur. Kırmızı kiraz ve sarı kirazda çıkan klorojenik asit miktarları sırasıyla 7.2 mg/kg ve 7.3 mg/kg'dır. Salkım türleri içinde en yüksek klorojenik asit 8.2 mg/kg ile kahverengi salkımda, en düşük değer ise 2.4 mg/kg ile kırmızı salkımda olduğu tespit edilmiştir.

Beef türleri içinde en yüksek klorojenik asit 22.5 mg/kg değeri ile turuncu beef'te, en düşük klorojenik asit miktarını ise 9.8 mg/kg ile sarı beef çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. Domateslerdeki fenoliklerin ve fenolik asitlerin incelendiği çalışmada ise, domateslerde klorojenik asitin tespit edilemediği bunun sebebinde kafeik asite dönüşmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir [Luthria, 2006]. Ancak bu çalışmada 12 çeşit domateslerde klorojenik asit tespit edilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Domateslerde tespit edilen klorojenik asit miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

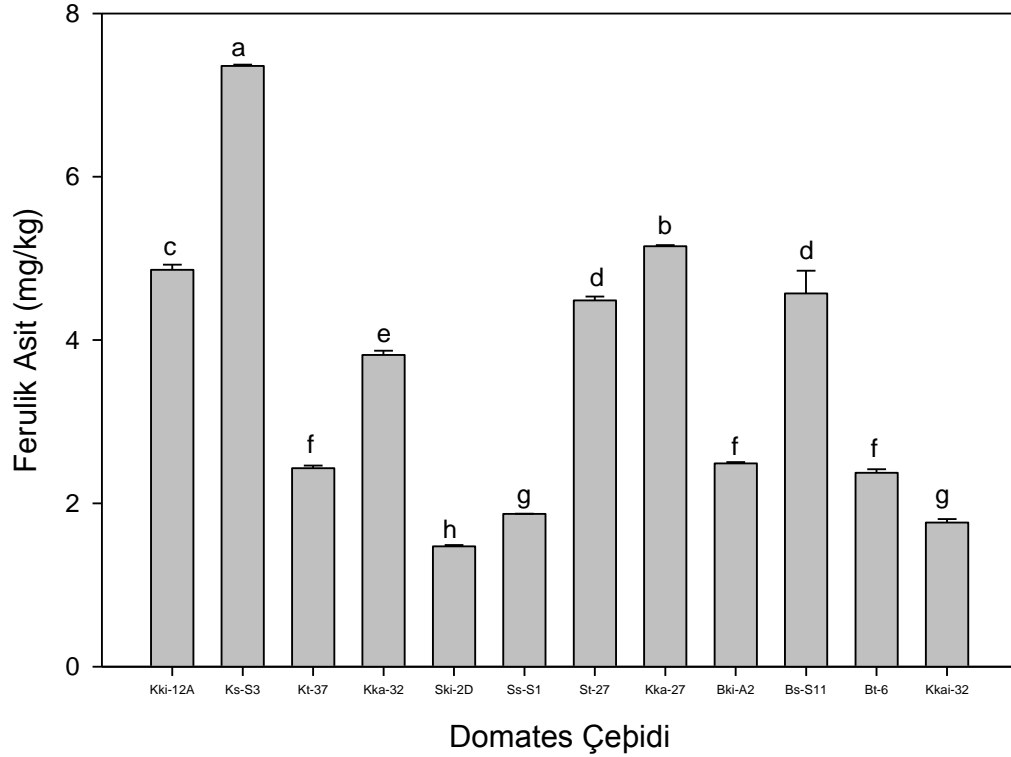
Kafeik asit miktarı domates çeşidinden ve renginden önemli derecede ($p < 0.05$) etkilenmiştir. Kiraz domates çeşitlerinin ortalama kafeik asit içerikleri (2.9 mg/kg), salkım (2.0 mg/kg) ve beef (2.1 mg/kg) domates çeşitlerinin kafeik asit içeriklerinden farklı olduğu gözlemlenmiştir. Domates renginin kafeik asit içeriğinin değişimi üzerine etkisine bakıldığında; kahverengi (2.9 mg/kg) ve kırmızı (2.4 mg/kg) renkli domateslerin kafeik asit içeriğinin sarı (1.8 mg/kg) ve turuncu (2.2 mg/kg) renkli domateslere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Kafeik asit miktarı domates çeşitleri için 3.95 mg/kg ile 1.07 mg/kg aralığında bulunmuştur (Şekil 4.8). En yüksek kafeik asit değeri 3.95 mg/kg ile kahverengi salkım çeşidinde olduğu tespit edilmiştir. En düşük kafeik asit değeri ise 1.07 mg/kg değeri ile sarı salkım'da bulunmuştur. Luthria ve ark.'nın yaptığı çalışmadaki domates örneklerinde kafeik asit miktarı kuru maddede 139 - 241 mg/kg aralığında olduğunu belirtmektedirler [Luthria vd., 2006].



Şekil 4.8 Domateslerde tespit edilen kafeik asit miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin kafeik asit içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).)

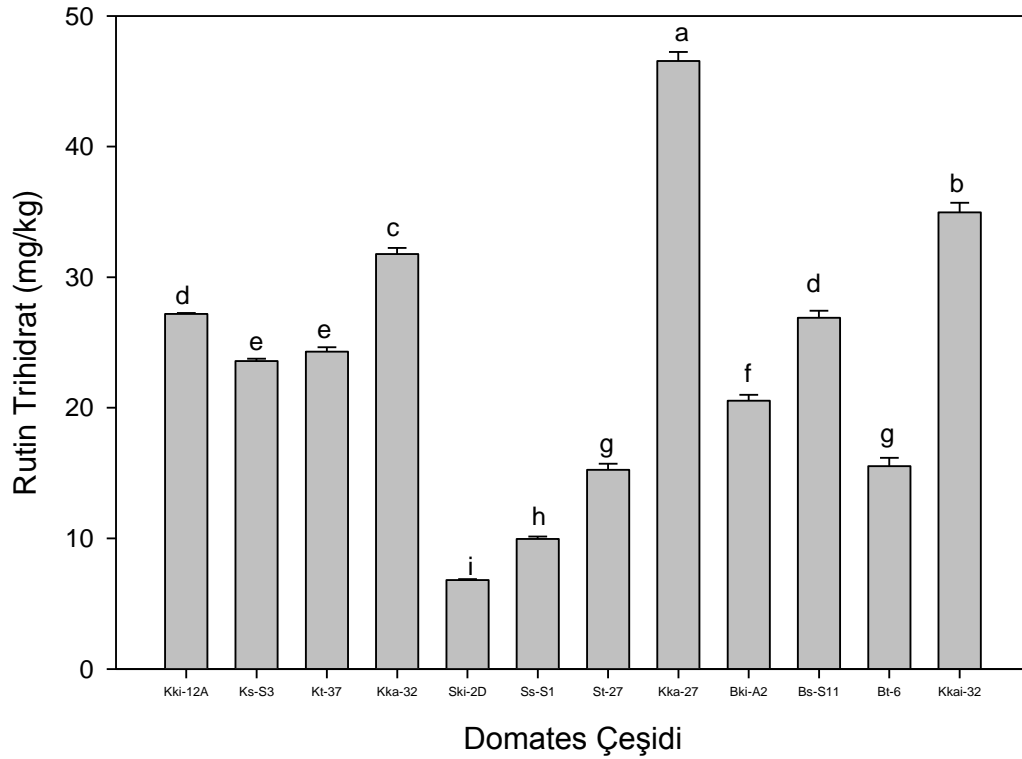
Domateslerin ortalama ferulik asit miktarı kiraz türünde 4.6 mg/kg, salkım türünde 3.2 mg/kg ve beef türünde ise 2.8 mg/kg olarak bulunmuştur. Domates türleri arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Domates renklerine göre ferulik asit içeriği önemli ($p<0.05$) değişim göstermiştir. Buna göre; sarı renkli domateslerdeki ortalama ferulik asit içeriği 4.6 mg/kg, kahverengi renkli domateslerinki 3.6 mg/kg, turuncu renkli domateslerin ferulik asit miktarı 3.1 mg/kg ve kırmızı renkli domateslerde ise 2.9 mg/kg olarak bulunmuştur. Domateslerin ferulik asit içeriğinin domates çeşit ve renklerine göre değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir. En yüksek ferulik asidin 7.3 mg/kg ile sarı kirazda, en az ferulik asidin ise 1.4 mg/kg ile kırmızı salkım çeşidinde olduğu bulunmuştur. Kiraz türleri içinde en yüksek miktar 7.3 mg/kg ile sarı kirazda, en düşük miktar ise 2.4 mg/kg ile turuncu kiraz domateste olduğu tespit edilmiştir. Salkım türleri arasında kahverengi salkım domateslerin ferulik asit içeriği (5.1 mg/kg) en yüksek, kırmızı salkım domateslerinin ferulik asit içeriğinin (1.4 mg/kg) ise en düşük değerde olduğu görülmüştür. Beef domateslerde kiraz domateslerde olduğu gibi ferulik asit içeriği en fazla sarı beef (4.5 mg/kg) domateste bulunurken en az miktar ise 1.7 mg/kg ile kahverengi beef domateste bulunmuştur.

