

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DOMATESTE LİKOPEN İLE İLİŞKİLİ BAZI GENLERİN OLGUNLAŞMA
SÜRECİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ali Burak ARABALI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**DOMATESTE LİKOPEN İLE İLİŞKİLİ BAZI GENLERİN OLGUNLAŞMA
SÜRECİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ali Burak ARABALI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2024

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOMATESTE LİKOPEN İLE İLİŞKİLİ BAZI GENLERİN OLGUNLAŞMA
SÜRECİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ali Burak ARABALI
BAHÇE BİTKİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 30/07/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Adem DOĞAN (Danışman)
Prof. Dr. Ersin POLAT
Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ

ÖZET

DOMATESTE LİKOPEN İLE İLİŞKİLİ BAZI GENLERİN OLGUNLAŞMA SÜRECİNDEKİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ali Burak ARABALI

Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Adem DOĞAN

Temmuz 2024; 55 sayfa

Bu çalışmada domateste likopen üzerine etkili olduğu bilenen bazı genlerin olgunlaşma sürecine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, domatesteki likopen miktarı artışı üzerine etkili olduğu bilinen; *High Pigment-1 (Hp-1)*, *High Pigment-2 (Hp-2)*, *Old Gold (Og)* ve *Old gold-crimson (Ogc)* genlerini içeren genotipleri ile bu genlerden ari aynı özellikte bir adet ticari oturak domates çeşidi kullanılmıştır. Yürütülen bu çalışma iki aşama olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında 5 farklı genotipe ait domatesler, 6 farklı olum aşamasında hasat edilerek bazı biyokimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise bu 5 farklı genotip renk kırım aşamasında hasat edilmiş ve 20°C sıcaklıktaki olgunlaşma süreci incelenmiştir. Her iki çalışmada da örneklerin meyve sertliği, suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA) miktarı, meyve rengi, toplam klorofil miktarı, likopen miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Bunlara ek olarak renk kırım aşamasında hasat edilerek 20°C sıcaklıkta olgunlaştırılan domateslerde ağırlık kaybı değişimleri de incelenmiştir.

Meyvelerde olum aşamasına bağlı olarak genotipten kaynaklanan etkilerin ortaya çıkması farklılık göstermiştir. Çalışmada kırmızı olum aşamasında hasat edilen *hp-1* genine sahip genotipler daha yüksek meyve sertliğine sahip bulunmuştur. SÇKM açısından ise *og* ve *ogc* genlerine sahip domatesler *hp* genlerine sahip domateslere göre daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde *og* ve *ogc* genlerine sahip domateslerin TEA miktarları da yüksek bulunmuştur. Renk açısından incelendiğinde ise *hp-1* ve *hp-2* genine sahip domateslerde daha kırmızı renk tespit edilmiştir. Yeşil olgun aşamada *hp-2* genine sahip domatesler daha yüksek toplam klorofil içeriğine sahip bulunmuştur. Ayrıca, *hp-1* ve *hp-2* genine sahip domateslerde klorofil miktarının azalması diğerlerine göre daha geç başlamıştır. Kırmızı olum aşamasında en yüksek likopen içeriği *hp-1* genine sahip domateslerde tespit edilirken, bunu *hp-2* ve *og* genlerine sahip domatesler izlemiştir. Kırmızı olum aşamasında hasat edilen *ogc* genine sahip domateslerin toplam fenolik madde miktarı diğer genotiplere göre daha yüksek bulunmuştur. Antioksidan aktivitesi ise *hp-1* genine sahip domateslerde daha yüksek bulunmuştur.

Renk kırım aşamasında hasat edilerek 20°C sıcaklıkta muhafaza edilen *hp-2* genine sahip domateslerde daha yüksek ağırlık kaybı tespit edilmiştir. 15 günlük muhafaza sonunda *og* genine sahip domatesler daha kırmızı renge sahip bulunmuştur. Meyve sertliği açısından ise *hp-2* genine sahip domateslerin daha yüksek meyve sertliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, muhafaza sonunda bu gene sahip domateslerde klorofil miktarı da yüksek bulunmuştur. *og* ve *ogc* genleri sahip domatesler *hp-1* ve *hp-2* genotiplerine göre daha yüksek SÇKM miktarı sahip olduğu tespit edilmiştir. Muhafaza

süresi sonunda en düşük likopen miktarı ortalaması kontrol ve *hp-1* genine sahip domateslerde bulunurken en yüksek likopen miktarı ortalaması *og* genine sahip domateslerde bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı açısından *ogc* genine sahip domatesler daha yüksek değerlere sahipken, antioksidan aktivitesi açısından *ogc* ve *hp-1* genine sahip domateslerin daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Likopen üzerine etkili genlerin bitki üzerindeki etkileri ile erken toplanarak hasat sonrası olgunlaşma sürecindeki etkileri birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Bu neden ile likopen üzerine etkili olduğu bilinen *hp* genlerine sahip domateslerde likopen ve renklenme diğer genotiplere göre daha geç başlamakta ve sonrasında hızlı bir artış göstermektedir. Farklı olum aşamaları dikkate alındığında *hp-1* ve *hp-2* genleri renklenme ve likopen açısından ön plana çıkmıştır. Ancak bu genotiplerin erken toplanarak pazara sunulması, ürünün kırmızı olum aşamasındaki renk ve likopen özelliklerinin tam olarak ortaya çıkmamasına yol açabileceği düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELEER: Domates, Hasat sonrası olgunlaşma, Kalite, Likopen, Olgunlaşma aşamaları

JÜRİ: Doç. Dr. Adem DOĞAN

Prof. Dr. Ersin POLAT

Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF SOME LYCOPENE-RELATED GENES ON THE RIPENING PROCESS IN TOMATOES

Ali Burak ARABALI

MSc Thesis in Horticulture

Supervisor: Assoc. Prof. Adem DOĞAN

July 2024; 55 pages

This study investigates the effects of certain genes known to influence lycopene content in tomatoes on the ripening process. Specifically, the genes *High Pigment-1* (*Hp-1*), *High Pigment-2* (*Hp-2*), *Old Gold* (*Og*), and *Old Gold-crimson* (*Ogc*), which are known to increase lycopene levels, were studied alongside one commercial determinate tomato variety. The study was conducted in two phases. In the first phase, tomatoes from five different genotypes were harvested at six different ripening stages, and various biochemical properties were compared. In the second phase, tomatoes from these five genotypes were harvested at the breaker stage and their ripening process at 20°C was analyzed. In both phases, the samples were evaluated for fruit firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), fruit color, total chlorophyll content, lycopene content, total phenolic content, and antioxidant activity. Additionally, weight loss changes were examined off-vine ripening of tomatoes.

The genotypic effect on tomatoes has been shown to vary depending on the stage of ripeness. Genotypes with the *hp-1* gene harvested at the red ripe stage exhibited higher fruit firmness. In terms of soluble solids content (SSC), tomatoes possessing the *og* and *ogc* genes were found to have higher values compared to those with the *hp* genes. Similarly, tomatoes with the *og* and *ogc* genes exhibited higher total titratable acidity (TTA). When examining color, tomatoes with the *hp-1* and *hp-2* genes displayed a deeper red hue. At the green ripe stage, tomatoes with the *hp-2* gene had higher total chlorophyll content. Additionally, the reduction in chlorophyll content began later in tomatoes with the *hp-1* and *hp-2* genes compared to others. At the red ripe stage, the highest lycopene content was found in tomatoes with the *hp-1* gene, followed by those with the *hp-2* and *og* genes. Genotypes with the *ogc* gene harvested at the red ripe stage had higher total phenolic content than other genotypes, while those with the *hp-1* gene showed higher antioxidant activity.

Tomatoes harvested at the breaker stage and stored at 20°C exhibited higher weight loss in those with the *hp-2* gene. After 15 days of storage, tomatoes with the *og* gene maintained a redder color. In terms of fruit firmness, those with the *hp-2* gene remained firmer. The chlorophyll content also remained higher in tomatoes with this gene by the end of the storage period. Regarding SSC, tomatoes with the *og* and *ogc* genes had higher values than those with the *hp-1* and *hp-2* genotypes. By the end of the storage period, the lowest average lycopene content was found in the control and *hp-1* genotypes, while the highest was observed in those with the *og* gene. The total phenolic content was higher in tomatoes with the *ogc* gene, whereas antioxidant activity was higher in both the *ogc* and *hp-1* genotypes.

The effects of genes influencing lycopene on the plant can differ from their effects during postharvest ripening. Therefore, in tomatoes with *hp* genes, known for their influence on lycopene, the onset of lycopene accumulation and color development occurs later and then rapidly increases compared to other genotypes. Considering different ripening stages, the *hp-1* and *hp-2* genes stand out in terms of color development and lycopene content. However, early harvesting of these genotypes for market supply might prevent the full realization of their potential at the red ripe stage.

KEYWORDS: Tomato, Postharvest ripening, Quality, Lycopene, Ripening stages

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Adem DOĞAN

Prof. Dr. Ersin POLAT

Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ



ÖNSÖZ

Türkiye dünyada küresel açıdan önemli bir sebze üreticisi konumunda yer almaktadır. Türkiye içerisinde ise domates üretimi hem üretici hem de tüketici açısından en önemli sebze olarak dikkat çekmektedir. Domates sofralık tüketimi yanında birçok tarımsal sanayi içinde girdi olarak kullanılmaktadır. Bu durum domatesin önemini daha da arttırmaktadır. Günümüzde yaş sebze ve meyveler günün sadece herhangi bir öğününü oluşturmak amacı ile değil sağlıklı yaşayabilmek ve koruyucu ya da tedavi edici özellikleriyle hastalıklara karşı korunmak için de tüketilmektedir. Bu sebeplerden dolayı bahçe ürünleri bünyesinde taşıdıkları maddeler ve nitelikleri bakımında da incelenir hale gelmişlerdir. Sofralık, salça, salata ve yemekler gibi çok geniş bir alanda kullanılan domates içermiş olduğu biyokimyasal özelliklerinden likopen ile ön plana çıkmaktadır. Domateste likopen miktarı kültürel uygulamalar, çevresel ve genotip özelliklerden etkilenebilmektedir. Son yıllarda yetiştiricilik ve çevresel faktörlerin etkili yanı sıra genetik olarak da likopen içeriği geliştirilmeye çalışılmaktadır. Yapılan çalışmalar ile domateste likopen üzerine etkili bazı genler tespit edilmiştir. Bu genlerin domates bitkileri ve meyve özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi çalışmaları da devam etmektedir. Bu çalışma ile domateste etkili bazı genlerin farklı olum aşamasında ve erken hasat sonrası olgunlaşma sürecindeki etkilerinin ortaya konularak ülkemiz domates sektörüne katkılar sunması hedeflenmiştir.

Çalışman süresince gerekli olanakları sağlayan ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Adem DOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın yapılmasında desteklerini esirgemen ve çalışmada kullanılan domates materyallerini sağlayan Enza Zaden Tarım Ar-Ge Taş. ve Tic. Şirketi'ne ve özellikle domates ıslah müdürü Sayın İnci COLTART'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın başından sonuna kadar bana her türlü desteği sağlayan çalışma arkadaşlarım Gülderen COŞGUN, Gülten AKKANAT ve Beyza KARSAVURDAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem Müjgan ARABALI ve babam Mustafa ARABALI ile kardeşim Taha Emin ARABALI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Domateslerin Yetiştirilmesi.....	17
3.2.1. Yetiştiricilik yerinin toprak ve iklim özellikleri	17
3.2.2. İklim özellikleri	17
3.2.3. Tohum ekimleri	18
3.2.4. Elde edilen hibritlerin istenilen genleri içerdiğinin markör ile doğrulanması	18
3.2.5. Toprak hazırlığı ve dikim	19
3.2.6. Bitkilerin yetiştirilmesi ve kültürel uygulamalar.....	19
3.3. Meyve Hasadı.....	19
3.4. Farklı Olgunluk Seviyelerinde ve Olgunlaşma Sürecinde Yapılan Analizler.....	20
3.4.1. Ağırlık kaybı.....	20
3.4.2. Renk ölçümleri.....	21
3.4.3. Meyve sertliği	21
3.4.4. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asit (TEA) miktarları.....	21
3.4.5. Toplam klorofil miktarı	21
3.4.6. Likopen miktarı	21
3.4.7. Toplam fenolik madde miktarı	22
3.4.8. Toplam antioksidant aktivitesi.....	22
3.4.9. İstatistik.....	22
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin farklı olum aşamalarındaki özellikleri.....	23
4.1.1. Meyve sertliği	23
4.1.2. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı.....	23
4.1.3. Titre edilebilir asit (TEA) miktarı.....	24
4.1.4. Renk değerleri.....	25
4.1.5. Toplam klorofil miktarı	27
4.1.6. Likopen miktarı	28
4.1.7. Toplam fenolik madde miktarı	29
4.1.8. Toplam antioksidan aktivitesi miktarı	30
4.2. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince karşılaştırılması.....	31
4.2.1. Ağırlık kaybı.....	31
4.2.2. Renk Değerleri.....	32

4.2.3. Meyve sertliği	34
4.2.4. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı.....	35
4.2.5. Titre edilebilir asit (TEA) miktarı.....	36
4.2.6. Toplam klorofil miktarı	37
4.2.7. Likopen miktarı	38
4.2.8. Toplam fenolik madde miktarı	39
4.2.9. Toplam antioksidan aktivitesi miktarı	40
5. SONUÇLAR	41
6. KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Domateste Likopen ile İlişkili Bazı Genlerin Olgunlaşma Sürecindeki Etkilerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

30/07/2024

Ali Burak ARABALI

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
µg	: Mikrogram
µM	: Mikrometre
µs	: Mikrosaniye
C	: Chroma
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
EC	: Elektriksel iletkenlik
g	: Gram
h°	: Hue Açısı
kg	: Kilogram
L	: Parlaklık
m	: Metre
M	: Molar
m ²	: Metrekare
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Nm	: Nanometre
°C	: Santigrat Derece
pH	: Hidrojen potansiyeli
Rpm	: Dakikadaki devir sayısı
µL	: Mikrolitre

Kısaltmalar

BHT	: Butylated hydroxytoluene
C ₄₀ H ₅₆	: Karotenoid genel formülü
Ca	: Kalsiyum
CaO	: Kalsiyum oksit
Cu	: Bakır
Dg	: Dark green
DPPH	: 1,1-diphenly-2-picrylhrazy
EZTR	: Enza Zaden Türkiye
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	: Demir
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
Hp-1	: High pigment-1
Hp-2	: High pigment-2
K	: Potasyum
K ₂ O	: Potasyum oksit
LSD	: Least significant difference
Mb	: Molibden
Mg	: Magnezyum