Gómez-Romero ve arkadaşları kırmızı domates çeşitlerinin fenolik profillerini ve miktarlarını incelemişler ve domateste ferulik asit miktarını kuru maddede 30.9 ± 1.3 mg/kg, 20.00 ± 1.0 mg/kg ve 20.23 ± 0.6 mg/kg olarak tespit edilmiştir [Gómez-Romero vd., 2010]. Domateslerdeki toplam fenoliklerin ve fenolik asitlerin incelendiği çalışmada domates örneklerinde ferulik asit miktarını kuru maddede 9 mg/kg ile 15 mg/kg aralığında olduğu tespit edilmiştir [Luthria vd., 2006]. Ancak bu çalışmadaki domatesler beef, salkım ve kiraz tiplerinin kırmızı, sarı, turuncu ve kahverengi çeşitleri olduğundan literatürle bire bir aynı sonuçlar elde edilmemiştir. Literatürde yukarıdaki bahsedilen domatesler kırmızı tip ve cinsleri de farklıdır.



Şekil 4.9 Domateslerde tespit edilen ferulik asit miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).)

Domateslerin rutin trihidrat içerikleri domates türünden önemli derecede ($p<0.05$) etkilenmiştir. Domates renk değişkeninin etkisine bakıldığında kahverengi renkli domateslerin ortalama rutin trihidrat içeriğinin önemli bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Domates çeşitleri için kiraz, beef ve salkım domateslerde ortalama rutin trihidrat içeriği sırasıyla 26.7 mg/kg, 24.5 mg/kg ve 19.6 mg/kg olarak bulunmuştur. Domates renklerine göre kahverengi, sarı, turuncu ve kırmızı domateslerde rutin trihidrat miktarı ise sırasıyla 37.8 mg/kg, 20.1 mg/kg, 18.4 mg/kg ve 18.2 mg/kg'dır. Domateslerin rutin trihidrat içeriklerinin çeşit ve renklere göre dağılımı Şekil 4.10'de gösterilmiştir. Tüm domates çeşitlerinde rutin trihidrat içeriği en yüksek kahverengi salkım'da (46.6 mg/kg), en düşük ise kırmızı salkımda (6.8 mg/kg) olduğu bulunmuştur.



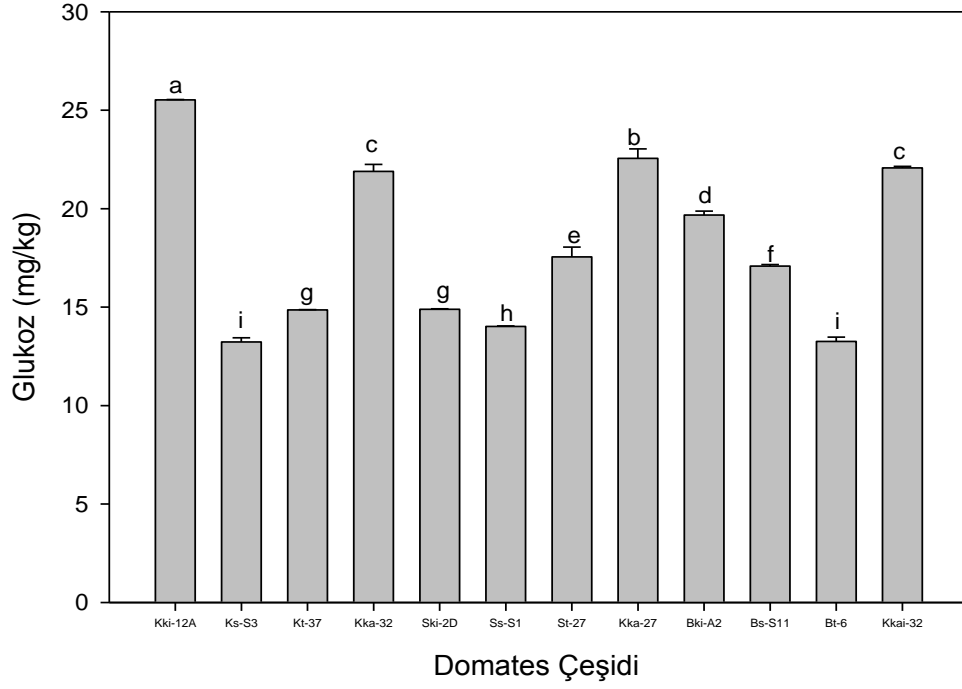
Şekil 4.10 Domateslerde tespit edilen rutin trihidrat miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).)

Kırmızı domates ekstraktındaki fenolik bileşiklerin profillerinin ve miktarlarının incelendiği çalışmada 3 farklı domatesteki toplam rutin heksosid miktarını kuru maddede 3.0 ± 0.2 mg/kg ile 2.3 ± 0.1 mg/kg değerleri arasında ve rutin pentozid miktarını ise kuru maddede 36.9 ± 0.7 mg/kg ile 55.1 ± 1.9 mg/kg değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir [Gómez-Romero vd., 2010]. Bu çalışmada rutin trihidrat değeri 34.96 mg/kg ile 6.8 mg/kg aralığında olduğu bulunmuştur. Elde edilen rutin trihidrat miktarları literatürde bulunan değerlere yakın miktarlarda çıkmıştır. Bulgular arasında farklılıkların bulunma sebebinin rutin grubunun diğer heksosid, pentosid grubu gibi değişik kimyasal gruplarına ayrıştırılıp ayrı ayrı analiz edilmesinden ve domatesin çeşit, renk ve hasat zamanlarının da farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

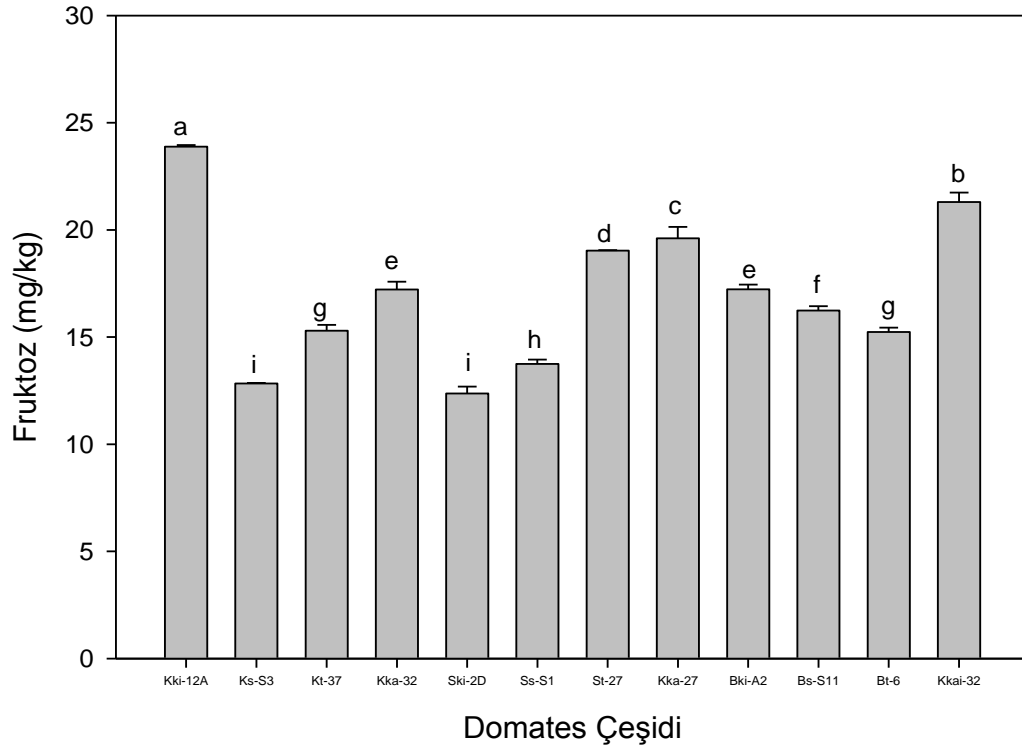
Bu çalışmada elde edilen fenolik asit miktarları ile literatürdeki yapılan bazı çalışmaların arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni ise yapılan literatür çalışmalarındaki domateslerin sadece kırmızı türde olması ve fenolik bileşiklerin yapılarından dolayı türevlerine kolaylıkla dönüşebilmesidir. Yapılan çalışmalarda domatesin dış perikarp tabakasında %68.5 fenolik grubu, çekirdeği hariç iç kısmında %28.5 ve çekirdeğinde de %3 fenolik grubu olduğu belirtilmektedir. Domateslerin sterilizasyon ve pasterizasyon gibi farklı proses aşamalarına maruz bırakıldıktan sonraki L-askorbik asit, toplam fenolik ve antioksidan kapasitenin araştırıldığı çalışmada ise toplam serbest fenolik asit miktarının yaş ağırlıkta 98.6 ± 18.1 mg GAE/kg olarak tespit etmişlerdir [Gahler vd., 2003].

4.5. DOMATESLERİN ŞEKER MİKTARI

Domateste glukoz ve fruktoz miktarı birbirine yakın oranlarda bulunmaktadır ve domatesin kuru maddesinin yaklaşık %40-60'nı oluşturmaktadır. Sakkaroz miktarı ise düşük miktarda olduğundan pratikte önemsenmemektedir. Domateslerin şeker içerikleri domates türünden önemli derecede ($p < 0.05$) etkilenmiştir. En yüksek glukoz miktarı 25.5 mg/kg değeri ile kırmızı kirazda bulunmuştur. En düşük ise 13.2 mg/kg ile sarı kirazda tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Fruktoz miktarı ise en fazla kırmızı kirazda (23.9 mg/kg), en az kırmızı salkım (12.4 mg/kg) domates çeşitinde bulunmuştur (Şekil 4.12). Domateslerin toplam şekeri kiraz türleri içinde en yüksek 49.42 mg/kg ile kırmızı kirazda, en düşük ise 26.36 mg/kg ile sarı kirazda bulunmuştur. Salkım türleri içinde en yüksek şeker miktarı 43.38 mg/kg ile kahverengi salkımda, en düşük değer ise 27.25 mg/kg ile kırmızı salkımda bulunmuştur. Beef türleri içinde en yüksek şeker miktarı 43.37 mg/kg ile kahverengi beef türünde ve en düşük olarak da 28.49 mg/kg ile turuncu beef türünde olduğu tespit edilmiştir.



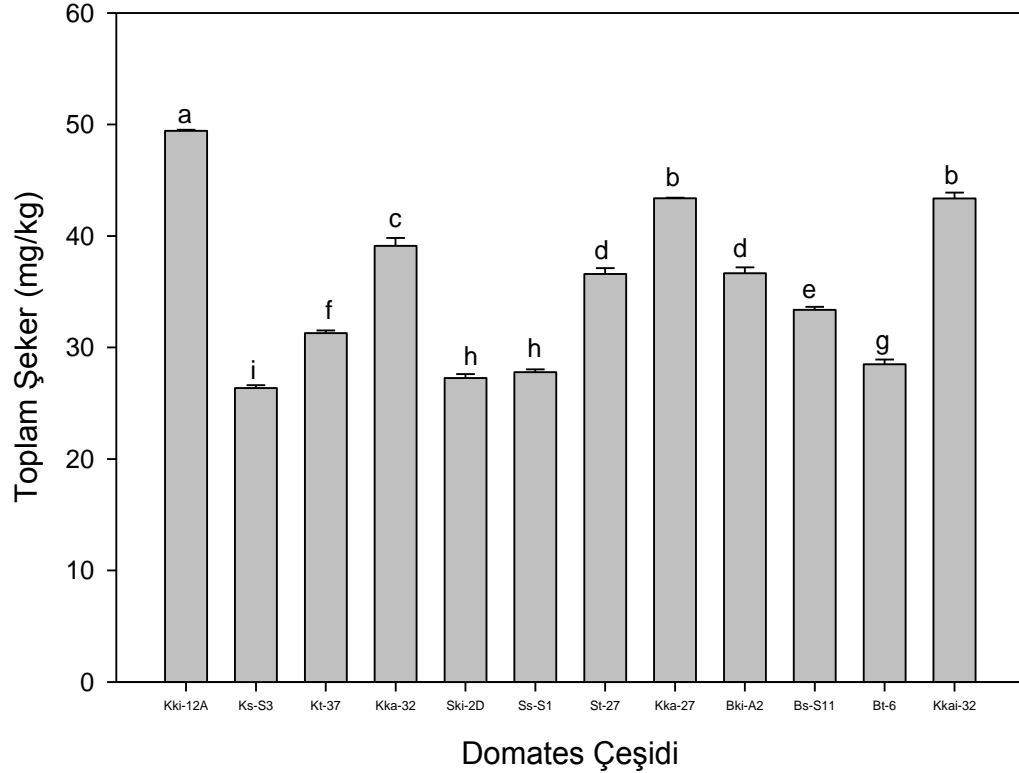
Şekil 4.11 Domateslerde tespit edilen glukoz miktarları(mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).



Şekil 4.12 Domateslerde tespit edilen fruktoz miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Glukoz ve fruktoz değerlerinin yanı sıra sakkaroz değerine de bakılmıştır. Ancak sakkaroz miktarı düşük çıkmıştır ve bazı çeşitlerde hiç bulunamamıştır. Sakkaroz şeker oranı ise 0 - 1.12 mg/kg arasında değişmektedir. Turuncu kiraz domates çeşidinde 1.12 mg/kg, kahverengi kiraz, turuncu beef ve kahverengi beef domates çeşitlerinde sakkaroz bulunamamıştır.

Yapılan literatür araştırmasında çok düşük çıkan sakkaroz değerinin, domatesin içinde bulunan glukoz ve fruktozun olgunlaşma aşamasında düşük miktarlarda da olsa sakkaroz dönüşmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Domatesin olgunlaşması sırasında PH'sında, asitliğinde ve diğer kalite parametrelerinin değişiminin incelendiği çalışmada olgun domateste glukoz miktarını 12.2 mg/kg ile 11.7 mg/kg aralığında ve fruktoz miktarının ise 12.7 mg/kg ile 14.0 mg/kg aralığında olduğu belirtilmektedir [Anthon vd., 2010].



Şekil 4.13 Domateslerde tespit edilen toplam şeker miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$)).

4.6. ISIL İŞLEM

Isıl işlem için domates çeşitlerinden salkım türlerinin kırmızı, turuncu ve kahverengi renklerdeki domatesler kullanılmıştır. Likopen, β -karoten miktarları ile antioksidan aktivite ve fenolik asit gruplarından rutin trihidrat değeri, ferulik asit ve kafeik asit değerleri de aynı zamanda en yüksek miktarlarda kahverengi salkımda tespit edilmiştir. Salkım türlerindeki biyoaktif bileşen değerlerinin daha iyi çıkması nedeniyle bu çeşitlerdeki ısıl işlem sırasındaki L-askorbik asit, likopen ve β -karoten değişimleri incelenmiştir.