MgO	: Magnezyum oksit
Mn	: Manganez
Muh. Sür.	: Muhafaza süresi
Na	: Sodyum
Na ₂ CO ₃	: Sodyum karbonat
NaOH	: Sodyum Hidroksit
Nor	: Non-ripening
NorA	: Alcobaca allele
Og	: Old gold
Ogc	: Old gold crimson
Ort.	: Ortalama
P	: Fosfor
P ₂ O ₅	: Fosfor penta oksit
P ₂ O ₅	: Fosfor Pentaoksit
PAR	: Photosynthetically active radiation
Ppm	: Milyonda bir
Rin	: Ripening inhibitör
S	: Kükürt
SAS	: Statistical Analysis System
SÇKM	: Suda Çözünebilir Kuru Madde
TEA	: Titre Edilebilir Asitlik
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
Uyg.	: Uygulama
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Fide üretiminden genel bir görünüm	18
Şekil 3.2. Markör yardımıyla seçilen bitkilerin dikime hazırlanması.....	19
Şekil 3.3. Bitkilerin yetiştirildiği araziden genel bir görünüm	19
Şekil 3.4. Farklı olgunlaşma aşamalarında toplanan genotiplerin meyvelerine ait görseller.....	20



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toprak özellikleri.....	17
Çizelge 3.2. Yetiştiricilik esnasında elde edilen sıcaklık ve nem değerleri.....	18
Çizelge 4.1. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında ölçülen meyve sertlikleri	23
Çizelge 4.2. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen SÇKM miktarları	24
Çizelge 4.3. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen TEA miktarları	25
Çizelge 4.4. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen hue açısı değerleri.....	26
Çizelge 4.5. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen kroma değerleri	26
Çizelge 4.6. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen parlaklık değeri miktarları	27
Çizelge 4.7. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen klorofil miktarları	28
Çizelge 4.8. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen likopen miktarları	28
Çizelge 4.9. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen toplam fenolik madde miktarları	30
Çizelge 4.10. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen toplam antioksidant aktivitesi miktarları	31
Çizelge 4.11. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince ağırlık kaybı üzerine etkileri	32
Çizelge 4.12. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince hue (h°) açısı değeri üzerine etkileri.....	33
Çizelge 4.13. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince C^* değeri üzerine etkileri.....	33
Çizelge 4.14. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince parlaklık (L) değeri üzerine etkileri	34
Çizelge 4.15. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince meyve sertliği (N) üzerine etkileri	35
Çizelge 4.16. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince (%) SÇKM miktarı üzerine etkileri	36
Çizelge 4.17. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince TEA miktarı (%) üzerine etkileri	36
Çizelge 4.18. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince toplam klorofil miktarı üzerine etkileri.....	37
Çizelge 4.19. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince likopen miktarı üzerine etkileri	38
Çizelge 4.20. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince toplam fenolik madde miktarı üzerine etkileri	39
Çizelge 4.21. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince toplam antioksidan aktivitesi üzerine etkileri	40

1. GİRİŞ

İnsan beslenmesi ve sağlığı açısından meyve ve sebzeler önemli bir yere sahiptir. Sürekli artan nüfus, çevre kirliliği, kentsel yaşam şartları, artan işlenmiş ürünlerin fazlalığı ve kanser başta olmak üzere çeşitli hastalıklar insanların koruyucu, doğal ve besleyici gıdalara olan ilgisinin artmasına yol açmıştır. Yaş meyve ve sebzeler beslenme amacının yanı sıra sağlıklı yaşayabilmek için koruyucu ya da tedavi edici özellikleri nedenleriyle hastalıklardan korunmak amacıyla da tüketilmektedir. Bu sebeplerden dolayı artık meyve ve sebzeler bünyesinde taşıdıkları maddeler ve bu maddelerin spesifik özellikleri bakımında incelenir hale gelmiştir. Buna bağlı olarak da fonksiyonel gıda tanımı değişen ve gelişen bu beklentiler sonucunda hayatımıza girmiştir (Sönmez 2014).

Fonksiyonel gıdalar; vücudun temel besin maddelerine olan ihtiyacını karşılamının ötesinde hastalıklara karşı korunmada insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonlar üzerine ek faydalar sağlayan ve daha sağlıklı bir yaşama ulaşmada faaliyet gösteren gıda veya gıda bileşenleridir. Fonksiyonel gıdalar herhangi bir işlem görmemiş doğal bir besin maddesi olabileceği gibi fonksiyonel olan bir besin maddesince zenginleştirilmiş veya genetik mühendislik yöntemleri ile modifiye edilmiş besin olarak günlük diyetlerle de alınabilmektedir (Hacıoğlu ve Kurt 2012; Bigliardi ve Galati 2013; Dayısoylu vd. 2014). Beslenmenin ötesinde sağlığa yararı olan bu gıdalardan insan sağlığı ile ilgili bir avantaj sağlaması, hastalanma riskini azaltması veya bir ya da birden fazla vücut fonksiyonu üzerinden yararlı bir etkiye sahip olması beklenmektedir (Akan vd. 2013).

Sebzeler içermiş oldukları biyokimyasal maddeler açısından zengin fonksiyonel özelliklere sahiptir. Bu sebzeler arasında domates hem üretim değeri hem de içerdiği biyokimyasal özellikleri ile ön plana çıkmaktadır (Jack 1995; Canane-Adams vd. 2005). Dünyanın hemen hemen her yerinde yetiştirilmekte ve en popüler sera ürünü olarak gündeme gelmektedir (Iqbal vd. 2019). Domates (*Solanum lycopersicum*) dünya çapında bahçe bitkileri içerisinde en önemli bitkilerden biri olması yanında tüketim miktarı açısından da dünyanın en önemli sebzesi konumundadır (Tatar ve Pirinç 2017).

Türkiye, ekolojik avantajları ve tarımsal üretim potansiyeli ile dünya sebze üretiminde önemli bir konuma sahiptir. Türkiye, 26.6 milyon ton üretimi ile Çin, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'nin ardından dördüncü büyük sebze üreticisi konumundadır (FAOSTAT 2023). İlk sıralarda yer alan ülkelerin nüfuslarının Türkiye'ye göre çok yüksek olduğu dikkate alınırsa, Türkiye'nin sebze üretimindeki önemi daha net anlaşılmaktadır. Türkiye küresel ölçekte sürdürülebilir sebze üretimi ve gıda güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye'nin sebze üretimi incelendiğinde ise 13 milyon ton üretim miktarı ile domates en önemli ürün konumundadır (FAOSTAT 2023). Bu üretim miktarı domates endüstrisi ile karşılıklı etkileşimi de beraberinde getirmektedir. Domates Türkiye'de farklı bölgelerde farklı amaçlar için yetiştirilmekte ve bu amaçta üretim şekillerini değiştirmektedir. 1960'lı yıllarda sadece açıkta, taze tüketim veya salçalık amaçla gerçekleştirilen üretim günümüzde birçok amaç doğrultusunda gerçekleştirilmektedir. 1960'lardan bugüne dünyada domates üretimi %300 artmış olup gıda sanayisinde ketçap, salça, turşu, konserve, sos, dondurulmuş ürün gibi çeşitli tüketim şekillerinde kendine yer bulmaktadır.

Domates meyvesinin %93-95'i su ve %5-7'si ise inorganik bileşiklerden oluşmaktadır (Minoia vd. 2010). Domates insan için gerekli temel besin maddelerine zengin bir şekilde sahip olmasa da yüksek oranda potasyum minerali, organik asitler, vitamin A ve vitamin C açısından zengin olması ve kolesterol içermemesi, kalori ve yağ

oranın düşüklüğü ile ön plana çıkmaktadır (Kabelka vd. 2004). Domates, kendine özgü lezzeti ve renginin yanı sıra, mineraller de dahil olmak üzere çeşitli besin maddelerinin insan beslenmesinde alımına önemli ölçüde katkıda bulunur. Bu minerallere örnek olarak sinir ve kas kasılmaları için gerekli olan sodyum (Na) ve potasyum (K), kas kasılması ve gevşemesi için önemli bir mineral olan kalsiyum (Ca), kan basıncının korunması, insülin metabolizması, nöro-kas koordinasyonu açısından önemli olan magnezyum (Mg), kemik oluşumu için gerekli yapı taşları olan fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) ve birçok enzim için gerekli olan çinko (Zn), manganez (Mn), molibden (Mb), bakır (Cu), kırmızı kan hücrelerimizin oksijen taşıyan proteini olan hemoglobini oluşturan demir (Fe) ve proteinlerin yapı taşları olan kükürt (S) gibi mineraller domatestede bulunmaktadır (Huttunen vd. 2007; Vink ve Nechifor 2011; Maret 2013; Stipanuk ve Ueki 2011; Perez ve Chang 2014; Gröber vd. 2015; Deng vd. 2017; Nakai vd. 2017; Udensi ve Tchounwou 2017; Terwoord vd. 2018; Kirkland vd. 2018; Mahavadi vd. 2018; Vats vd. 2022).

Domatesler aynı zamanda likopen, β -karoten, lutein, fitoen, fitofluen, γ -karoten, E vitamini ve fenolik bileşikler, askorbik asit ve flavonoid gibi antioksidanlar açısından da zengin kaynaklardır ve bu bileşenlerin birçoğu domatesin sağlığı koruyucu etkisine katkıda bulunmaktadır. Geleneksel Akdeniz tipi beslenmede ana bileşen olan domates oksijen radikallerini temizleme ve süpürme özelliğine sahip antioksidan özellik gösteren ve domatese kırmızı rengini veren ana faktör olan likopenin insan beslenmesindeki en önemli kaynağı olarak rol oynamaktadır (Di Mascio vd. 1989; Beecher 1998; Dumas vd. 2003; Willcox vd. 2003; Atherton ve Rudich 2012).

Meyve ve sebze tüketiminin kanser ve kalp-damar hastalıklarına yakalanma riskini azalttığı için insan sağlığına faydalı olduğu düşünülmektedir. Özellikle domates ve domates ürünlerinin tüketimi, sindirim sistemi ve prostat kanserine yakalanma riskinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir (Franceschi vd. 1994; Giovannucci vd. 1995; Mayne 1996; Koo 1997). Yapılan birçok çalışmada domates ve domates bazlı gıdaların tüketiminin damar sertliği, tümör oluşumu ve kalp-damar hastalıkları riskini azalttığı ve birçok kanser türünün önlenmesinde büyük rol oynadığı rapor edilmiştir (Micozzi vd. 1990; La Placa vd. 2000).

Bu koruyucu özellik antioksidan savunmaya katkıda bulunan karotenoidlere atfedilmiştir (Oshima vd. 1996). Domates geleneksel Akdeniz diyetinin ana bileşeni olup oksijen radikallerini temizleme ve süpürme kapasitesine sahip bir karotenoid olan likopenin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır (Beecher 1998). Domatesin tüm yıl boyunca yüksek miktarda tüketilmesi onu birçok ülkede temel mineral, vitamin ve antioksidan kaynaklarından biri haline getirmektedir. Likopen diyetle alınan karotenoidler arasında en etkili antioksidan olup bu etkisini tekli oksijeni söndürerek ve peroksil radikallerini temizleyerek göstermektedir (Mortensen ve Skibsted 1997; Sies ve Stahl 1998). Domatesler aynı zamanda β -karoten, lutein, fitoen, fitofluen, γ -karoten, E vitamini ve fenolik bileşikler, askorbik asit, flavonoid gibi antioksidan mikro besinler açısından da zengin kaynaklardır ve bu bileşenlerin birçoğu domatesin sağlığı koruyucu etkisine katkıda bulunmaktadır (Dumas vd. 2003; Willcox vd. 2003). 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).

Likopen, birçok meyve ve sebzede esas olarak kırmızı renkten sorumlu olan, ancak özellikle domates ve domates ürünlerinde yüksek miktarda bulunan bir karotenoid pigmenti olup domatese rengini vermektedir (Gärtner vd. 1997; Brandt vd. 2006; Kopec vd. 2010). Domatesteki likopen içeriği çeşitlere göre farklılık gösterir, domatesin

olgunlaşması sırasındaki renk değişimleri klorofil kaybı ve kloroplastların kromoplastlara dönüşmesi nedeniyle karotenoidlerin özellikle likopenin hızlı bir şekilde birikmesi ile karakterize edilmektedir. Likopen içeriği meyve olgunlaştıkça artmakta olup 0.85 mg/100g ile 13.6 mg/100g arasında değişmektedir (Chauhan vd. 2011; Khudairi 1972; Ghadage vd. 2019).

Uzun yıllardan beri gıda renklendiricisi olarak kullanılan likopen son zamanlarda antioksidan aktivitesi ve prostat kanseri, kalp-damar hastalıklarını önleme potansiyeli açısından dikkat çekmektedir. Likopenin görsel ve fonksiyonel özellikleri sebebiyle sunduğu ticari fırsatlar, gıda ve sağlık arasındaki ilişki hakkında artan tüketici farkındalığı, besin takviyesi, farmasötik, gıda katkı maddesi gibi kullanımlarının yaygınlaşması ile yüksek besin kalitesine sahip gıdalara olan talebin artmasına sebep olmuştur. Bu durum domateste likopen içeriğinin artırılması fikrine yol açmış, bitki ıslah teknikleri ve doğal mutasyonların kullanımı ile çok sayıda yeni yüksek likopen içeriğine sahip domates çeşidi geliştirilmeye çalışılmıştır (Bramley 2000; Ilahy vd. 2011a). Örneğin, domatesin doğal mutasyonları olan *high pigment (hp)* likopen seviyelerini değiştirmek için ıslah programlarında kullanılmaya başlanmıştır (Santos ve Simon 2002).

Pigmentlerin biyosentezi genetik olarak kontrol edilmekte olup, likopen konsantrasyonu *hp (high pigment)* ve *ogc (old gold crimson)* genlerinin aktivitesiyle önemli ölçüde artmaktadır (Brandt vd. 2006). Domateste meyve rengini etkileyen çeşitli mutasyonlar benzer şekilde başka çalışmalarda da rapor edilmiştir (Konsler 1973; Sayama 1979).

Domateslerin renginin ve likopen içeriğinin iyileştirilmesi tipik olarak tanımlanan bu mutant genler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, *Dg (Dark green)*, *og (old-gold)*, *ogc*, *hp-1 (high pigment-1)* ve *hp-2 (high pigment-2)* genleri biyoaktif moleküllerin özellikle de likopen konsantrasyonu üzerinde olumlu etkiye sahip olan genlere örnek olarak gösterilmektedir. Bu genlerden *ogc* geni ıslah çalışmalarında kırmızı renkli çeşit geliştirmek için kullanılmaktadır (Sacks ve Francis 2001; Ilahy vd. 2011a; Siddiqui vd. 2013). Bu mutant genlerden bazılarının kullanılmasıyla normal veya yerel çeşitleri rengini iyileştirildiği bilinmektedir. Kırmızı meyveli domatesleri geliştirmek için ıslah programlarında yaygın olarak kullanılan mutant *ogc* geninin kullanıldığı bir çalışmada mutanta ait olgun meyvelerin sıradan bir meyveye göre 3 kat daha fazla karotenoid içerdiği (Ronen vd. 2000), *hp* geninin kullanıldığı başka bir çalışmada ise olgun meyvede 2 kat daha fazla likopen artışının gerçekleştiği belirtilmektedir (Thompson 1961; Thompson vd. 1962). Ayrıca, mutasyon olan *og* ve *ogc* genlerinin domateste koyu kırmızı meyvelere neden olduğu bilinmektedir. Bunlar ve benzeri genler dünya genelinde çeşitli ıslah programlarında kullanılmış ve dünya genelinde çeşitli yüksek likopen içeriğinde sahip domates çeşitlerinin piyasaya sürülmesine yol açmıştır (Ilahy vd. 2018).

Mevcut üretim ve ıslah stratejileri içerisinde verim yanı sıra biyokimyasal içeriği yüksek ürünlerin üretimi giderek artmaktadır. Verim ve hastalıklara dayanıklılık gibi temel ıslah amaçları ile değişen üretim modelleri ve artan rekabet koşulları, geliştirilen çeşitlerde spesifik özellikleri ön plana çıkarmayı hedeflemektedir. İnsanlarda artan sağlık endişeleri ve yararlı bileşikleri doğal kaynağından alma arzusu da bu tür ıslah çalışmalarını artırmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde kullanım amacına yönelik özel çeşitler pazarda kendine yer bulabilmektedir. Geliştirilen çeşit adaylarında veya ıslah sonucu elde edilen popülasyonlarda ürünlerin verim ve kalite özelliklerine ek olarak olgunlaşma ve hasat sonrası fizyolojilerinin de iyi bilinmesi gerekmektedir. Hasat sonrası renklenme ve olgunlaşma gösteren domates gibi klimakterik ürünlerde bu durum daha da

önem kazanmaktadır. Elde edilen yetiştiricilik gözlemlerinin hasat sonrası olgunlaşma süreçlerindeki etkilerinin de ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Bu çalışmada açık arazide yetiştirilen 1 kontrol (EZ-1) ve bu ticari çeşidin *Hp-1*, *Hp-2*, *Og* ve *Ogc* genleri aktarılmış varyasyonları altı farklı olgunluk aşamasındaki kalite parametreleri incelenmiştir. Ayrıca, çalışmada bu 5 genotipin renk kırım aşamasında hasat edilerek 20°C sıcaklıktaki olgunlaşma seyirleri 15 gün süreyle incelenmiştir. Bu tez kapsamında ıslah çalışmalarında renklenme ve likopen içeriğini üzerine etkili olduğu bilinen *Hp-1*, *Hp-2*, *Og* ve *Ogc* genlerinin domates olgunlaşması fizyolojisi üzerine etkilerinin ortaya konulması ve gelecek çalışmalara katkı sunulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Bitkisel ürünlerden elde edilen doğal renkli pigmentler dünya çapında büyük ilgi görmektedir. Bitkiler arasında tanımlanmış olan 600'den fazla karotenoid olup bunlardan sadece 40 tanesi insan diyetinde yer almaktadır. Bu karotenoidlerin bazılarında emilimine karşı bir engel olduğu görülmektedir. Bu nedenle sindirim siteminde oluşan seçici alım sonucunda insan plazması ve dokularında sadece likopen α ve β -karoten, lutein, zeksantin ve β -kriptoksantin gibi renk pigmentleri başta olmak üzere 14 karotenoid ve bunların bazı metabolitleri tanımlanmıştır (Khachik vd. 1995; Gerster 1997). Bu renk pigmentler gıda matrisinde yaygın olarak bulunan turuncu (β karoten), sarımsı-yeşil (lutein), yeşil (klorofil) ve mavi-mor (antosiyenin) gibi farklı fitokimyasallardan oluşmaktadır (Mortensen 2006). Bitkilerde, alglerde ve diğer fotosentetik organizmalarda likopen sarı, turuncu ve kırmızı pigmentasyonları sağlamakla birlikte bitkinin fotosentez ve ışığa karşı korunmasında etkilidir (Alda vd. 2009; Ledezma-Realpe 2013).

Likopen esas olarak birçok meyve ve sebzedeki koyu kırmızı renkten sorumlu olan, ancak domates ve domates ürünlerinde yüksek miktarda bulunan parlak kırmızı bir karotenoid pigmenttir (Gärtner vd. 1997; Kopec vd. 2010). Likopen karotenoid ailesinin bir üyesi olup yağda çözünen bir antioksidandır. Birçok bitki ve mikroorganizma tarafından sentezlenen likopen insanlar ve hayvanlar tarafından sentezlenememektedir (Chauhan vd. 2011; Ghadage vd. 2019). Likopen domates, karpuz, guava, papaya, pembe greylift gibi kırmızı meyve ve sebzelerde bulunmaktadır (Maiani vd. 2009).

Domates meyvesi bünyesinde taşıdığı besin içerikleri açısından zengin bir β -karoten, folat, potasyum, vitamin C, vitamin E, flavonoid ve likopen kaynağıdır. Domates ürünlerinin Amerikan diyetindeki likopenin %80'ini sağladığı belirtilmektedir (Willcox vd. 2003). Domates meyvesi antioksidan etkinliği açısından kendine özgü hoş tadı ve zengin besin içeriği ile bilinmektedir (Kong vd. 2010). Domates lutein, likopen, alfa ve beta karoten olmak üzere 4 ana karotenoidin tümünü içermektedir (Mohammed ve Malami 2013). Bazı meyve ve sebzelerin kırmızı ve turuncu renkleri likopen ile ilişkilendirilmektedir ancak bu bilgiye rağmen kuşkonmaz ve maydanoz gibi kırmızı veya turuncu renge sahip olmayan bazı bitkilerde de likopen bulunmaktadır (Yin vd. 2019; Hedayati vd. 2019). Çeşitli meyve ve sebzeler arasında yaygın olarak bulunan α -karoten, β -karoten, lutein ve zeaksantin'in aksine likopen beslenmemizde özellikle domates ve domates ürünlerinden karşılanmaktadır (Gerster 1997).

Likopen 8 izopren birimi ve 11 çift doğrusal bağdan oluşan bir tetraterpen bileşiği olup provitamin A aktivitesi olmayan bir karotenoiddir (Pennathur vd. 2010; Yin vd. 2019). β -karoten gibi bazı karotenoidler vitamin-A'nın önemli bir kaynağı olarak görev alırlar ancak likopende dahil olmak üzere karotenoidlerin çoğunluğu provitamin-A aktivitesinden yoksundur. Likopen bulundurduğu çift bağlar ve hidrofobik yapısı nedeniyle antioksidan aktivite gösterebilmektedir. Bu aktivite serbest radikalleri bağlama, tekli oksijen gruplarını yok etmesi ile açıklanmaktadır. Likopenin bünyesinden bulunan çok miktardaki çift bağlar sebebiyle antioksidan aktivitesinin α -karoten, β -karoten ve luteinden daha güçlü olduğu bildirilmektedir (Şentürk vd. 2010; Köksoy 2008; Ağca 2009; Demiray 2009; Kömüroğlu 2013; Kaya 2016).

Buna karşılık beta-siklik halkanın açılmış ve doğrusal bir yapıya sahip olması likopene oldukça iyi bir antioksidan özellik kazandırmakta ve bu yüzden likopen üzerinde olan ilgi insan sağlığı üzerinde oynadığı rol sebebiyle hızla artmıştır (Stahl ve Sies 1996; Gerster 1997).

Likopen alımı farklı ülke ve bölgelerden insanlar arasında değişiklik gösterebilmektedir (Barber ve Barber 2002). Ükelere göre günlük likopen alım miktarının Kanada'da 25.2 mg/gün, Amerika'da 3.7-16.3 mg/gün, Hollanda'da 4.9 mg/gün, Fransa'da 4.8 mg/gün, Avusturya'da 3.8 mg/gün, İspanya 1.6 mg/gün, Almanya'da 1.3 mg/gün, İngiltere'de 1.1 mg/gün, Finlandiya'da 0.7 mg/gün olduğu bildirilmektedir (Sabbağ ve Sürücüoğlu 2011; Bacanlı vd. 2017). Sağlıklı bir insanın günlük 5-7 mg likopen almasının oksidatif stres ve buna paralel gelişebilecek kronik hastalıklara karşı korunmada yeterli olabileceği belirtilmektedir (Rao ve Agarwal 1998; Rao ve Shen 2002; Rao ve Rao 2007).

Günlük likopen tüketimi için ideal bir dozun olmadığı belirtilmektedir ancak bazı çalışmalar farklı düzeylerdeki likopen alımlarının insan sağlığı üzerine olumlu etkisine dair fikir vermektedir. Örnek olarak; normal sağlıklı insanlarda günlük 5-7 mg alım ile dolaşımdaki likopen seviyesinin oksidatif stresle mücadele etmek ve kronik hastalıkları önlemek için yeterli olabileceği bildirilmektedir. Başka bir çalışmada ise 6.5 mg/gün likopen alımının erkeklerde kansere karşı etkili olduğundan bahsetmektedir (Giovannucci vd. 1995). Bir başka çalışmada, yaşlı bir gruba 12 hafta boyunca günlük 15 mg likopen takviyesi verilmiş ve doğal öldürücü hücre aktivitesini %28 arttırarak bağışıklık fonksiyonunda gelişme görüldüğü belirtilmiştir (Corridan vd. 1998). Çeşitli sağlık amaçları için farklı likopen dozlarının önerilebildiği görülmektedir. Ancak, son epidemiyolojik çalışmalara göre günlük likopen alımı için 2-20 mg/gün önerilebileceği belirtilmektedir (Saini vd. 2020). Kanser ve kalp-damar hastalıkları gibi hastalık durumlarında, günde 35 ile 75 mg arasında değişen daha yüksek likopen seviyeleri gerekli olabileceği bildirilmektedir (Heath vd. 2006).

Potansiyel olarak yararlı biyolojik aktiviteleri olan karotenoidler arasında likopen, son zamanlarda, kanser riskinin ve diğer bulaşıcı olmayan hastalıkların azaltılmasındaki rolü nedeniyle önemli bir ilgi görmüştür (Fiedor ve Burda 2014). Likopenin olası toksitesi ile ilişkili birçok çalışma bulunmakta, örneğin sıçanlara 10 µM'ye kadar uygulanan likopenin nöronlar üzerinde hiçbir toksitesinin olmadığı gözlemlendiği bildirilmiştir (Qu vd. 2013). Normal dozlarda likopen kullanımından kaynaklanan herhangi bir olumsuz rapor bulunmamaktadır (Monsen 2000). Farklı likopen formlarının (domatesten elde edilen likopen veya sentetik likopen vb.) kullanıldığında genel olarak güvenli olarak kabul edildiği bildirilmektedir (Trumbo 2005).

Karotenoidler sarıdan kırmızıya kadar farklı renkler sağlaması yanında bazı bitkisel gıdaların aromasına katkıda bulunurlar (Rodríguez-Bustamante ve Sánchez 2007). Karotenoidler 2 ana gruba sahiptir. Bunlardan birincisi yüksek oranda doymamış hidrokarbonlar (α , β ve γ - karoten, likopen), ikincisi ise ksantofillerdir (lutein, β -kriptoksantin ve zeaksantin). Doymamış hidrokarbonlu karotenoidler oksijensiz olup sadece karbon ve hidrojen atomları içerirken ksantofiller ise aksine karbon ve hidrojen halkalarına ek olarak son halkalarında en az bir tane oksijenli gruba sahiptirler (Furr ve Clark 1997; Holzapfel vd. 2013). Likopen düzenli olarak baştan sona bağlı 8 izopren ünitesinden oluşan simetrik bir yapıya sahip olup lipofilik kırmızı renkli bir karotenoid pigmenttir. Likopen suda çözünmezken, metanol ve etanolde az çözünmekte ancak karbon disülfid, petrol eteri, kloroform ve benzende ise çözünmekte olup lipofilik bir karaktere sahiptir (Van Breemen ve Pajkovic 2008; Chauhan vd. 2011; Camara vd. 2013).

Likopenin kimyasal formülü $C_{40}H_{56}$ olup domateslerde all trans konfigürasyonunda düzenlenmekte 11 konjuge ve 2 konjuge olmayan olmak üzere 13 çift bağ içeren 40 karbonlu asiklik bir molekül olup açık zincir yapısına sahiptir. Bu ayırt edici konjuge yapısı likopenin rengini ve antioksidan özelliklerini açıklamaktadır.

Likopen ışığa ve belirli kimyasal reaksiyonlara maruz kaldığında veya depolama, işleme sırasında mono veya poli cis izomeri oluşturmak üzere izomerleşebildiği belirtilmektedir (Shi ve Maguer 2000; Holzapfel vd. 2013).

Konjuge çift bağların karotenoidlerin renginde belirleyici role sahip oldukları, konjuge çift bağların sayısının artmasıyla rengin daha da koyulaştığı belirtilmektedir. Örneğin, 11 tane konjuge çift bağ bulunduran likopen kırmızı bir renge sahipken, 9 tane konjuge çift bağ bulunduran β -karoten ise rengi sarı-turuncu renge sahip olduğu bildirilmektedir (Türkoğlu 2008; İzgi 2012; Zengin ve Kurt 2018).

Karotenoidlerin renk ve fotokimyasal özelliklerini belirleyen molekül yapısı, karotenoidlerin oksitleyici ajanlara veya serbest radikallere karşı kimyasal reaktivitesine katkıda bulunmaktadır (Britton 1995).

Son gruplarındaki halkaların kopması ve oksijen eklenmesi gibi yollarla modifiye olan karotenoid yapılar, karotenoidlerin çeşitli formlarıyla bağlantılı olup renklerde farklılaşmaya ve çeşitli antioksidan özelliklere sahip farklı karotenoid türlerinin oluşmasına neden olmaktadır (Agarwal ve Rao 2000).

β -karoten ve α karoten gibi bazı hidrokarbon karotenoidler enzimatik olarak parçalanarak A vitamini oluşturulabilir ancak likopen uç kısmında beta iyonon halkasının olmaması ve asiklik yapısı nedeniyle provitamin A aktivitesinden yoksundur (Van Breemen ve Pajkovic 2008).