4.6.1. Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Meyve ve sebzelerde ısıya dayanıklı olarak bilinen polifenoloksidaz, peroksidaz ve pektinaz enzimi içerisinde ısıya en dayanıklı olan enzim peroksidaz enzimidir. Genellikle yeterli ısıl işlem yapıp yapılmadığı enzim aktivitesi analizi ile belirlenmektedir. Mikrodalga ve suda uygulanan ısıl işlem sonrasında enzim aktiviteleri belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Turuncu salkım ve kahverengi salkım domateslerinin başlangıç enzim aktivitelerinin kırmızı salkım domatese göre yüksek olduğu bulunmuştur. Isıl işlem sonrasında enzim aktivitesinin yaklaşık %14'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Buna göre yapılan ısıl işlemlerin yeterli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3. Kırmızı salkım, turuncu salkım ve kahverengi salkım domatesin mikrodalgada ve suda ısıl işlem sonrası enzim aktivite değerleri

	Kırmızı Salkım	Turuncu Salkım	Kahverengi Salkım
	Enzim Aktivitesi (Ünite/ml)		
Isıl işlem görmemiş domatesler	25	34	47
Mikrodalgada ısıl işlem uygulanmış domatesler	3	5	7
Suda Isıl İşlem uygulanmış domatesler	2	0	2

4.6.2. L-Askorbik Asit

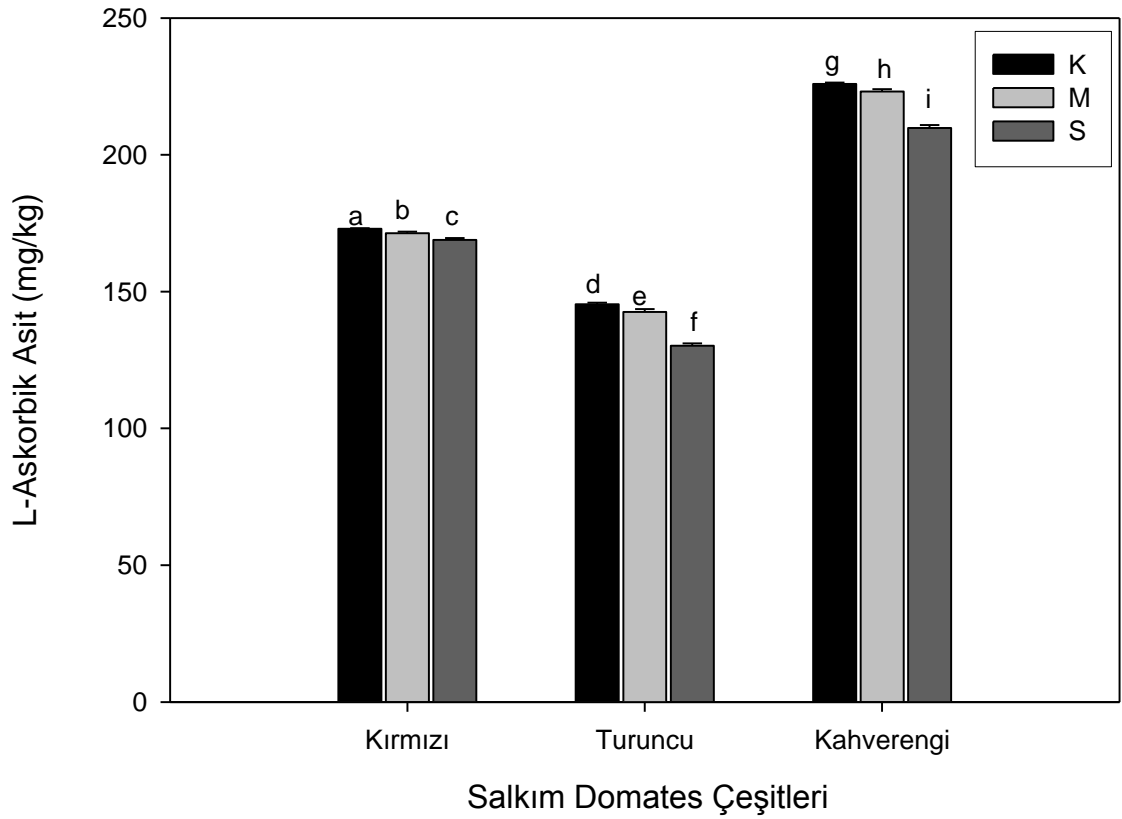
Isıl işlem görmemiş salkım domates çeşitlerinin ortalama L-askorbik asit miktarı 181.4 mg/kg'dır. Mikrodalgada ve suda uygulanan ısıl işlem ile domateslerin L-askorbik asit içerikleri önemli ($p<0.05$) düzeyde azalmıştır. L-Askorbik asit miktarındaki azalma suda uygulanan ısıl işlemde daha fazla olmuştur. Mikrodalga yöntemi uygulanan domateslerde L-askorbik asit miktarı 179. 2 mg/kg, suda ısıl işlem uygulanan domateslerde ise 169.4 mg/kg olarak bulunmuştur. Isıl işlem sonrasında L-askorbik asit değişimi en çok turuncu salkım domateste olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama askorbik asit miktarı kahverengi salkım, kırmızı salkım ve turuncu salkım için sırasıyla 219.5 mg/kg, 170.9 mg/kg ve 139.5 mg/kg'dır. Salkım domates çeşitlerindeki L-askorbik asit miktarının ısıl işlem ile değişimi Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

Isıl işlem öncesinde turuncu salkım domatesteki L-askorbik asit miktarı 145.4 mg/kg iken suda ısıl işlem sonrasında 130.0 mg/kg ve mikrodalgada ısıl işlem sonrasında 142.8 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kırmızı salkım domateste, ısıl işlem öncesinde L-askorbik asit değeri 174.0 mg/kg bulunurken, suda ve mikrodalgada ısıl işlemler sonrasında sırasıyla 168.8 mg/kg ve 171.4 mg/kg olarak bulunmuştur. Kahverengi salkım domatesin başlangıç L-askorbik asit miktarı 225.9 mg/kg iken suda ve mikrodalgada ısıl işlemler sonrasında sırasıyla 209.3 mg/kg ve 223.4 mg/kg'dır (Şekil 4.14).

Homojenizasyon ve sterilizasyon gibi prosesler sonrasında domates suyundaki L-askorbik asit, toplam fenoliklerin ve antioksidan aktivitenin araştırıldığı çalışmada domatesin iç kısmındaki L-askorbik asit miktarının dış kısmına göre daha fazla içerdiği ve proses zamanı ilerledikçe L-askorbik asit miktarındaki düşüşün daha fazla gerçekleştiği bildirilmektedir [Gahler vd., 2003]. Genel olarak suda yapılan ısıl işlemle olan kayıplar mikrodalgada yapılan ısıl işlemle olan kayıba göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Literatürde yapılan birçok mikrodalga çalışmasında da aynı

şekilde daha az kayıp bulunduğu tespit edildiğinden yapılan çalışmanın literatürle uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Orikasa vd., 2012).

Yeşil kuşkonmaz bitkisine uygulanan mikrodalga ön ısıl işlem sonrasında suda haşlama işleminin araştırıldığı çalışmada L-askorbik asit degradasyon kinetiğinin ve peroksidaz enzim aktivitesinin etkisi araştırılmıştır [Zheng vd., 2011]. Mikrodalgada 900 W, 30 saniyede yapılan ön ısıl işlemin ardından 70, 68 ve 90 °C’deki sıcaklıktaki suda haşlama, L-askorbik asit miktarında düşüşe sebep olduğu bulunmuştur.