Bitkilerde karotenoid bileşikler ışık toplayan hücresel plastidlerde sentezlenmekte ve bulunmakta veya plastidlerden türetilmiş yarı kristal yapılar halinde mevcut olmaktadır (Fraser ve Bramley 2004; Faulks ve Southon 2005). Yüksek bitkilerde klorofil ile maskelenmekte olan karotenoidler kloroplastlarda bulunmaktadır, meyve ve sebzelerde olgunlaşma ile artan karotenoid sentezi ile karotenoidler sayı ve miktar olarak belirgin şekilde artış göstermektedir. Ayrıca güneş ışığına ve yüksek sıcaklığa maruz kalmanın karotenoid biyosentezini arttırdığı da bilinmektedir (Srivastava ve Srivastava 2015; Kopsell ve Kopsell 2006).

Hareket edebilme, büyüme gibi tüm fizyolojik olayların gerçekleşmesi için ihtiyaç olan enerji gereksinimi diğer tüm aerobik canlılardaki gibi insanlarda da oksidatif metabolizma yani aerobik metabolizma ile yürütülen reaksiyonlar sonucu sağlanmaktadır. Oksidatif metabolizma sırasında suya indirgenen oksijenin az bir kısmı da elektronlarını kaybetmiş zararlı maddeler olan serbest radikallere dönüşmekte ve bu maddeler bazı dokularda hücre hasarına ve moleküllerin yapı ve fonksiyonlarında değişikliklere neden olabilmektedirler (Kehrer 1993; Mccord 1993; Staroverov ve Davidson 2000; Sabbağ ve Sürücüoğlu 2011). Serbest radikaller ve bunlara karşı temizleyici etkiye sahip antioksidanlar arasındaki dengenin bozulması oksidatif stres olarak bilinmektedir (Özcan vd. 2015).

Bu tür süreçler, kanser, kardiyovasküler hastalıklar veya yaşa bağlı gözdeki sarı nokta hastalığı (makula dejenerasyonu) dahil olmak üzere birçok hastalığın başlangıç olayları olarak tartışılmaktadır (Sies ve Stahl 1998).

Bu sebeplerden dolayı antioksidanlar ve oksidanlar arasında bir dengenin olması yaşam açısından gereklidir. Antioksidanların yetersiz olması veya oksidanların belirli bir miktarın üzerinde oluşması durumunda denge bozulursa oksidan moleküller organizmadaki protein, karbonhidrat, lipid ve nükleik asitler gibi yararlı enzimlerin bozulmasına neden olarak zarara sebep olmaktadır. Oksidan etki gösteren zararlı maddelerin besinlerle ve/veya çevreden alınması ayrıca yaşlanma ile düşen enzim aktivitesi ile ilişkili olarak vücudun antioksidan savunma mekanizması yetersiz olabilmektedir. Antioksidan dengesini sağlamak için diyet büyük önem göstermekte ve

antioksidan özellik gösteren çeşitli vitamin, mineral ve bazı enzimlerin beslenme ile alınması iyi bir antioksidan savunma kaynağı oluşturabilmektedir (Duthie vd. 1989; Halliwell 1991; Matés vd. 1999; Knight 2000; Trueba vd. 2004; Cornelli 2009; Sabbağ ve Sürücüoğlu 2011).

Çoğunluğu etkili antioksidan olan karotenoidlerin tekli oksijeni söndüren ve peroksi radikallerini yakalamaktadır. Karotenoidlerin tekli oksijen yakalamadaki etkinliğini konjuge karbon çift bağ sisteminin sağladığı belirtilmektedir. Koruyuculuk açısından tüm karotenoidlerin eşit özellik göstermemektedir. Örneğin, α - tokoferol, α -karoten, β -kriptoksantin, zeaksantin, β -karoten, lutein ve likopenin antioksidatif etkinliklerinin araştırıldığı bir çalışmada likopenin en yüksek aktiviteye sahip olduğu ifade edilmektedir (Sies ve Stahl 1995; Stahl vd. 1998). Tekli oksijen yakalamada α - tokoferol, β -karotenden 50 kat daha fazla süpürme etkinliğine sahip olduğu, likopenin ise α - tokoferol den 100 kat daha fazla süpürme yeteneğine sahip olduğu bildirilmektedir (Di Mascio vd. 1989). Karotenoidlerin süpürme aktivitesi, konjuge çift bağların sayısı ile yakından ilişkili olup likopen diğer tekli oksijen söndürücü doğal C-40 karotenoidleri arasındaki en etkili tekli oksijen söndürücüdür (Di Mascio vd. 1989).

Kandaki likopen varlığının prostat kanserini ve diğer bazı kanser çeşitlerini önlediği ayrıca kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkinliğinden dolayı önem arz ettiği açıklanmaktadır (Miller vd. 1996; Sies ve Stahl 1998; Gann vd. 1999; Kök 2011). Tüm kanserler arasında likopenin en çok prostat kanserinin önlenmesindeki rolü araştırılmış olup genetik faktörler ve yaş riskin önemli belirleyicileri olmasına rağmen beslenme dahil çevresel maruziyetler hastalıkla ilişkilendirilmektedir. Farklı çalışmalar likopen alımı ve serumdaki likopen düzeylerinin prostat, meme, rahim ağzı, yumurtalık, karaciğer dahil olmak üzere çeşitli kanserlerle ters orantılı olduğunu gösterdiği belirtilmiştir (Giovannucci 1999).

Bahsedilen fonksiyonel özelliklerinden dolayı likopen insan sağlığı açısından önemli bir popülerite elde etmiş olup bu niteliklerin sunduğu ticari fırsatlar artan tüketici farkındalığı, besin takviyesi, gıda katkı maddesi gibi kullanımlarından dolayı likopen içeriğini maksimuma çıkaracak şekilde domates üretimi arzu edilir bir duruma gelmiştir. Bu gibi gelişmeler bitkilerde özellikle domateslerde likopen içeriğinin artırılması fikrine yol açmış ve bitki ıslah teknikleriyle doğal mutasyonların kullanımına başlanılmıştır (Bramley 2000; Ilahy vd. 2011a; Takashi vd. 2018; Ghadage vd. 2019).

Domatesin doğal mutasyonları olan *hp* genleri likopen seviyelerini değiştirmek için ıslah programlarında kullanılmıştır (Santos ve Simon 2002). Pigmentlerin sentezinin genetik olarak kontrol edildiği ve likopen içeriğindeki artışta mutant *hp* ve *ogc* genlerinin aktivitesinin önemli olduğu belirtilmektedir (Brandt vd. 2006).

Mutasyona uğramış allellere sahip olan bitkiler, likopenin β -karoten siklizasyonunu ortadan kaldırdığı ve meyve likopen içeriğini yaklaşık %25 arttırdığı belirtilmektedir (Thompson vd. 1967; Ronen vd. 2000). Bunlar arasında, β -karoten içeriğini önemli ölçüde arttırarak olgunlaştığında meyveyi turuncu bir renge dönüştürebilen *high β -carotene (B)* mutasyonu ve likopen içeriğini arttırarak ve meyvenin olağan kırmızı renginin yoğunlaşmasını sağlayan *ogc*, *hp* mutasyonları öne çıkmaktadır (Giordano vd. 2003).

Hp-1 ve *hp-2* genleri karotenoidlerin, flavonoidler ve C vitamini gibi antioksidan aktiviteye sahip ek fitokimyasalların seviyelerini arttırması ile karakterize edilmektedir (Ilahy vd. 2018; Wann vd. 1985; Levin vd. 2003). Domates *hp* mutantları ışığa aşırı duyarlılıkları ile bilinmekte ve açıkta yetiştirilen *hp* mutantları yüksek miktarda antosiyanin özellik sergilemektedir. Bitkileri yabancılerde daha kısa ve klorofil

pigmentlerinin aşırı üretimi nedeniyle olgunlaşmamış meyveleri daha koyu yeşildir (Mustilli vd. 1999). Monogenik resesif allelik olmayan *hp-1* ve *hp-2* mutantları yabani tip bitkilerle karşılaştırıldığında daha yüksek antosiyanin seviyeleri, daha kısa hipokotiller ve daha koyu pigmentli meyveler sergilerler. Bu özellikler flavonoidlerin ve karotenoidlerin yüksek seviyelerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum domates endüstrisinin bu mutasyonları ticari çeşitlerde kullanmaya yönelik büyük ilgisinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. *Hp-1* mutanlığı 1917'de Campbell Soup şirketine ait çiftliklerde doğal bir mutant olarak keşfedilmiş (Reynard 1956) ve *hp* mutantları üzerine çoğu çalışmanın konusu olmuştur. *Hp-2* mutanlığı ise 1975 yılında İtalyan 'San Marzano' çeşidinde keşfedilmiştir (Soressi 1975). Başlangıçtaki bazı kafa karışıklıklarına rağmen, *hp-1* ve *hp-2* mutasyonlarının farklı kromozomlarda haritalandığı ve dolayısıyla fenotipleri aynı görünse de farklı proteinleri kodladığı artık açık olarak belirtilmektedir (Van Tuinen vd. 1997; Yen vd. 1997). Ayrıca her lokusta *hp-1*, *hp-1w*, *hp-2* ve *hp-2j* olmak üzere iki mutant aleli tanımlanmıştır (Kerckhoffs vd. 1997; Van Tuinen vd. 1997).

Son zamanlarda geleneksel bitki ıslah teknikleriyle likopen içeriği artırılmış çok sayıda yeni domates çeşidi geliştirilmiştir. Yüksek likopen özelliği genellikle karotenoidlerin artmasına yol açan *hp* mutasyonlarının (*hp-1*, *hp1wm*, *hp-2*, *hp-2j*, *hp-2dg* ve son zamanlarda *hp-3*) varlığına bağlı olduğu ve bu genler karotenoidler, özellikle likopen ve flavonoid içeriğinde artışa neden olduğu bildirilmektedir (Mustilli vd. 1999; Galpaz vd. 2008). Yaprak ve meyve klorofilini yükselten, meyve likopeni ve β - karoten içeriğini artıran resesif bir mutasyon olan *hp* geni içeren ıslah hatlarının meyveleri %20 daha fazla askorbik asit içermekte ve daha sert meyvelere sahip olma eğiliminde olduğu bilinmektedir. Buna ek olarak bu genotiplerden elde edilen pürenin kıvamı normal hatlara göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Reynard 1956; Thompson vd. 1962; Jarret vd. 1984).

Bu gelişmiş besinsel özelliklere rağmen *hp* hatlarında yavaş çimlenme ve fide büyümesi, yüksek fide ölüm oranı, düşük yaprak kaplaması, kırılğan gövdeler, düşük verim, azalmış toplam asitlik ve şeker, yüksek hassasiyet dahil olmak üzere birçok istenmeyen özellik tanımlanmış olup ayrıca patojenlere karşı hassasiyete ve erken yaprak dökülmesine neden olduğu da bilinmektedir. Bu özellikler *hp* domateslerinin kullanımını ve/veya ticari olarak kabulünü sınırlamakta olup, bu olumsuz etkileri azaltmak amacıyla yüksek likopen *hp* mutasyonları çeşitli elit domates yetiştirme hatlarına dahil edilmiş olup bu da yetiştiricilerin, işleyicilerin ve tüketicilerin artan besin kalitesine yönelik talebini karşılamak üzere özel olarak geliştirilen yeni taze pazar ve/veya işleme hibritlerinin piyasaya sürülmesine yol açtığı belirtilmektedir (Wann 1997; İlahy vd. 2009, İlahy vd. 2011a, İlahy vd. 2011b, İlahy vd. 2014).

Domateslerin renginin ve likopen içeriğinin iyileştirilmesi, tipik olarak tanımlanan genler kullanılmasıyla gerçekleştirilebileceği belirtilmekte olup *dg*, *ogc*, *hp-1* ve *hp-2* genleri biyoaktif moleküllerin konsantrasyonu üzerinde (özellikle likopen) olumlu etkiye sahip olan genlere örnek olarak verilmektedir. Ayrıca, mutant *ogc* geni kırmızı meyveli domatesleri geliştirmek için yetiştirme programlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Sacks ve Francis 2001; İlahy vd. 2011a; Siddiqui vd. 2013).

Butler (1962) tarafından domatestte keşfedilen bir renk varyasyonu olan *ogc*'ye parlak kırmızı renginden dolayı crimson (kızıl) adı verilmiştir ve *ogc* karakterinin *og* geni ile allelik olan resesif bir faktör tarafından koşullandırıldığını belirtmiştir (Thompson vd. 1967).

Domatestteki *og* geni daha yüksek bir likopen içeriği sergilediğinden ve likopen oluşum yolunu açarak yüksek likopen içeriğine sahip bir domates üretebileceğinden

dolayı ilgi çekmektedir (Thomson vd. 1964). *Og* alleli fonksiyonel olmayan bir b-siklaz kodlayarak β -karoten'e dönüşümü engeller ve meyvede likopen seviyesinin artmasına neden olur (De Araújo vd. 2002; Long vd. 2006). Ronen vd. (2000) yaptıkları çalışmada resesif allelik mutasyon olan *og* ve *ogc* genlerinin β -karoten içermeyen kırmızı meyveler ve sarımsı turuncu çiçeklerle aynı fenotipe sahip olduğunu belirtmektedir.

Sacks ve Francis (2001) çalışmalarında kullandığı *ogc* geninin meyve üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve *ogc* olan hatların daha koyu, doymun ve daha az turuncu meyvelere sahip olma eğiliminde olduğunu belirtmiştir. *Ogc* mutant resesif geninin meyve iç rengine yoğun bir kırmızı renk verdiği ve bu geni içeren olgun kırmızı domatesler sıradan çeşitlere göre 3 kat daha fazla karotenoid içerdikleri belirtilmektedir (Thompson vd. 1967; Rubio-Diaz vd. 2010).

Ogc homozigot meyveler normal meyvelerle karşılaştırıldığında likopen içeriğinin bu gene sahip olmayan meyvelere göre %75 daha fazla olduğu ayrıca meyvenin loküler bölgesinde β -karoten miktarının azaldığı belirtilmektedir (Thompson vd. 1965).

Thompson vd. (2000) yaptıkları çalışmada *og* geni içeren; 'Agrisette', 'FL7692D', '7692B' ve 'Suncoast' çeşitleri ayrıca 'Equinox' 'FL7659', '97E212S' (*rin*+) ve 'Solar Set' çeşitlerini kullanmışlardır. Kırmızı olgunluk aşamasında haziran ayında hasat ettikleri domateslerde yaptıkları çeşitli analizlerde *og* genine sahip olan domateslerde ('Suncoast' ve 'FL7692D') diğer çeşitlerden daha fazla likopen içeriğine rastlanılmış, *Rin* geni içeren '97E212S' çeşidinde ise en az miktarda likopen içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. 'Equinox' çeşidi *og* genine sahip olmamasına rağmen *og* genine sahip olan domateslerle kıyaslanabilecek kadar likopen miktarına sahip olduğu ve dolayısıyla 'Equinox' çeşidindeki yüksek likopen içeriğinin bu genle ilişkilendirilemeyeceği bildirilmiştir.