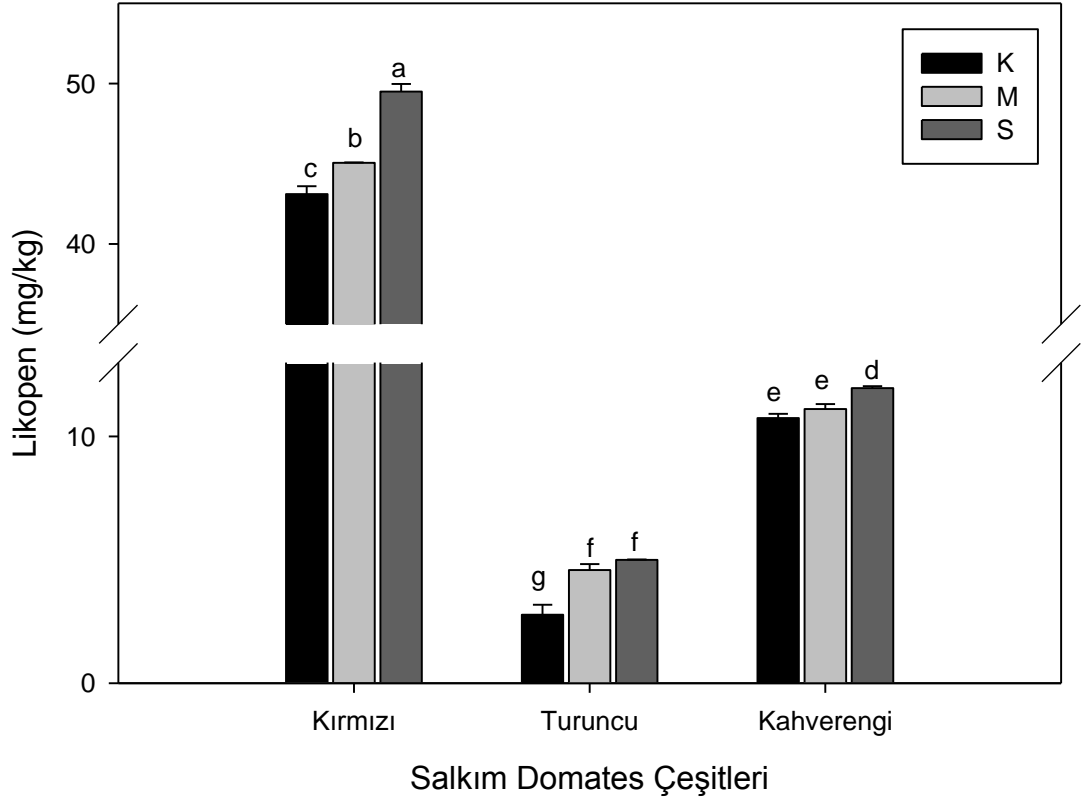


Şekil 4.14. Kontrol domates (K), mikrodalgada ısıl işlem (M) ve suda ısıl işlem (S) uygulanmış kırmızı, turuncu ve kahverengi salkım domateslerde L-askorbik asit

miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).)

4.6.3. Likopen

Suda ve mikrodalgada yapılan ısıl işlemler sonucunda domateslerdeki likopen miktarında artış olduğu gözlemlenmiştir. Domateslerin başlangıç likopen içeriği 18.8 mg/kg iken mikrodalgada uygulanan ısıl işlem sonrasında 20.3 mg/kg, suda uygulanan ısıl işlem sonrasında 22.2 mg/kg olarak bulunmuştur. Likopen içeriğinin ısıl işlem ile artışı istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Isıl işlem öncesinde kırmızı salkım domateste likopen değeri 43.1 mg/kg iken, mikrodalga ve suda ısıl işlemler sonrasında sırasıyla 45.1 mg/kg ve 49.5 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Turuncu salkım domateste likopen miktarı başlangıçta 2.8 mg/kg, mikrodalga ve suda ısıl işlem sonrasında sırasıyla 4.6 mg/kg ve 5.0 mg/kg'dır. Kahverengi salkım domateste likopen değeri ısıl işlem öncesinde 10.7 mg/kg iken mikrodalgada ve suda ısıl işlemler sonrasında sırasıyla 11.1 mg/kg ve 11.96 mg/kg olarak bulunmuştur (Şekil 4.15). En fazla likopen artışı suda yapılan ısıl işlemle gerçekleşmiştir. Mikrodalgada yapılan ısıl işlemle de artış olmasına rağmen suda yapılan ısıl işlem kadar artış gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.15. Kontrol domates (K), mikrodalgada ısıl işlem (M) ve suda ısıl işlem (S) uygulanmış kırmızı, turuncu ve kahverengi salkım domateslerde likopen miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

Yağ içeren domates püresindeki likopen degradasyonu, izomerizasyonu ve biyoyararlılığının, yüksek basınç homojenizasyonu ve ısıl işlem uygulamalarıyla oluşan etkilerinin araştırıldığı çalışmada pastörizasyon işleminin domates püresindeki sağlıkla ilgili olan özellikleri pek etkilemediği tespit edilmiştir. Sadece yoğun pastörizasyon işleminin ardından cis-likopen oluşumu gözlenmiş ve ancak sterilizasyon işleminin likopen konsantrasyonunu belirgin oranda düşürdüğü belirtilmiştir. Daha sonrasındaki degradasyonda, all-trans-likopenin 9-cis ve 13-cis likopene dönüştüğü belirlenmiştir [Knockaert vd., 2012].

Yüksek basınç sterilizasyonu ısı sterilizasyon prosesiyle karşılaştırıldığında, yüksek basınç sterilizasyonda likopen izomerizasyonu belirli oranda daha az gerçekleştiği belirtilmektedir. Pastörizasyon gibi ısı işlemlerin likopen biyoyararlılığını arttırdığı ve bunun da likopen yapısının dönüşümünden kaynaklandığı belirtilmektedir [Knockaert vd., 2012]. Farklı sıcaklıklara (60, 80, 100 ve 120 °C’ye 1-6 saat) maruz bırakılan domates püresindeki likopen değişimin incelendiği çalışmada 60 ve 80 °C’lerde likopen izomerizasyonunun gerçekleştiği, 120 °C’de uzun zaman tutulan domates püresindeki likopen ekstraksiyonunda ise likopen izomerizasyonunun daha fazla olduğu bildirilmektedir [Shi ve ark., 2008]. Başka bir çalışmada ise, domatese uygulanan 88 °C’de 2, 15 ve 30 dakikalık ısı işlem sonrasında, domatesteki L-askorbik asit miktarının 2, 15 ve 30 dakikalar sonunda azaldığını; toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin değişmediğini; likopenin ve antioksidan aktivitenin ise arttığını belirlemişlerdir [Dewanto vd., 2002].

Pastörizasyon ve ön ısı işlemleri gibi ısı uygulamalarında likopen artışı gerçekleşirken, sterilizasyon gibi yoğun ve yüksek ısı işlemlerde likopen artışı ve biyoyararlılığı azaldığı belirtilmektedir. Buna göre 12 çeşit domateste tespit edilen likopen artışı yapılan çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.

4.6.4. β -Karoten

Güçlü antioksidanlardan olan β -karoten daha yaygın olarak sarı, turuncu ve yeşil yapraklı meyve ve sebzelerde bulunmaktadır. Özellikle havuç, ıspanak, marul, domates, tatlı patates, brokoli, kavun, portakal ve kabakta bolca bulunmaktadır.

Isıl işlem uygulanan salkım türü domateslerin β -karoten miktarlarındaki değişim Şekil 4.16’da gösterilmiştir. Domateslerin β -karoten içerikleri mikrodalgayla uygulanan ısı işlem sonunda düşme göstermiştir. β -Karoten miktarındaki bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Suda yapılan ısı işlemle kırmızı salkım ve turuncu salkım domateslerdeki β -karoten miktarında düşme gözlemlenirken, kahverengi domates çeşitlerinin β -karoten miktarında artış olduğu

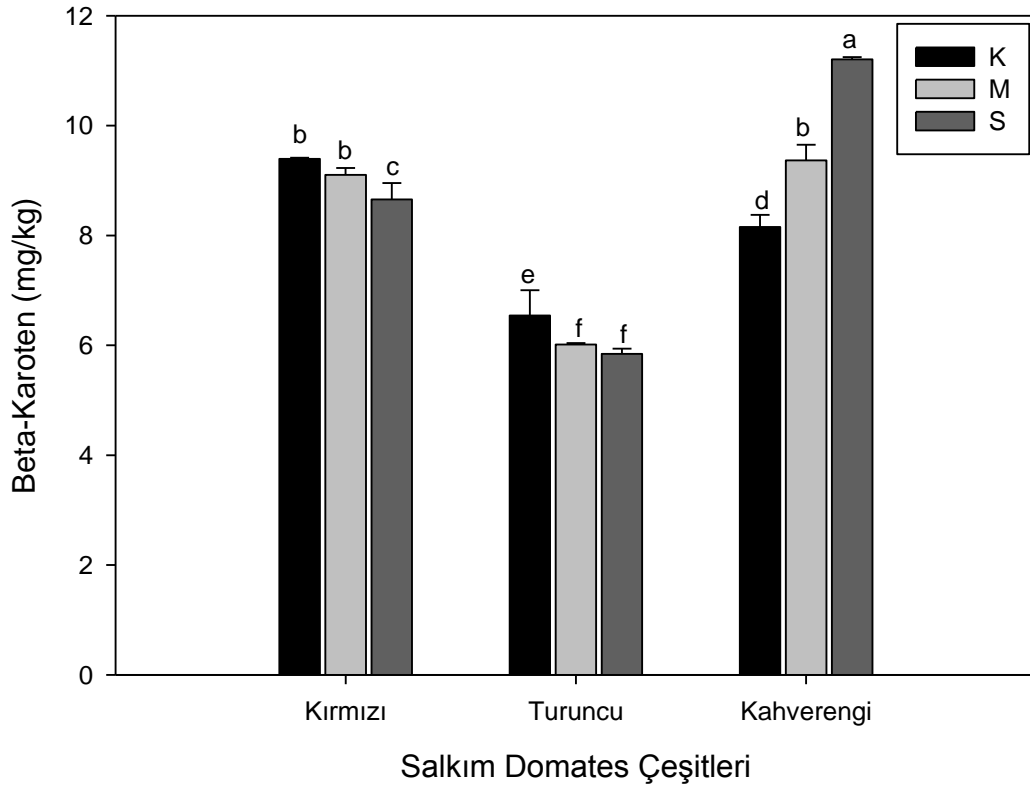
bulunmuştur. En fazla β -karoten miktarındaki düşüş kırmızı domatese oranla turuncu çeşitte olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem öncesinde kırmızı salkım domateste β -karoten miktar 9.4 mg/kg iken, mikrodalga ve suda ısıl işlemler sonrasında sırasıyla 9.1 mg/kg ve 8.7 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Turuncu salkım domatesteki β -karoten miktarı 6.5 mg/kg, mikrodalga ve suda ısıl işlem sonrasında sırasıyla β -karoten içeriği 6.0 mg/kg ve 5.8 mg/kg'dir. Isıl işlem ile kahverengi salkım domatesteki β -karoten değişimi kırmızı ve turuncu domatesten farklı bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.16). Kahverengi salkım domatesin β -karoten miktarı ısıl işlem öncesinde 8.2 mg/kg, mikrodalgada ve suda ısıl işlemler sonrasında sırasıyla 9.4 mg/kg ve 11.2 mg/kg olarak bulunmuştur.