Thompson vd. (2000) yaptıkları çalışmada 4 çeşidi ['Agrisette', 'Solar Set', 'Suncoast' (*og*), 'FL7692D' (*og*) olgun yeşil aşamada hasat ederek likopen içerikleri karşılaştırmışlardır. Yeşil olum aşamasında likopen açısından fark tespit edilememiş olup, likopen içerikleri sırasıyla (8 μ g /100g, 7 μ g /100g, 8 μ g /100g, 7 μ g /100g) olarak tespit edilmiştir. Ancak *og* geni içeren çeşitler 'Suncoast' (1210 μ g /100g) ve 'FL7692D' (1511 μ g /100g) renk kırım aşamasında hasat edildiklerinde bu gene sahip olmayan 'Agrisette' ve 'Solarset' çeşitlerinden daha yüksek likopen içeriğine sahip olduğu, kırmızı aşamada hasat edildiklerinde ise 'Suncoast' (*og*) ve 'FL7692D' (*og*) çeşitlerinin sırasıyla (5274 μ g /100g, 5560 μ g /100g) en yüksek likopen içeriğine sahip oldukları belirtilmişlerdir. Taze domates meyvedeki likopen içeriği çevre koşullarına, coğrafi konuma, iklim durumu, tür ve olgunluğa bağlı olarak önemli bir değişkenlik göstermekte olup domatestede ortalama 5-10 mg/100g likopen içermektedir (Hart ve Scott 1995; Holzapfel vd. 2013).

Yapılan bir çalışmada en yüksek likopen içeriği (440 mg/kg) Batı Virginia (ABD) açık alanda yetiştirilen *hp-1* ve *ogc* genlerine sahip T-3640 çeşidinde tespit edilmiştir (Lampe ve Watada 1971). Olgunlaşma ile en büyük artış ise (1.93 kat) olup *hp-2/dg* hattı olan HLT-F52 ile Kuzey Tunus'ta eşzamanlı olarak yetiştirilen kontrol üretimi çeşidi Rio Grande çeşidi arasında olduğu rapor edilmiştir (İlahy vd. 2009, İlahy vd. 2011a). Homozigot *hp* ve *ogc* alellerinin likopen konsantrasyonu üzerindeki olumlu etkisi, farklı çeşitlerde, farklı yıllarda, lokasyonlarda ve yetiştirme yöntemlerinde (geleneksel veya organik) gerçekleştirilen tarla ve sera çalışmalarıyla doğrulandığı ayrıca tarlada yetiştirilen ve organik olmayan domateslerin serada yetiştirilen ve organik üretimden elde edilen domateslerden daha fazla likopen içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (İlahy vd. 2018).

Bitkilerdeki karotenoid içeriği üzerinde etkili faktörler arasında meyvenin olgunlaşma aşaması da önem arz etmektedir (Sönmez ve Ellialtıoğlu 2014). Ayrıca domateslerdeki likopen miktarının, meyvenin hasat anındaki olgunluğuna bağlı olduğu ifade edilmektedir (Sadler vd. 1990).

Domatesin olgunlaşması kloroplasttan kromoplasta geçiş sırasında klorofilin parçalanması, karotenoidlerin özellikle likopenin sentezi ve depolanması olmak üzere çeşitli morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimler içermektedir (Brandt vd. 2006; Lopez-Juez 2007). Olgunlaşma meyvelerin renginin kırılma aşamasında yeşilden kırmızıya doğru değişmesiyle başlamakta ve bu geçişte klorofilin parçalanması ve likopenin birikimiyle eş zamanlı olarak gerçekleşen ksantofil ve β -karoten kaybolmasından kaynaklanmaktadır (Ronen vd. 2000).

Domatesin büyüme ve olgunlaşması gerçekleşirken karotenoid ve klorofillerin sentezi önce meyvenin merkezinde sonrasında ise dış kısmında meydana gelmektedir (Dumas vd. 2003). Yaprak tipi pigmentlerin miktarındaki artışın ardından bir durgunluk hatta azalma (klorofil ve neoksantin) meydana gelirken yeni pigmentler (fitoflavin ve likopen) ortaya çıkmaktadır (Dumas vd. 2003). Domates meyvesinin olgunlaşması renk, tat, aroma ve dokunun değişiminin koordineli şekilde düzenlendiği bir süreç olup olgunlaşmanın en fark edilebilir karakteristik özelliği meyvedeki karotenoid içeriğindeki belirgin yükseliştir (Laval-Martin vd. 1975).

Domatesler olgunlaşmamış yeşil halden olgunlaşmaya ilerledikçe karotenoid içeriğindeki artış pigmentasyondaki değişikliklerle görülmektedir (Fraser vd. 1994). Yapılan bir çalışmada açık araziden hasat edilen farklı aşamalarındaki domates meyvelerinin olgunlaşma sırasında meyvelerin likopen içerikleri pembeden kırmızı aşamaya geçerken keskin bir şekilde yükseldiği belirtilmektedir (Dumas vd. 2003). Pigmentasyondaki değişim likopenin plastidlerdeki büyük miktarda birikimi ve klorofilin kaybolması sonucu oluşmakta olup yeşil meyvedeki kloroplastlar likopen biriktiren kromoplasta dönüşürler (Harris ve Spurr 1969).

Müşteriler tarafından olgun, kırmızı ve sağlam domatesler tercih edilmektedir. Renk yeme kalitesinde pigmentlerin sorumlu olduğu önemli bir özelliktir ve kırmızı renk domateslerde en fazla bulunan karotenoid olan likopen (%83) tarafından oluşturulmaktadır (Lopez vd. 2000). Meyve olgunlaşması renk, doku, tat ve kimyasal bileşimlerde belirgin değişikliklerle sonuçlanan karmaşık ve genetik olarak programlanmış bir süreçtir. Domatesin olgunlaştırılması, domatesin kıvamını ve rengini iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla geniş çapta araştırılmıştır (Javanmardi ve Kubota 2006).

Brandt vd. (2006) yaptıkları çalışmada, her bir olgunlaşma döneminde domates meyvesinin likopen içeriğini analiz etmişlerdir. Olgun yeşil (0.1 mg/kg) ve kırılma (5.5 mg/kg) dönemindeki meyvelerde az miktarda likopen bulunduğunu bildirilerdir. Çalışmada renk dönüm aşamasına ulaştığında kırılma aşamasından neredeyse 3 kat daha fazla (15.3 mg/kg) likopene sahip olduğu tespit edilmiştir. Likopen içeriğinin pembe aşamada ortalama (25.4 mg/kg), kırmızı aşamada (39.8 mg/kg) ve koyu kırmızı (59.0 mg/kg) aşamada tespit edilmiş ve likopen alımı açısından olgunlaşma aşamalarının oldukça önemli ve belirleyici faktör olduğu bildirilmiştir.

Fraser vd. (1994) tarafından yapılan çalışmada olgunlaşmamış yeşil, olgun yeşil, kırılma, kırmızı ve aşırı olgun domateslerdeki likopen miktarı sırasıyla 25, 10, 370, 4600, 7050 $\mu\text{g}/100\text{g}$ olarak tespit edilmiştir (Fraser vd. 1994).

Bir çalışmada kırılma aşamasında hasat edilen ve daha sonra 22°C'de olgunlaştırılan 'Homestead' çeşidine ait meyveler analiz edilmiştir. Likopen miktarları

sırasıyla; kırılma aşamasında 0.41 mg/kg, pembe aşamada 9 mg/kg, parlak kırmızı aşamada 22 mg/kg, kırmızı aşamada ise 83 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Meredith ve Purcell 1966).

Dumas vd. (2003) tarafından yapılan araştırmada domatesler 7 farklı aşamada (1: Olgun yeşil, 2: Yeşil-sarı, 3: Yeşil-turuncu; 4: Turuncu-sarı, 5: Turuncu-kırmızı, 6: Kırmızı ve 7: Koyu kırmızı) hasat edilerek likopen içeriklerini incelemişlerdir. Likopen seviyeleri olgun yeşilden (0.14 mg/kg) turuncu-sarı aşamaya kadar hafifçe bir artış gösterdiği (15 mg/kg) ancak koyu kırmızıya ulaştığında (81 mg/kg) ise keskin bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca toplam karotenoidler içerisindeki likopen yüzdesinin 7 farklı aşamada sırasıyla %12, %55, %72, %82, %90, %95 ve %99.5 olduğu bildirilmiştir.

Arias vd. (2000) yaptıkları çalışmada serada yetişen ve renklerine göre 7 farklı gruba ayrılan 'Laura' domates çeşidinde (yeşil, sarı, turuncu, parlak kırmızı, kırmızı, koyu kırmızı sert ve koyu kırmızı yumuşak) likopen içeriklerini sırasıyla 0.11 mg/100 g, 1.44 mg/100 g, 3.40 mg/100 g, 4.95 mg/100 g, 9.25 mg/100 g, 12.20 mg/100 g, 11.99 mg/100 g olarak tespit etmişlerdir.

Iqbal vd. (2022) yaptıkları çalışmada 'Roma' çeşidine ait 3 farklı aşamada (yeşil, pembe ve kırmızı) hasat ettikleri meyvelerde yürüttükleri araştırmada likopen içeriğinin yeşil aşamada 22.1 mg/kg, pembe aşamada 26 mg/kg, kırmızı aşamada ise 33 mg/kg olduğunu bildirmişlerdir.

Brandt vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada sıcaklık ve fotosentetik aktif radyasyonun likopen içeriği üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma, 2002 ve 2003 yıllarında 110-130 g olan yuvarlak meyveli 'Lemance F1' çeşidinde yapılmıştır. Çalışmada 6 farklı olum aşamasında hasat ettikleri domateslerin likopen içeriklerini incelemişlerdir. Olgun yeşil ve kırılma aşamalarında likopen içeriğinin ihmal edilebilir seviyede olduğu ancak likopen birikiminin sonraki aşamalarda hızlandığını belirtmişlerdir. Likopen içeriğinin olgun yeşil aşamada 0.1 mg/kg, renk kırılma aşamasında 5.5 mg/kg, renk dönüm aşamasında 15.3 mg/kg, pembe aşamada 25.4 mg/kg, kırmızı aşamada 39.8 mg/kg ve koyu kırmızı aşamada 59.0 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Renk dönüm aşamasındaki likopen seviyesinin kırılma aşamasından neredeyse 3 kat daha yüksek olduğu, ortalama likopen içeriğinin pembe aşamada 25,4 mg/kg'a ulaştığı en büyük farklılığın ± 20 mg/kg ile kırmızı ve koyu kırmızı aşamalar arasında olduğu belirtmişlerdir.

Periago vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada İspanya-Murcia bölgesinde yetişen üç domates çeşidi ('Ronaldo', 'Siena' ve 'Copo'), yeşil, pembe ve kırmızı aşamada hasat ederek olgunlaşması sırasında oluşan biyoaktif bileşikler ve bunların antioksidan aktivitesi ile ilişkilerini incelemişlerdir. Analizlere göre klorofillerin parçalanması ve renk değişikliğine yol açan karotenoidlerin birikmesi nedeniyle klorofil içeriği yeşilden kırmızıya doğru önemli ölçüde azaldığı, yeşil aşamada likopenin tespit edilemediği, pembe domateslerde ise 3 çeşit arasında belirgin bir farklılık olmadığı belirtilmiştir. Ancak, pembeden kırmızı aşamaya geçildiğinde likopen içeriğinin belirgin bir şekilde arttığı ve yükselişlerin sırasıyla 'Ronaldo' çeşidinde 1.5 kat, 'Siena' çeşidinde 3.7 kat ve 'Copo' çeşidinde '3.6' kat olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçta ise likopen içeriği çeşitler arasında farklılık göstermekte olduğu, bu durumun karotenoid biyosentezini önemli ölçüde etkileyen bitki beslenmesi, çevre ve genetik faktörlerle ilişkilendirildiğini belirtmişlerdir.

Lenucci vd. (2009) tarafında yapılan çalışmada yeşil, yeşil-turuncu, turuncu-kırmızı ve kırmızı aşamalarda toplanan, geleneksel ('Donald' ve 'İncas') ve *Hp* geni

içeren ('Hly-18' ve 'Kalvert') hibrit çeşitlerine ait meyvelerin likopen, β -karoten ve lutein miktarları analiz edilmiştir. Çalışmada likopenin bütün çeşitlerde yeşil aşamada belirlenen en düşük karotenoid olmasına rağmen, 'Kalvert' çeşidinde bir miktar daha yüksek olduğu ve yeşil aşamadan kırılma aşamasına geçildiğinde likopen birikiminin daha belirgin olduğu belirtilmiştir. Kırmızı aşamada 'Kalvert' çeşidinin (202 mg/kg) en yüksek likopen içeriğine sahip olduğu sonrasında sırasıyla 'Hly 182 (195 mg/kg), 'Donald' (95 mg/kg), 'İncas' (93 mg/kg) çeşitlerinin geldiği tespit edilmiştir. Sonuçta ise 'Kalvert' ve 'Hly-18' (*hp* çeşitleri) geleneksel çeşitlerle karşılaştırdıklarında ('Donald' ve 'İncas') iki kat daha fazla likopen biriktirdikleri tespit edilmiştir.

Hdider vd. (2013) yaptıkları çalışmada yüksek likopen içerikli olduğu iddia edilen 6 domates çeşidi ve bir sıradan çeşidin olum aşamalarına göre karşılaştırmışlardır. Araştırmada, meyveler yeşil, yeşil-turuncu, turuncu-kırmızı, kırmızı olum olmak üzere 4 farklı aşamada hasat edilmiştir. Analizlere göre her aşamada yüksek likopen içeriğine sahip olduğu iddia edilen 6 çeşide ait likopen içeriği sıradan çeşitten daha yüksek çıkmıştır. Özellikle, kırmızı olgunluk aşamasında geleneksel çeşit olan 'Donald' meyvelerindeki likopen içeriği 96.9 mg/kg iken 'Hly 18' adlı çeşitte 232.9 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Genel olarak yüksek likopen içeriğine sahip olduğu düşünülen 6 çeşitteki likopen miktarları sıradan 'Donald' çeşidine göre 1.26 ile 2.4 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Klimakterik bir meyve olan domatesin olgunlaşması hasattan sonra da devam etmektedir. Olgunlaşma süreçlerinin ve depolama sıcaklığının meyvenin son besin bileşimini ciddi bir şekilde etkileyebildiği açıklanmıştır (Madhavi ve Salunkhe 1998). Aynı zamanda farklı depolama uygulamalarının de raf ömrü ve renk değişiklikleri gibi domatesin bazı özelliklerini etkilediği belirtilmiştir (Shewfelt vd. 1988; Bhowmik ve Pan 1992).