Domatesin suyu ve domates sosu ile bunlara uygulanan sterilizasyon ve pastörizasyon gibi değişik ısıl işlem prosesleri sonrası, farklı çeşitlerdeki domateslerde bulunan karotenoidler ve E vitaminlerdeki değişimler incelenmiştir [Seybold vd., 2004]. Bu çalışmada domates sosu, domates çorbası, pişmiş domates dilimleri ve domates suyu kullanılmıştır. Isıl işlemde su kaybından dolayı kuru maddede likopen, β -karoten ve α -tokoferolde artış olduğu belirtilmektedir. Domatesin çeşidine bağlı olarak likopende azalma ve artma olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak β -karoten miktarı azalmakta veya stabil kaldığı belirtilmektedir. Örneğin; Dutch tomatoes çeşidi domateslerden elde edilen domates çorbası ve sosunda likopen ve β -karoten miktarında belirgin bir düşüş gözlemlendiği belirtilmektedir. Buna rağmen Spanish domates çeşitlerinden elde edilen domates soslarında ilk 30 dakika sonunda kuru maddede likopen miktarının belirgin bir şekilde düşüş gösterdiğini belirtmişlerdir [Seybold vd., 2004].

Homojenizasyon ve ısıl işlem proses sonrasında domates püresindeki biyoaktif bileşenlerin değişiminin incelendiği çalışmada 40 saniye 98 °C'de uygulanan pastörizasyon işleminden sonra karotenoidlerde bir miktar değişim gözlemlendiği, özellikle fenolik içeriklerinde ve L-askorbik asit miktarlarında önemli derece azalma olduğu bildirilmektedir. Ancak hem homojenizasyon hem de 128 °C'deki ısıl işlemin L-askorbik asit ve toplam fenoliklerde düşüşe neden olmasının rağmen karotenoidlerin biyoyararlılığını ve folatların çözünürlüğünü arttırdığı

bildirilmektedir [Pérez-Conesa vd., 2009]. Yukarıda bahsedilen literatür bilgileri ve diğer ısıl işleme ilgili kaynaklara göre, domateslerdeki β -karoten miktarının ısıl işlem proses çeşidi, süresi ve domatesin çeşidinden etkilendiği ve miktarının ise bunlara bağlı olarak artıp azaldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ise suda ve mikrodalgada yapılan ısıl işleme kırmızı salkım ve turuncu salkım domateslerdeki β -karoten miktarında düşme gözlemlenirken, kahverengi domates çeşitlerinin β -karoten miktarında artış olduğu bulunmuştur (Şekil 4.16). β -karoten miktarındaki artışın, likopen ve β -siklaz enziminin etkileşimi sonucunda her iki molekülün sonundaki β -iyon halkalarının birleştirilmesi ile likopen'nin β -karoten'e dönüşmesinin sebep olduğu düşünülmektedir [Rosati vd., 2000].



Şekil 4.16. Kontrol domates (K), mikrodalgada ısıl işlem (M) ve suda ısıl işlem (S) uygulanmış kırmızı, turuncu ve kahverengi salkım domateslerde β -karoten miktarları (mg/kg) (Farklı harfleri alan domates çeşitlerinin likopen içerikleri arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$).

Domates suyuna uygulanan geleneksel ısı işlem ve yüksek yoğunluklu vurmali elektrik alanı (PEF) uygulamasından sonra domates suyundaki karotenoid ve fenolik profilindeki değişimler incelenmiştir. Yüksek yoğunluklu vurmali elektrik alanı (PEF) uygulamasından sonra 30 ve 60 saniye 90 °C’de pasterizasyon işlemi uygulanmış ve fenolik ve karotenoidlerdeki değişimler incelenmiştir. Prosesin ilerleyen aşamasında likopen artışı bulunurken, β-karoten ve fitoflenuelerde hafif düşme olduğu tespit edilmiştir [Odrizola-Serrano vd., 2009].

Mikrodalga ile ısı işlem uygulanan jalopan biberin incelendiği çalışmada fenolik bileşenlerin kuru maddede 9.6’den 7.6 mg/g’a düştüğü ve antioksidan aktivitenin ise kuru maddede 29’dan 42 µM’da trolox/g’a düştüğü tespit edilmiştir [Dorantes-Alvarez vd., 2011]. Domatesteki antioksidan aktiviteyi sağlayan L-askorbik asitin ve β-Karoten miktarının, mikrodalga ile ısı işlem sonrasında düştüğü belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1- Elde edilen bulgularla faktoriyel düzende varyans analizi yapılmış ve bu istatistiksel analiz ile domateslerdeki biyoaktif özelliklerden; antioksidan aktivite, karotenoid madde (likopen, β -karoten), L-askorbik asit, fenolik asit, şeker analiz sonuçlarının çeşit ve renk değişkenlerinden önemli düzeyde etkilendiği ($p<0.05$) bulunmuştur.

2- Likopen içeriği yüksek olan aynı tür 3 farklı renkteki domateslerde de mikrodalga ve suda yapılan ısıl işlem sonrasında likopen, β -karoten ve L-askorbik asit miktarının proses ve renk değişkenlerinden önemli düzeyde etkilendiği ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

3- Domateslerde en önemli karotenoid grubundan olan likopen ve β -karoten en yüksek oranda kırmızı renkli kiraz, salkım ve beef türlerinde, en düşük ise sarı türlerde bulunmuştur.

4- L-Askorbik asit miktarının, 12 çeşit domates örneğinde en yüksek kırmızı kirazda, en düşük ise kırmızı beef domates çeşidinde olduğu tespit edilmiştir.

5- Domatesteki antioksidan aktiviteyi oluşturan başlıca önemli biyoaktif bileşenler karotenoidler, L-askorbik asit ve fenolik bileşiklerdir. Kırmızı türlerde likopen, β -karoten ve L-askorbik asit miktarı ve ayrıca antioksidan aktivite değeri de yüksek bulunmuştur. En yüksek antioksidan aktivitenin kırmızı çeşitlerde bulunmasının sebebinin, güçlü antioksidan özelliğe sahip likopen, β -Karoten karotenoidler ile L-askorbik asidin bu türlerde daha fazla bulunmasından kaynaklanmasıdır.

6- Fenolik asitler ise her tür ve renkte farklı bulunmuştur. Toplam klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit ve rutin trihidrat fenolik asit miktarları en az kırmızı salkım domates çeşidinde bulunmuştur. Ancak en yüksek klorojenik asit turuncu beef, kafeik asit kahverengi salkım, ferulik asit sarı kiraz ve rutin trihidrat ise kahverengi salkımda olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni de fenolik asitlerin domateslerin

değişik zamandaki olgunluk aşamalarında farklı farklı miktarlarda bulunmasından kaynaklanmaktadır.