Meyve ve sebzelerin hasat ve tüketim tarihleri arasındaki süreç birkaç haftayı bulabilmektedir. Hasat edilen meyve ve sebzelerdeki çevre koşullarına tepki olarak oluşturdıkları fitokimyasal reaksiyonlar belirli bileşiklerin biyolojik ve tıbbi aktivite düzeylerini değiştirebilmektedir. Bu nedenle, bu tür fitokimyasal reaksiyonların miktarının belirlenmesi, besin değeri çalışmalarının tasarlanmasında kritik bir rol oynamaktadır (Javanmardi ve Kubota 2006).

Domates meyvesinin metabolizması bitkiden ayrıldıktan sonra meyveler kırmızı evreye ulaşsa bile olgunlaşmaları önemsiz düzeye düşene kadar devam eder ve bozulurlar (Yanuriati vd. 1999). Sıcaklık, hasat sonrası işleme ve ürünün yönetim sırasında domateslerin kalitesini belirlemede önemli bir faktördür. Domates meyvelerin depolama sıcaklıkları olgunlaşma sürecini engelleyecek kadar düşük, üşüme hasarlarını önleyecek kadar da yüksek sıcaklıklar arasında olması gereklidir (Couey 1982). Düşük sıcaklık (13°C'nin altı) domatesten olgunlaşma ve lezzet gelişimini etkilemekte, 35°C'nin üzerindeki sıcaklıkların ise meyve olgunlaşması engellenmektedir. Meyvelerin yüksek sıcaklıklarda depolanması aşırı su kaybı ve olgunlaşma yeteneğinin kaybolmasından dolayı mümkün değildir (Biggs vd. 1988; Klein ve Lurie 1992; Toor ve Savage 2006). Ayrıca parlak kırmızı domateslerin 13°C'nin altında muhafaza edildiğinde, 20°C sıcaklıkta muhafaza edilenlere göre daha az olgun tat ve aroma ile daha kötü tatlara sahip olduğu belirtilmektedir (Maul vd. 2000).

Luna-Guevara vd. (2014) tarafından Meksika'da yürütülen çalışmada farklı hasat sonrası koşulların 'Roma' domates çeşidinin bazı kalite ve biyoaktif parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla çalışmada serada sonbahar-kış sezonunda yetiştirilen domatesler, parlak kırmızı aşamada hasat edilerek farklı sıcaklıklarda (7, 22

ve 37°C’de) muhafaza edilmiştir. Depolama sırasında 22°C’de bekletilen domateslerin likopen içeriğinde diğerlerine göre önemli bir artış gözlemlenmiş ve muhafazanın 0., 1., 3. ve 5. günlerinde yapılan analizlerde sırasıyla 24.5, 21.0, 48.7 ve 31.7 mg/kg likopen tespit edilmiştir. Buna karşılık, Abushita vd. (1997) yaptıkları çalışmada 7 ve 37°C sıcaklıkta muhafaza edilen domateslerde likopen içeriği başlangıçta artmış ancak sonda azalmıştır. Bu durumun 12°C’nin altındaki ve 32°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda likopen öncüllerinin inhibesi sebebiyle meydana gelmiş olabileceğini açıklamışlardır.

Toor ve Savage (2006) tarafından Yeni Zelanda yapılan çalışmada, seradan parlak kırmızı aşamada hasat edilen ‘Tradiro’ domates çeşidi 7, 15 ve 25°C sıcaklıkta 10 gün süreyle muhafaza edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 15 ve 25°C’de muhafaza edilen domateslerin likopen içeriğinin, 7°C muhafaza edilen domateslerden 1.8 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Javanmardi ve Kubota (2006) tarafından yapılan çalışmada serada hidroponik ortamda yetiştirilen ‘Clermon’ domates çeşidi parlak kırmızı veya kırmızı aşamada hasat edilmiş ve likopen çeşitliliği, hidrofilik antioksidan aktivitesi, SÇKM miktarı ve ağırlık kaybı bakımından karşılaştırılmıştır. Domatesler iki hafta boyunca 12 ve 5°C sıcaklıkta depolanmış ve buna ek olarak oda sıcaklığında (25-27°C) 1 hafta boyunca muhafaza edilmiştir. Genel olarak, 7 gün oda sıcaklığında depolanan domateslerin toplam likopen içeriği 14 gün boyunca düşük sıcaklıklarda saklanan domateslerinkinden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Oda sıcaklığında depolanan domateslerdeki likopen miktarı 1 haftalık depolama süresinde 42 mg/kg’dan 68 mg/kg’a yükselerek önemli bir artış göstermiştir. Buna karşılık düşük sıcaklıklarda (12 ve 5°C) depolanan domateslerde önemli bir farklılığın olmadığını belirtmişlerdir.

Toor ve Savage (2005) yılında yaptıkları çalışmada parlak kırmızı aşamada hasat edilen ve farklı sıcaklıklarda (7, 15 ve 25°C) 10 gün depolamanın likopen içeriği üzerine etkileri incelemişlerdir. Depolamanın 10. gününde 15 ve 25°C’de muhafaza edilen domateslerin ortalama likopen içeriğinin (7.5 mg/100g), 7°C’de muhafaza edilen domateslerin (3.2 mg/100g) yaklaşık 2 katı olduğu tespit edilmiştir.

Türk vd. (1993) tarafından yapılan çalışmada domatesler pembe olgun aşamada hasat edilmiş 0 ve 18 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. 0°C’de klorofil miktarındaki azalma ve likopen miktarındaki artışın 18°C’ye göre daha yavaş olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, 18°C’de depolanan domateslerde klorofil içeriğinin hızla azalması ve artan su kaybı nedeniyle domateslerin ancak 3 hafta depolanabildiği ve 7 gün aralıkla yapılan analizler sonucunda likopen miktarlarının sırasıyla 3.58 mg/kg, 4.79 mg/kg, 7.75 mg/kg ve 37.83 mg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Sıcaklık kırmızı rengin gelişmesi ve domates meyvesinin yumuşaması da dahil olmak üzere biyolojik süreçlerin hızı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Tadesse vd. 2015). Buna ek olarak domates meyvesinin raf ömrünü uzatmanın bir alternatifi *ripening inhibitor* (*rin*) ve *non-ripening* (*nor*) gibi genlerin dahil edilmesi yoluyla domates hatlarının doğal olgunlaşma sürecini düzenlemek olmuştur (Barry ve Giovannoni 2006). Bu genler olgunlaşma sürecini bloke ederek ve olgunlaşma sürecini geciktirmektedir. Mevcutta kullanılan uzun ömürlü domates çeşitlerinin çoğu *rin*, *nor* veya *alcobaca allele* (*norA*) genleri açısından heterozigottur. Ancak, bu genlerin meyve rengi, lezzeti ve aroma oluşması gibi metabolik yollar üzerindeki pleiotropik etkisi nedeniyle azalan bir kaliteye neden olabilmektedir (Kovács vd. 2009). Yapılan bir çalışmada homozigot *norA* geni, ağırlık kaybını azaltarak ve sertliği artırarak hasat sonrası raf ömrünü uzattığı ancak likopen ve β -karoten içeriğini azalttığı, böylece oluşan kötü dış renklemenin çeşitlerin ticari kullanımını sınırladığını belirtmektedir (De Araújo vd. 2002). Bunların aksine *hp*

ve *ogc* gibi aleller meyvede likopen üretimini arttırarak rengi iyileştirmekte olduğu ve mutant alelleriyle birlikte kullanılabileceği belirtilmektedir (Andrade Junior vd. 2005). Domates hibritlerinde *norA*, *rin*, *ogc* veya *hp* mutant genlerinin olgunluk ve renk açısından beraber kullanımının hem hasat sonrası sürecin hem de meyve iç renginin korunması ve iyileştirilmesi açısından umut verici olduğunu belirtilmektedir (Cá vd. 2006).

Giovanelli vd. (1999) tarafından yapılan çalışmada iki farklı genotipe ait dalında ve hasat sonrası olgunlaşan domates meyvelerinin likopen, β -karoten, askorbik asit ve toplam fenolikler madde miktarlarını incelenmiştir. Araştırmada, kullanılan domatesler 2 farklı genotip olarak seçilmiş olup genotiplerden birisi normal kırmızı iken, diğeri genetik çalışmalarda likopen içeriğini arttıran ancak β -karoten içeriğini düşürdüğü bilinen *ogc* genine sahip olan domates çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan domatesler renklerine göre yeşilden-kırmızıya kadar 7 aşamaya ayrılarak sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir. Hasat sonrası olgunlaşma takibi için olgun yeşil aşamada hasat edilen domatesler 20°C sıcaklıktaki bir odada muhafaza edilmiştir. Sonuçta olgunlaşma koşullarının hem antioksidan birikme kinetiğini hem de hasat sonrası olgunlaşan domateslerde içeriğini etkilediği belirtmişlerdir. Dalında olgunlaşan domateslerde likopen ve β -karoten içeriklerinin olgunlaşma arttıkça doğrusal olarak arttığı ancak hasat sonrası olgunlaştırılan domateslerde aksine likopen ve β -karoten oluşumunun daha hızlı bir şekilde arttığı hatta hasat sonrası olgunlaştırılmış domateslerde aynı a*/b* oranına sahip olan dalında olgunlaştırılmış domateslerde ulaşılan likopen içeriğinin, neredeyse 2 katına ulaştığı belirtilmektedir.

Thompson vd. (2000) tarafından yapılan çalışmada *og* geni içeren ve içermeyen domates çeşitlerini renk kırım aşamasında hasat etmişler ve 20°C'de 12 gün süreyle muhafaza etmişlerdir. Çalışmadaki *og* geni içeren iki çeşitten biri olan 'Suncoast' (*og*) çeşidinin 0, 6, 9 ve 12. günlerdeki likopen içeriğinin sırasıyla 1.21 mg/100g, 6.20 mg/100g, 6.17 mg/100g ve 4.57 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Genel olarak *og* geni içeren çeşitlerin bu geni içermeyen çeşitlere göre daha yüksek likopen içeriğine sahip oldukları belirtilmiştir.

Lampe ve Watada (1971) yaptıkları çalışmada 6 farklı domates çeşidinden elde edilen meyvelerin görsel ve kimyasal analizlerini yaptıkları çalışmada *hp*, *ogc* genleri bunların ikili kombinasyonları ayrıca 'Manhattan' ve 'West Virginia 63' adında ticari çeşitleri kullanmışlardır. Renk kırım aşamasında hasat edilen ve analize kadar 20°C'de muhafaza edilen meyvelerin likopen içeriklerinin, *hp* ve *hp-ogc* genlerini içeren hatlarda ticari çeşitlerden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Lampe ve Watada (1971) yaptıkları çalışmada 2 ticari çeşit ile *hp* ve *ogc* geni ve bunların kombinasyonları içeren çeşitlerle yapılan çalışmada, *hp* ve *ogc* geni içerenlerin en uzun raf ömrüne sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca aynı sonuçlar, Thompson (1961)'in yaptığı çalışmada *hp-ogc* geni içeren hatların ticari hatlardan daha sert olduğunu tespit etmesiyle desteklenmektedir.

Günümüz ıslah yaklaşımlarından birisi de mevcut hatların genetik olarak amaçlar doğrultusunda iyileştirilmesidir. Bu kapsamda artan sağlık endişeleri ve rekabet koşulları domates çeşitlerinde spesifik özellikleri ön plana çıkarmaya başlamaktadır. Domatesin en önemli biyokimyasal özelliğinden birisi olarak likopen son yıllarda ön plana çıkmaktadır. Likopen miktarı hem domatesin tarımsal endüstri açısından değerini attırmakta hem de ürünün renk ve albenisini etkileyerek müşteri memnuniyeti artırmaktadır. Moleküler çalışmalar domateste likopen sentezi üzerine etkili olan genler üzerine yoğunlaşmış ve *hp-1*, *hp-2*, *og* ve *ogc* genlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu genlerin mevcut hatlara

aktarılarak çeşitlerin likopen özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Ancak henüz bu genlerin tam anlamıyla tek başlarına domatesin hem bitki üzerinde olgunlaşmasını hem de dalından koparıldıktan sonra olgunlaşmasında ne kadar etkili olduğu ile ilgili yeterli literatür bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışma ile likopen üzerine etkili farklı genlerin hem farklı hasat dönemlerinde hem de hasat sonrası olgunlaşma süresince meyve kalitesi üzerine etkileri ele alınmış ve bu konuda literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada deneme materyali olarak ticari bir çeşit ve bu çeşide likopen üzerine etkili olduğu bilinen *Hp-1 (High pigment-1)*, *Hp-2 (High pigment- 2)*, *Og (old-gold)*, *Ogc (old-gold crimson)* genleri aktarılmış olan hibritleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan hibritler Enza Zaden Tarım Ar-Ge Taş. ve Tic. Şirketi'ne ait EZ-1 kodlu çeşidin ebeveynleri ile *Hp-1*, *Hp-2*, *Og*, *Ogc* genlerine sahip olduğu spesifik markörler ile tespit edilen hatların geriye melezlenmesiyle elde edilmiş homozigot genotiplerdir. Elde edilen genotiplerin bu genleri içerdiği markörler ile doğrulanmıştır. Çalışmada kullanılan materyaller EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit) olarak kodlandırılmıştır.

Çalışmada kullanılan EZ-1 (Kontrol) çeşidi, oturak açık tarla domatesi olup meyveleri iri, sert ve iyi bir renge sahiptir. İlkbahar ve yaz dönemi için uygun olan bu çeşitte ortalama meyve ağırlığı 200- 250 g arasında değişmektedir.

3.2. Domateslerin Yetiştirilmesi

3.2.1. Yetiştiricilik yerinin toprak ve iklim özellikleri

Çalışmada kullanılan materyaller Antalya-Yukarı Kocayatak'ta yer alan Enza Zaden firmasına ait işletmede gerçekleştirilmiştir. İşletmenin toprak özellikleri incelendiğinde toprak pH'sının 7.4, kireç içeriğinin %20.4, EC değerinin 1154 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve tuzluluğun ise %0.043 olarak belirlenmiştir. Arazinin makro ve mikro element içeriğine ait detaylar Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Toprak özellikleri

Analiz Parametreleri	Değerler
Organik Madde	% 1.3
Toplam Azot	% 0.1
Fosfor	53.49 $\text{P}_2\text{O}_5/\text{da}$
Potasyum	135.3 $\text{K}_2\text{O}/\text{da}$
Kalsiyum	1477 CaO/da
Magnezyum	168.3 MgO/da
Demir	10.13 ppm
Mangan	5.81 ppm
Çinko	10.01 ppm
Bakır	19.34 ppm

3.2.2. İklim özellikleri

Yetiştiriciliğin yapıldığı araziye ait sıcaklık ve nem değerleri dijital ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüş ve düzenli olarak kaydedilmiştir. Yetiştiricilik süresince elde edilen ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), minimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), maksimum sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), ortalama nispi nem (%), minimum nispi nem (%) ve maksimum nispi nem (%) değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Yetiştiricilik süresince ortalama sıcaklık (24.5°C), ortalama minimum sıcaklık (14.4°C), ortalama maksimum sıcaklık (39.2°C), ortalama nem (%71.2), ortalama minimum nem (%18.1), ortalama maksimum nem (%97.5) olarak belirlenmiştir.

Çalışma süresince en yüksek ortalama sıcaklık temmuz ayında (31.3°C) olarak görülmüşken, en yüksek ortalama nem ise mayıs ayında (%80.9) olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 3.2. Yetiştiricilik esnasında elde edilen sıcaklık ve nem değerleri

Aylar	Min. Sıcaklık (°C)	Mak. Sıcaklık (°C)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Min. Nem (%)	Mak. Nem (%)	Ort. Nem (%)
Nisan-2023	5.8	31.0	17.1	22.4	97.4	66.0
Mayıs-2023	11.7	37.7	21.3	22.8	100	80.9
Haziran-2023	14.7	41.1	26.5	11.2	99.5	72.9
Temmuz-2023	25.4	47.2	31.3	16.3	93.2	65.2
Ortalama	14.4	39.2	24.5	18.1	97.5	71.2

3.2.3. Tohum ekimleri

Çalışmada kullanılan deneme materyallerine ait tohumların ekimi 2 Mart 2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Tohumlar, torf ve perlit (2:1 oranında) karışımı içeren 150 adetlik viyollere ekilmiştir. Ekim işlemi sonrasında viyoller sulanarak çimlenme odasına alınmış ve ilk çimlenme görülünceye kadar 3 gün süreyle çimlenme odasında tutulmuştur. Çimlenmenin görüldüğü viyoller fideliğe alınmış ve yeterli dikim büyüklüğüne ulaşınca kadar fidelikte bekletilerek gerekli bakım uygulamaları yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Fide üretiminden genel bir görünüm

3.2.4. Elde edilen hibritlerin istenilen genleri içerdiğinin markör ile doğrulanması

Ekimden sonra hedefe uygun genotipleri taşıyan bitkileri selekte etmek amacı ile yeterli büyüklüğe ulaşan bitkilerin kotiledon yapraklarından örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin moleküler markörler ile incelenmesi Enza Zaden şirketinin Hollanda'da yer alan laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre seçilen ve gruplandırılan bitkiler dikime hazırlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Markör yardımıyla seçilen bitkilerin dikime hazırlanması

3.2.5. Toprak hazırlığı ve dikim

Domateslerin yetiştiriciliğinin yapılması için 650 m² büyüklüğünde açık arazi işlenerek hazırlanmıştır. Sürüm sonrasında seddeler oluşturularak damla sulama boruları çekilmiştir. Arazide yabancı ot ile mücadele amacıyla siyah malç kullanılmıştır. Çalışmada bitkiler tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 30 bitki olacak şekilde 12 Nisan 2023 tarihinde dikilmiştir. Dikim işleminde bitkilerin aralıkları sıra üzeri 40 cm ve sıra arası 1.5 m olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.6. Bitkilerin yetiştirilmesi ve kültürel uygulamalar

Dikim sonrasında bitkilerin yetiştirilmesi sırasında sulama, ilaçlama ve gübreleme gibi işlemleri rutin olarak yapılmıştır. Gübreleme için şirketin toprak analizlerine göre hazırladığı program kullanılmış ve bütün genotiplere eşit olarak uygulanmıştır.



Şekil 3.3. Bitkilerin yetiştirildiği araziden genel bir görünüm

3.3. Meyve Hasadı

Çalışmanın birinci kısmında, farklı olum aşamalarındaki meyvelerin özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla her genotipe ait domatesler yeşil olgun, renk kırım, renk dönüm, pembe, açık kırmızı ve kırmızı aşamada hasat edilmiştir.

(Şekil 3.4). Çalışmanın ikinci kısmında ise hasat sonrası olgunlaşma sürecini takip etmek için domatesler renk kırım aşamasında toplanmıştır. Hasat edilen domatesler, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Derim Sonrası Fizyolojisi Laboratuvarı'na getirilmiştir. Meyvelerin hasat sonrası olgunlaşma sürecini incelemek üzere domatesler 20°C sıcaklıkta 15 gün süreyle muhafaza edilmişlerdir.



Şekil 3.4. Farklı olgunlaşma aşamalarında toplanan genotiplerin meyvelerine ait görseller. A) EZ-1 (Kontrol), B) EZ-2 (*Hp-1*), C) EZ-3 (*Hp-2*), D) EZ-4 (*Og*) ve E) EZ-5 (*Ogc*). * Hasat sonrası çalışmalarda kullanılan renk kırım aşamasındaki domatesler

3.4. Farklı Olgunluk Seviyelerinde ve Olgunlaşma Sürecinde Yapılan Analizler

3.4.1. Ağırlık kaybı

Hasat sonrası olgunlaşma sürecindeki domateslerin ağırlık kaybı değişimleri 0.01 g duyarlılıktaki dijital hassas terazi ile belirli aralıklarla ölçülerek belirlenmiştir. Ağırlık kayıpları başlangıç ağırlığının %'si olarak hesaplanmıştır.

3.4.2. Renk ölçümleri

Domateslerin renk değerleri dijital renk ölçüm cihazı (CR400-Minolta) ile ölçülmüştür. Renk ölçümleri meyvelerin ekvator bölgesine gelen üç farklı noktadan gerçekleştirilmiş ve bu değerlerin ortalaması alınarak bir meyvenin renk değerleri (L, C* ve h°) belirlenmiştir (Mc Guire 1992).

3.4.3. Meyve sertliği

Domateslerin meyve sertlikleri ekvator bölgelerinden 3 mm çaplı uca sahip el penetrometresi (Ft 327, Effegi) ile ölçülmüştür. Meyvelerin sertlik değerleri Newton (N) olarak verilmiştir.

3.4.4. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) ve titre edilebilir asit (TEA) miktarları

Domateslerin SÇKM ve TEA içerikleri belirlemek için her tekerrür için alınan örnekler ayrı ayrı katı meyve sıkacağından geçirilerek meyve suyu elde edilmiştir. Elde edilen bu meyve suları SÇKM ve TEA analizlerinde kullanılmıştır.

Domateslerin SÇKM analizleri için 1 mL alınan meyve suyu örneği dijital refraktometre (HI 96801, Hanna) yardımıyla ölçülmüş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. TEA miktarının belirlenmesi için beher içerisine 5 mL meyve suyu örneği alınarak üzerine 35 mL saf su ilave edilmiştir. Daha sonrasında çalkalayıcı üzerine alınan örnekler 0.1 M Sodyum hidroksit çözeltisi ve bir pH metre yardımıyla pH değeri 8.1'e gelene kadar titre edilmiştir. Harcanan çözelti miktarı kullanılarak örneklerin TEA miktarları % sitrik asit cinsinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Cemeroğlu vd. 2007).

$$TEA \text{ Miktarı (\%)} = \frac{V.F.E}{M} \times 100 \quad (3.1)$$

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı (mL); F: Titrasyonda kullanılan baz çözeltisinin normalitesi; E: 1 mL 0.1 N NaOH'un eşdeğeri asit miktarı (g) (sitrik asit sabiti= 0.0064); M: Alınan örnek miktarı (mL)

3.4.5. Toplam klorofil miktarı

Domates meyve örneklerinin toplam klorofil miktarlarının belirlenmesi için blender ile parçalanarak homojenize edilmiş olan domates örnekleri falkon tüplere 3 g olarak tartılmıştır. Sonrasında üzerine 10 mL %80'lik aseton koyularak ultra-toraks ile tekrar homojenize edilmiştir. Bu işlem sonrasında tüpler, 5 °C sıcaklıkta 8600 g'da, 5 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz alınmıştır. Alınan üst faz uygun seyreltme faktörleriyle seyreltikten sonra spektrofotometrede 645, 663 ve 440 nm dalga boyunda %80'lik asetona karşı okutulmuştur. Toplam klorofil miktarları mg/100g olarak hesaplanmıştır (Witham vd. 1971).

3.4.6. Likopen miktarı

Domates meyve örneklerindeki likopen içeriği tespit etmek için önceden blender yardımıyla parçalanmış olan domates örnekleri 0.5 g olarak 50 mL'lik falkon tüpleri içerisinde tartılmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine sırasıyla 5 mL aseton ile hazırlanan %0.05 (w/v) butylated hydroxytoluene (BHT) çözeltisi, 5 mL %95'lik etanol ve 10 mL saf hekzan eklenmiştir. Hazırlanan örnekler 4°C sıcaklıkta 180 rpm dönme hızında 5 dakika süreyle çalkalanmıştır. Çalkalama sonrasında örneklerin üzerine 3 mL saf su ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında 5 dakika çalkalanan örneklerin üst kısmında yer alan berrak

faz 503 nm’de spektrofotometre yardımıyla heksana karşı okunmuştur. Ölçümlerden elde edilen veriler aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Fish vd. 2002).

$$Likopen \left(\frac{mg}{kg} \right) = \frac{A503 \times 0,0312}{\text{Örnek miktarı(kg)}} \quad (3.2)$$

3.4.7. Toplam fenolik madde miktarı

Domateslerin toplam fenolik madde miktarını belirlemek için %80’lik metanol ile hazırlanan meyve ekstrasyonları kullanılmıştır. Hazırlanan ekstratlardan cam deney tüplerine 0.5 mL alınmıştır. Daha sonra tüplere sırasıyla saf su ile 10 kat seyreltilmiş 2.5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi ve 2 mL %7.5’lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen çözeltinin vorteks cihazı ile homojen bir şekilde karışması sağlandıktan sonra su banyosunda 50°C sıcaklıkta 5 dakika süreyle bekletilmiştir. Süre tamamlandıktan sonra alınan örnekler oda sıcaklığında ve karanlıkta 10 dakika bekletilmiştir. Sonrasında örnekler spektrofotometre cihazında 760 nm dalga boyunda, %80’lik metanole karşı okutulmuştur. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit çözeltileri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/ kg cinsinden verilmiştir (Şkerget vd. 2005).

3.4.8. Toplam antioksidant aktivitesi

DPPH radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivitesi Fernández-León vd. (2013) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla uygun oranda seyreltilmiş meyve örneklerinden 50 µL ependorf tüplerine alınmış ve üzerine taze hazırlanmış 950 µL 6.10⁻⁵ M DPPH çözeltisi ilave edilerek, Vortex ile karıştırılmıştır. Karışım oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede 516 nm dalga boyunda metanole karşı okutulmuştur. Aynı işlemler örnek yerine ekstrasyon için kullanılan çözelti (%80 metanol) tekrarlanmış ve bu şekilde kontrol örneğinin absorbansı elde edilmiştir. Örneklerin antioksidan aktivitesi kontrol örneğinin absorbansının örnek absorbansları arasındaki farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla mg troloks eşdeğer aktivite 100 g ekstrakt olarak hesaplanmıştır.

3.4.9. İstatistik

Çalışma “Tesadüf Parselleri” deneme desenine göre yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bitki materyalleri 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 30 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Muhafaza çalışmaları 3 tekerrür olarak yürütülmüş olup her tekerrürde 15 meyve kullanılmıştır. Farklı olgunluk aşamaları için ise tekerrürlerden her olgunlaşma aşamasına ait 15’er meyve olacak şekilde hasat gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm istatistiksel analizlerde SAS (sürüm 9.4) istatistik paket programı kullanılmıştır. Varyasyon kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi (P≤0.05) kullanılmıştır.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin farklı olum aşamalarındaki özellikleri

4.1.1. Meyve sertliği

Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen meyve sertliği değerleri Newton (N) cinsinden Çizelge 4.1’de verilmiştir. Domateslerde tespit edilen sertlik değerleri genotip ve olgunluk aşamasına bağlı olarak değişim göstermiştir. Örneklerin meyve sertlikleri 22.24 ile 62.72 N arasında değiştiği tespit edilmiştir. Olgunlaşma artıka meyvelerde sertlik azalış göstermiştir. En yüksek meyve sertliği yeşil olgun aşamada EZ-5 genotipinde, renk dönüm aşamasında EZ-2 ve EZ-4 genotiplerinde, pembe, açık kırmızı ve kırmızı aşamalarda EZ-2 genotipinde daha yüksek meyve sertliği tespit edilmiş olup renk kırım aşamasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. En düşük meyve sertliği ise yeşil olgun ve renk dönüm aşamalarında EZ-1 genotipinde, pembe aşamada EZ-1 ve EZ-4 genotiplerinde, açık kırmızı aşamada EZ-1, EZ-3 ve EZ-4 genotipleri, kırmızı aşamada ise EZ-1 genotipinde tespit edilmiştir. Renk kırım aşamasında ise istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir.

Domateslerin pazarlaması açısından meyve sertliği önemli bir faktördür. Depolama ve olgunlaşma sırasında domateslerde sertlik kaybının nedeni selüloz, pektinesteraz, poligalakturonazın hücre duvarı ve plazmatik membran üzerindeki etkilerinden kaynaklanmaktadır (Tucker vd. 1980). Wakabayashi (2000) yapılan çalışmada ortalama meyve sertliğinin olgunlaşma ile azalış gösterdiğini çalışmamıza benzer olarak belirtmiştir. Çalışmamızda genel olarak likopen üzerine etkili genlerin meyve sertliğini korumada etkili olduğu özellikle *hp-1* geni içeren EZ-2 genotipinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında ölçülen meyve sertlikleri (N)

Genotip*	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	53.60 d ¹	46.74	34.10 c	29.10 d	26.95 c	22.24 d
EZ-2	57.62 c	49.00	47.53 a	39.20 a	34.98 a	34.10 a
EZ-3	57.13 c	53.90	40.96 b	36.55 b	28.71 bc	25.67 c
EZ-4	59.58 b	45.76	46.35 a	28.51 d	28.42 bc	27.34 bc
EZ-5	62.72 a	47.23	38.22 b	34.30 c	29.89 b	28.71 b
LSD _{0.05}	1.5611	Ö.D.	2.7136	2.1834	2.2785	2.7724

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). Ö.D.: İstatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. ¹ Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

4.1.2. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı

Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen SÇKM miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çalışmada farklı

olgunluk aşmaları ve genotiplere bağlı olarak SÇKM miktarları %3.6 ve %5.7 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek SÇKM içerikleri yeşil olgun aşamada EZ-2 ve EZ-4 genotiplerinde, renk kırım aşamasında EZ-4 genotipinde, renk dönüm aşamasında EZ-5 ve EZ-4 genotipinde, pembe aşamada EZ-5 genotipinde, açık kırmızı aşamada EZ4 ve EZ5 genotipinde, kırmızı aşamada ise EZ-1, EZ4 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilmiştir.