7- Domateslerin içindeki indirgen şekerlerden glukoz ve fruktoz miktarları birbirine yakın oranlarda olduğu tespit edilmiştir. En yüksek glukoz miktarı kırmızı kirazda tespit edilirken en düşük ise sarı kiraz çeşidinde olduğu bulunmuştur. En yüksek fruktoz miktarı kırmızı kirazda, en düşük fruktoz ise kırmızı salkımda tespit edilmiştir.

8- Suda ve mikrodalgada yapılan ısıl işlemle salkım türünde 3 farklı renkli domateslerdeki L-askorbik asit miktarında düşme olduğu ancak en çok L-askorbik asit miktarındaki düşüşün suda yapılan ısıl işlemle gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Mikrodalgadaki ısıl işlem sonrasında da düşme olduğu ancak suda yapılan ısıl işlemde daha az bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.

9- Suda ve mikrodalgada yapılan ısıl işlem, 3 çeşit domateslerin hepsinde de L-askorbik asit miktarlarının düşmesine neden olurken her iki ısıl işlem sonrasında da domateslerde likopen artışı gözlemlenmiştir. Isıl işlemin kısa sürede ve düşük ısıda yapılması ile domateslerdeki trans-likopenler, cis-likopenlere dönüşmektedir. Bu yüzden likopen miktarında artışlar bulunmuştur.

10- Suda ve mikrodalgada yapılan ısıl işlemler sonucunda domateslerdeki likopen miktarında artış olduğu bulunmuştur. Mikrodalgada yapılan ısıl işlemle de artış olmasına rağmen suda yapılan ısıl işlem kadar artış gözlemlenmemiştir.

11- Suda yapılan ısıl işlemle kırmızı salkım ve turuncu salkım domateslerdeki β -karoten miktarında düşme gözlenirken, kahverengi domates çeşitlerinde β -karoten miktarında artış olduğu bulunmuştur. An fazla β -karoten miktarındaki kırmızı domatese oranla turuncu çeşitte olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu azalma miktarları birbirine yakın değerlerdedir.

12- Elde edilen kırmızı, sarı ve turuncu domates çeşitlerindeki analiz sonuçlarında karotenoid ve antioksidan içeriği en iyi olan grubun kırmızı çeşitler olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu veriler her tür ve renge ait yeni tür üretilen domateslerin kimlik bilgilerinin oluşturulmasına katkıda bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Acar J., “Fenolik bileşikler ve doğal renk maddeleri” . Gıda Kimyası Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara. (1998).

Altınışik, M., <http://www.mustafaaltinisik.org.uk/89-1-02.pdf>, Erişim Tarihi 04.05.2014.

Anese, M., Sovrano, S., ”Kinetics of thermal inactivation of tomato lipoxygenase, Food Chem., 95-131–137. (2006).

Anthon, G.E., Strange, M.E., Barrett, D., Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes (wileyonlinelibrary.com) Dos 10.1002/jsfa.4312. (2011).

Anthon,G.E., LeStrange, M., Barretta, D.M., “Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes”, Research Article, wileyonlinelibrary.com, DOI 10.1002/jsfa.4312. (2011).

Aurelice B. O., Carlos F. H. M., Enéas Gomes-Filho, Claudia A. M., Laurent U., Maria R. A. M., ” The Impact of Organic Farming on Quality of Tomatoes Is Associated to Increased Oxidative Stress during Fruit Development. *Plos one*, 2013; 8 (2): e56354 DOI: 10.1371/journal.pone.0056354. (2013).

Bartolome, A.P., Ruperez, P. and Fuster, C., “Pineapple Fruit:Morphological Characteristics, Chemical Composition And Sensory Analysis Of Red Spanish And Smooth Cayenne Cultivars”. Food Chemistry 53 (1995) 75-79. (1995).

Baysal T, Ersus S. , “ Karotenoidler ve insan sağlığı”. Gıda Dergisi, 24(3): 177-185, (1999).

Baysal T., Yıldız H., İçier F., “Peroxidase inactivation and colour changes during ohmic blanching of pea puree”, Journal of Food Engineering 74 - 424–429. (2006).

Begum, S., Brewer, M.S., ”Chemical, Nutritive and Sensory Characteristics of Tomatoes Before and After Conventional and Microwave Blanching and During Frozen Storage”, *Journal of Food Quality* 24-1-15. (2001).

Buta, J. G., Spaulding, D. W., 1997. Endogenous levels of phenolics in tomato fruit during growth and maturation. *Journal of Plant Growth and Regulation*. 16: 43–46. (1997).

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

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

Cemeroğlu, B., “Gıda Analizleri”, *Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları*, No: 34, s 201-237. (2010).

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

Çapanoğlu, E., Boyacıoğlu, D., ” Domatesin Gelişimi Sırasında Antioksidan Bileşiklerinde Meydana Gelen Değişimler”, *Akademik Gıda* 8 (1) 44-48. (2010).

Daniells S., “Tomato juice could lower inflammation”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* vol. 54, pp. 2563-2566. (2006).

Devanand L. Luthria, L. D.,Mukhopadhyay, S., Krizek, D.T., “Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation”, *Journal of Food Composition and Analysis* 19 / 771–777. (2006).

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., Liu, R.H., "Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity", J. Agric. Food Chem. 50, 3010-3014. (2002).

Di Mascio, P., Kaiser, S. and Sies, H., "Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher". Arch. Biochem. Biophys., 274; 532-538. (1989).

Dorantes-Alvarez, L., Jaramillo-Flores, J., González, K., Martínez, R., Parada, L., "Blanching peppers using microwaves", Procedia Food Science 1-178 – 183. (2011).

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

Dutra-de-Oliveira JE, Fávoro RM, Junqueira-Franco MV, Carvalho CG, Jordão Júnior AA, Vannucchi H., "Effect of heat treatment on the biological value of beta-carotene added to soybean cooking oil in rats"., Int. J. Food Science Nutr., May;49(3):205-10. (1998).

Erge, H.S., "Domateste (*lycopersicum esculentum*) karotenoid madde dağılımı ve antioksidan aktivite", Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 91 sf, (2007).

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

Gahler, S., Otto, K., Bohm, V., "Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. Journal of Agriculture and Food Chemistry 51,7962–7968. (2003).

Gartner, C., Stahl, W., Sies, H., ” Lycopene is more bioavailable from tomato paste than fresh tomatoes”, *The American Journal of Chilical Nutrition* 66:116-22, (1997).

George, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E., Caris-Veyrat, C., “ Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes”, *Food Chemistry* 124 -1603-1611. (2011).

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

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

Gómez-Romero, M., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., “Metabolite profiling and quantification of phenolic compounds in methanol extracts of tomato fruit”. *Phytochemistry* 71 -1848–1864. (2010).

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

Handelman GJ. “The envolving role of carotenoids in human biochemistry. *Nutrition*, 17: 818-822. (2001).

Heredia, A., Peinado, I., Rosa, E., Andres, A., Escriche, I., “Volatile profile of dehydratedcherry tomato: Influences of osmotic pre-treatment and microwave power”, *Food Chemistry* 130-889-895. (2012).

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

http://www.food.hacettepe.edu.tr/turkish/ouyeleri/gmu428/meyve_ve_sebzelerin_islemelerinde_olusan_degisimler.pdf, (20.02.2014)

Hui Y.H., Legarretta I.G., Lim M.H., K.D. Murrell, Wai-Kit Nip, “Handbook of Frozen Foods”, New York, 427-428. (2004).

Jacob, K., Garcia-Alonso, F.J., Ros, G., Periago, P.J. “ Stability of carotenoids, phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant capacity of tomatoes during thermal processing”. Archivos Latinoamericanos De Nutricion, vol 60. (2010).

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

Klimczak I, Ma"ecka M, Szlachta M , Gliszczyn' ska-S' wig"o A. “Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices”, Journal of Food Composition and Analysis 20: 313–322. (2007).

Kopsell D.A. and Kopsell, D.E. “Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops”. Trends Plant Sci., 11; 499-507. (2006).

Knockaert, G., Pulissery, S.K., Colle, I., Buggenhout, S.V., Hendrickx, M., Loey, A.V., “ Lycopene degradation, isomerization and in vitro bioaccessibility in high pressure homogenized tomato puree containing oil: Effect of additional thermal and high pressure processing”, Food Chemistry 135, 1290–1297. (2012).

Krinsky, N.I. and Johnson, E.J. “Carotenoid actions and their relation to health and disease”. Mol. Aspects Med., 26; 459-516.(2005).

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

Lee, M.T., Chen, B.H. “Stability of lycopene during heating and illumination in a model system”. *Food Chemistry*, 78(4), 425-432. (2002).

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

Li, H., Deng, Z., Wu, T., Liu, R., Loewen, S., Tsao, R., “ Microwave-assisted extraction of phenolic with maximal antioxidant activities in tomatoes”, *Food Chemistry* 130, 928-936. (2012).

Lincoln, R.E., Porter, J.W. “Inheritance of beta-carotene in tomatoes”. *Purdue Agricultural Experiment Station Lafayette, Indiana.* (1949).

Luthria, D.L., Mukhopadhyay, s., Krizek, D.T., “ Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation”, *Journal of Food Composition and Analysis* 19 , 771–777. (2006).

Macheix, J. J., Fleuriet, A., Billot, J., “ Changes and Metabolism of Phenolic Compounds in Fruits”, *CRC Press LLC, Boca Raton*, 149p. (1990).

Martinez, R., Alberto, A.D., Francisco, M., “Amphetamine Increases Extracellular Concentrations of Glutamate in the prefrontal cortex of the Awake Rat”: A Microdialysis Study, *Neurochemical Research* vol.23 No:9 pp 1153-1158. (1998).

Meléndez-Martínez, A. J., Vıcarıo, I. M., Heredıa, F. J. “Rapid Assesments of Vitamin Activity through Objective Color Measurements fort he Quality Control of

Orange Juices with Diverse Carotenoid Profiles”. *J. Agric. Food Chem.* 55, 2808-2815. (2007).

Moco, S., Bino, R.J., Vorst, O., Verhoeven, H.A., Groot, J., Beek, T.A., Vervoort, J., Vos, J.H.R. “A Liquid Chromatography-Mass Spectrometry-Based Metabolome Database for Tomato”. *Plant Physiol.* Vol. 141. (2006).

Nizamlioğlu, N.M., Nas, S., “Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri Gıda “Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt:5, No: 1, (20-35). (2010).

Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Hernandez-Jover, T., Martin-Belloso, O., “Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments”, *Food Chemistry* 112/ 258–266. (2009).

Oliver, J. and Palou, A. “Chromatographic determination of carotenoids in foods”. *Journal of Chromatography A*, 881(1-2), 543-555. (2000).

Oluk, C.A., Akyıldız, A., Ağçam, E., Keleş, D., Ata, A., “ Farklı Domates Çeşitlerinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma”, *Akademik Gıda*,10(3)p:26-31. (2012).

Omoni, A.O., Aluko, R.E. “ The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene a review”. *Trends Food Sci. Technology.*, 16; 344-350., (2005).

Orikasa T., Ando, Y., Shiina, T., Yano, T., Tagawa, A., “Microwave application for blanching and drying of cooking tomato”, *Acto Horticulturae*, pp. 1223-1228. (2012).

Ortega-Ortiz H., Benavides-Mendoza A., Mendoza-Villarreal R., Ramírez-Rodríguez H., Alba Roménus K.D., “ Enzymatic Activity in Tomato Fruits as a Response to Chemical Elicitors”, *J. Mex. Chem. Soc.*, 51(3), 141-144. (2007).

Ötleş S., Atlı Y., “Karotenoidlerin insan sağlığı açısından önemi”. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 3(1), 249-254. (1997).

Patras, A., Brunton, N., Pieve, S.D., Butler, F., Downey, G., “ Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées”, Innovative Food Sci. Emerging Technol., 10: 16–22. (2009).

Pérez-Conesa, D., García-Alonso, J., García-Valverde, V., Iniesta, M., Jacob, K., Sánchez-Siles, L.M., Ros, G., Periago, M.J., “Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree”, Innovative Food Science and Emerging Technologies 10- 179–188. (2009).

Poyrazoğlu, S.E., Velioglu, S., Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Mühendisliği Dergisi. (2010).

Raffo, A., Leopardi, C., Fogliano, V., Ambrosino, P., Salucci, M., Gennaro, L., Bugianesi, R., Giufridda, F., Quaglia, G., “ Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages”. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 6550-6556. (2002).

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

Rao, A.V. and Agarwal, S. “ Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases”: a review. Nutr. Res., 19; 305-323. (1999).

Rosati, C., Aquilani, R., Dharmapuri, S., Pallara, P., Marusic, C., Tavazza, R., Bauvier, F., Camara, B., Giuliano, G. ”Metabolic engineering of beta-carotene and lycopene content in tomato fruit”. The plant journal 24(3), 413-419. (2000).

Sahlin, E., Savage, G.P., Lister, C.E., “ Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing”, *Journal of Food Composition and Analysis* 17 -635–647. (2004).

Sánchez-Rodríguez E. , Ruiz J.M. , Ferreres F., Diego A., “ Phenolic profiles of cherry tomatoes as influenced by hydric stress and rootstock technique”, *Moreno D.A. Food Chemistry* 134 , 775–782. (2012).

Servili,M., Selvaggini, R., Taticchi, A., Begliomini, A.L.,Montedoro, G.F., “Relationships between the volatile compounds evaluated by solid phase microextraction and the thermal treatment of tomato juice: optimization of the blanching parameters”, *Food Chemistry* 71, 407-415. (2000).

Seppanen C.M. ve Csallany A.S. “The effect of paprika carotenoids on in vivo lipid peroxidation measured by urinary excretion of secondary oxidation products”. *Nutrition Research*, 22: 1055-1065. (2002).

Sevindik, H., “Pembe Greyfurt Suyu ve Domates Pulpunda Likopen ve β -Karotenin ısıl işlem stabiliteleri”, *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. (2007).

Seybold, C., Fro-Hlich, K., Bitsch, R., Otto, K., Bo-Hm, v., “Changes in Contents of Carotenoids and Vitamin E during Tomato Processing”. *J. Agric. Food Chem.* 52, 7005-7010 7005. (2004).

Shahidi, F., Naczk, M., “Phenolic Compounds in Fruits and Vegetables”. In *Phenolics in Food and Nutraceuticals*, CRC Press LLC, Boca Rato-n, 12p. (2004).

Shao, A., Hatchcock, J.N., “Risk assessment fort he carotenoids lutein and lycopene”. *Regul Toxicol Pharmacol* 45(3): 289-98. (2007).

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

Su O, Rowley KG, Balazs NDH. “ Carotenoids: separation methods applicable to biological samples. Journal of Chromatography B”, 781: 393-418. (2002).

Tomás-Barberán A.F. ve Espín, J.C., “Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables”, J Sci. Food Agric., 81: 9, 853-876. (2001).

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

Von Elbe, J.H. ve Schwartz, S.J. Colorants. In: Food Chemistry. O. R. Fennema (ed), Marcel Dekker, pp. 651-765, New York. (1996).

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

Wu, K., Schwartz, S.J., Platz, E.A., Clinton, S.K., Erdman, J.W. and Ferruzzi, M.G. “Variations in plasma lycopene and specific isomers over time in a cohort of US men”. J. Nutr., 133; 1930-1936. (2003).

Zheng, H., Lu, H., “Effect of microwave pretreatment on the kinetics of ascorbic acid degradation and peroxidase inactivation in different parts of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) during water blanching”, Food Chemistry 128 - 1087-1093. (2011).

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

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: RÜVEYDE AK

Doğum Tarihi: 25/11/1978

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	FEN BİLİMLERİ	19 MAYIS SÜPER LİSESİ	1993-1997
Lisans	GIDA MÜHENDİSLİĞİ	EGE ÜNİVERSİTESİ	1997-2002
Yüksek Lisans	GIDA MÜHENDİSLİĞİ	MERSİN ÜNİVERSİTESİ	2010-2014

(Varsa) Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Gıda Mühendisi	Mersin İl Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü	2009-.....
Gıda Kontrolörü	İstanbul Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü	2004-2009
Yönetici Asistanı	Çeşme Altinyunus Otel	2003-2004
Gıda Mühendisi	Pınar Gıda Süt ve Süt Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti.	2002-2003

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Ak, R., Oluk, A., Altan, A. Evaluation of carotenoids, phenolics and ascorbic acid content of differently colored tomatoes, Novel Approaches in Food Industry (NAFI), International Food Congress, 26-29 May, 2014, P. 266, Kuşadası, Turkey.