Domates meyvelerinin tat üzerine etkili parametrelerden birisi SÇKM miktarıdır. SÇKM miktarı yüksek olan meyvelerin tadının güzel olduğu, işleme sırasında daha yüksek verime sahip olduğu, taşınabilirliği ve depolama sırasında kalitesini daha iyi koruduğu belirtilmektedir (Kurina vd. 2021). SÇKM miktarının olgunlaşma ile arttığı için iyi bir olgunluk göstergesi olduğunu belirtmektedirler (Tilahun vd. 2017). Shirahige vd. (2010) yüksek kaliteli meyvelerin %3'ten fazla SÇKM içeriğine sahip olması gerektiğini bildirmektedirler bu bilgi doğrultusunda yapılan analizler sonucunda çalışmada kullanılan genotiplerin SÇKM içeriklerinin %3.6 ve %5.7 arasında olduğu ve belirtilen değerden yüksek olduğu görülmektedir. Kırmızı olum aşamasında *hp-1* (EZ-2) ve *hp-2* (EZ-3) genlerine sahip domateslerin SÇKM miktarları diğer genotiplere göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlara benzer şekilde Jarret vd. (1984) tarafından yapılan çalışmada *hp* genlerine sahip domateslerin SÇKM miktarının daha düşük olduğunu belirtilmiştir. Çalışmamızda *og* (EZ-4) ve *ogc* (EZ-5) genlerine sahip domateslerde daha yüksek SÇKM miktarı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Thompson vd. (2000) yaptıkları çalışmada *og* geni içeren domates genotiplerinin SÇKM miktarının içermeyen domateslere göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen SÇKM miktarları (%)

Genotip*	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	4.5 ab ¹	4.4 c	4.7 bc	4.7 c	4.6 c	4.9 a
EZ-2	4.8 a	5.0 b	4.6 c	4.5 c	4.8 bc	4.2 b
EZ-3	4.2 b	4.3 c	4.7 bc	3.6 d	3.8 d	3.8 b
EZ-4	4.7 a	5.6 a	5.2 ab	5.3 b	5.3 a	5.1 a
EZ-5	4.5 ab	5.2 b	5.6 a	5.7 a	5.1 ab	5.0 a
LSD _{0.05}	0.3816	0.3044	0.5942	0.4456	0.4626	0.5772

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

4.1.3. Titre edilebilir asit (TEA) miktarı

Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen TEA miktarları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde TEA miktarlarının %0.28 ile %0.61 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek TEA miktarları yeşil olgun ve renk kırım aşamasında hasat edilen domateslerde EZ-5 genotipinde, renk dönüm, pembe ve açık kırmızı aşamalarında EZ-1, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde, kırmızı aşamada ise EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilmiştir. Kırmızı olum aşamasında *og* (EZ-4) ve *ogc* (EZ-5) genlerini içeren genotiplerde TEA miktarı daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak TEA miktarının olgunlaşma sürecinde

azalış göstermiştir. Iqbal vd. (2022) yaptıkları çalışmada ‘Roma’ domates çeşidine ait 3 farklı aşamada (yeşil, pembe ve kırmızı) hasat ettikleri meyvelerde çalışmamıza benzer olarak TEA miktarının olgunlaşma ile azaldığını belirtmişlerdir. Benzer azalış De Castro vd. (2005) domateste yapılan çalışmada da belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen TEA miktarları (%)

Genotip*	Olgunluk Aşamaları					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	0.43 b ¹	0.47 bc	0.53 a	0.48 a	0.42 a	0.37 b
EZ-2	0.32 c	0.48 bc	0.43 b	0.36 b	0.28 b	0.30 c
EZ-3	0.35 c	0.41 c	0.41 b	0.36 b	0.30 b	0.29 c
EZ-4	0.45 b	0.52 b	0.51 a	0.47 a	0.46 a	0.46 a
EZ-5	0.59 a	0.61 a	0.46 ab	0.51 a	0.46 a	0.45 a
LSD_{0.05}	0.0571	0.0797	0.076	0.0536	0.0646	0.0304

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

4.1.4. Renk değerleri

Yapılan ölçümler sonucunda domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen hue açısı (h°) değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir. Yapılan ölçümlerin sonuçları çalışmada kullanılan domateslerin h° değerinin 42.62° ile 134.24° arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek h° değerinin yeşil olgun aşamada EZ-1, EZ-2 ve EZ-3 genotiplerinde, renk kırım aşamasında EZ-2 ve EZ-3 genotiplerinde, renk dönüm aşamasında EZ-1, EZ-3 ve EZ-4 genotiplerinde, pembe aşamada EZ-3 genotipinde, kırmızı aşamada ise EZ-1 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilmiştir. Açık kırmızı olgunluk aşamasında hasat edilen genotipler arasında ise h° değeri açısından istatistiki bir farklılık tespit edilmemiştir.

Kırmızı olum aşamasında hasat edilen domateslerden *hp-1* (EZ-2) ve *hp-2* (EZ-3) geni içeren domatesler daha düşük h° değerine sahip bulunmuştur. Bir başka ifade ile bu genleri içeren domatesler daha koyu kırmızı renge sahip bulunmuştur. Domateslerde h° değeri olgunlaşma ile azalış göstermiştir. Hue açısı değeri gerçek rengi temsil etmekte (kırmızı, sarı, mavi gibi) olup 180° değerinin koyu yeşil rengi, 0° ise değerinin koyu kırmızı rengi temsil ettiği bildirilmektedir (Shewfelt vd. 1988). Hue değerindeki belirgin azalma yeşilden turuncuya doğru gerçekleştiği ve daha sonra sabit kaldığı ifade edilmektedir (Arias vd. 2000).

Yapılan ölçümler sonucunda farklı olum aşamalarında hasat edilen genotiplere ait kroma (C^*) değerleri Çizelge 4.5’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre C^* değerlerinin 34.90° ile 48.40° arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek C^* değerleri yeşil olgun ve renk kırım aşamalarında EZ-2 ve EZ-3 genotipinde, renk dönüm aşamasında EZ-3 genotipinde, açık kırmızı aşamada EZ-1, EZ-2 ve EZ-3 genotiplerinde ve kırmızı aşamada EZ-1 genotipinde tespit edilmiştir. Pembe aşamada hasat edilen domateslerde ise C^* değeri açısından istatistiksel farklılık tespit edilememiştir.

Çizelge 4.4. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen hue açısı (h°) değerleri

Genotip*	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	133.53 ab ¹	106.38 b	89.74 a	70.92b	56.44	49.83a
EZ-2	134.19 a	109.47 a	86.20 b	69.70bc	54.17	45.14c
EZ-3	134.24 a	109.19 a	92.99 a	76.79a	52.41	42.62c
EZ-4	131.89 c	102.36 c	91.39 a	68.34c	53.66	46.39b
EZ-5	132.86 b	106.31 b	84.32 b	65.85d	56.24	49.33a
LSD _{0.05}	0.8751	1.5468	2.3437	1.3979	Ö.D.	1.7921

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). Ö.D.: İstatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Genotiplerde olgunlaşmayla birlikte C* değeri bir miktar artış göstermiş olup, benzer şekilde bu artış domatesin olgunlaşmasında Shewfelt vd. (1988) tarafından yapılan çalışmada da belirtilmiştir. Meyvelerin muhafazaya bağlı olarak olgunlaşmanın ilerlemesi sırasında C* değeri yükseldiği meyve rengindeki değişikliğin klorofil bozulması ve likopen sentezi ile alakalı olduğu bildirilmektedir (Arias vd. 2000; Ferreira vd. 2010). Kırmızı olum aşamasında hasat edilen domateslerde EZ-1 genotipinin C* değeri diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Buna karşılık likopen üzerine etkili olduğu bilinen genlere sahip genotiplerde arasında ise istatistiksel farklılık tespit edilememiştir.

Çizelge 4.5. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen kroma (C*) değerleri

Genotip	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	39.33 c ¹	37.56 bc	35.27 d	43.30	48.40 a	45.58 a
EZ-2	42.66 a	43.06 a	42.37 b	45.63	46.26 ab	42.86 b
EZ-3	41.33 ab	44.07 a	44.99 a	45.89	46.55 ab	42.82 b
EZ-4	39.83 bc	39.01 b	37.61 c	45.89	43.99 b	41.99 b
EZ-5	40.18 bc	34.90 c	40.89 b	43.61	44.09 b	43.99 b
LSD _{0.05}	1.8499	3.679	1.9005	Ö.D.	3.0747	1.2049

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). Ö.D.: İstatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Yapılan ölçümler sonucunda farklı olum aşamalarında hasat edilen genotiplere ait parlaklık (L) değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre (L) değerlerinin 42.03 ° ile 64.32 ° arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek L değeri yeşil olgun ve renk kırım aşamasında EZ-1, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde, renk dönüm ve pembe

aşamada EZ-1 genotipinde, açık kırmızı aşamada EZ-1, EZ-3 ve EZ-5 genotiplerinde, kırmızı aşamada ise EZ-1 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilmiştir. L değerinin likopen içeriğiyle ilişkili olduğu, olgunlaşma ilerledikçe azalarak koyulaşmanın ve yeşil renk kaybı ile artan likopen içeriği ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Arias vd. 2000). Benzer şekilde EZ-2, EZ-3 ve EZ-4 genotiplerinin L değerleri bu bulguları desteklemektedir.

Çizelge 4.6. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen parlaklık (L) değeri miktarları

Genotip	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	63.73 a ¹	63.37 a	60.71 a	55.67 a	48.30 ab	43.96 a
EZ-2	53.96 b	55.33 c	48.30 b	50.72 c	47.34 bc	42.03 c
EZ-3	53.31 b	57.29 b	55.14 b	53.41 b	48.45 a	42.64 c
EZ-4	64.18 a	63.25 a	54.94 b	52.12 bc	46.86 c	42.93 bc
EZ-5	64.32 a	63.16 a	61.63 b	53.32 b	48.76 a	43.75 ab
LSD_{0,05}	2.8421	1.1311	2.3213	1.6808	1.0913	0.9004

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

4.1.5. Toplam klorofil miktarı

Çalışmada farklı olgunluk aşamasında hasat edilen genotiplere ait toplam klorofil miktarları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre toplam klorofil miktarının 0.20 ile 48.15 mg/100 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek klorofil miktarları yeşil olgun aşamada EZ-3 genotipinde ve renk kırım aşamalarında EZ-2 genotipinde, renk dönüm aşamasında EZ-2 ve EZ-3 genotiplerinde, pembe aşamada EZ-3 ve EZ-5 genotiplerinde, açık kırmızı aşamada ise EZ-3, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde, kırmızı aşamada ise EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilmiştir.

Meyve ve sebzelerin klorofil pigment içeriğinin değişimi, olgunlaşma aşamasında renk değişimi açısından büyük önem taşıdığı ifade edilmektedir (Abiso vd. 2015). Tüketici ve pazar ihtiyaçlarına bağlı olarak domatesler kırılmadan kırmızı renge kadar farklı olgunlaşma aşamalarında hasat edilmektedir ve gelişimin ilk aşamalarında domatesler klorofil içeriğinden dolayı yeşildir olgunlaşma sırasındaki renk değişikliği, klorofil kaybı ve karotenoidlerin, özellikle likopenin birikmesiyle karakterize edilmektedir (Wold vd. 2004). Meyvenin yeşil halinden tamamen olgunlaştığı kırmızı aşamaya doğru olan olgunlaşma sürecinde renklenmede önemli değişimler gözlenmiştir. Olgun olmayan meyvelerde maksimum düzeyde olan klorofil içeriği meyve olgunlaştıkça önemli düzeyde azalmakta olduğu bildirilmektedir (Fraser vd. 1994). Trudel ve Ozbun (1970) 6 farklı olgunlaşma aşamasında topladıkları domateslerle yaptıkları çalışmada olgunlaşma ile klorofil içeriğinde genel bir düşüş gözlemlendiğini rapor etmişlerdir. Çalışmamızda yürütülen analizler sonucunda klorofil miktarının olgunlaşma ile genel olarak azaldığı görülmekte olup Fraser vd. (1994), Trudel ve Ozbun (1970) çalışmalarında elde ettikleri bulgularla uyum göstermiştir.

Çizelge 4.7. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen klorofil miktarları (mg/100g)

Genotip*	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	23.47 d ¹	19.14 d	7.79 c	4.49 c	5.46 c	0.20 c
EZ-2	41.40 b	40.46 a	16.06 ab	5.82 bc	5.81 bc	0.31 c
EZ-3	48.15 a	30.34 b	18.15 a	7.82 ab	6.92 a	0.79 b
EZ-4	39.55 b	32.18 b	13.78 b	6.68 bc	7.39 a	1.07 a
EZ-5	34.62 c	24.01 c	13.56 b	9.59 a	6.56 ab	0.98 a
LSD _{0,05}	4.8338	2.5623	2.5119	2.4483	0.8981	0.1054

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

4.1.6. Likopen miktarı

Çalışmada farklı olgunluk aşamasında hasat edilen genotiplere ait likopen miktarları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Genotiplerin likopen içerikleri olum aşamasına bağlı olarak 0.11 ile 134.2 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Yeşil olgun aşamadaki en yüksek likopen miktarı EZ-5 ve EZ-3 genotiplerinde, renk kırım aşamasında EZ-4 genotipinde, renk dönüm aşamasında EZ-5 genotipinde, pembe aşamada EZ-2 genotipinde, açık kırmızı aşamada ise EZ-3 genotipinde, kırmızı aşamada ise EZ-2 genotipinde görülmüştür. Kırmızı aşamada *hp-1* geni içeren domateslerin daha yüksek likopen içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu gene sahip domateslerde renk değişimi, klorofil parçalanması ve likopen artışı özellikle renk dönüm aşamasından sonra hızlanmıştır. Çalışmamızda kullandığımız genotiplerin genel olarak likopen içeriklerinin başlangıçta az miktarda olduğu renk dönüm aşamasına kadar az bir artış gösterdiği ancak sonraki olgunlaşma aşamalarında hızlı bir yükseliş gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen likopen miktarları (mg/kg)

Genotip	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	0.11 c ¹	0.52 d	8.93 b	11.31 d	53.25 b	93.17 c
EZ-2	0.19 c	0.66 d	2.96 d	23.77 a	58.14 b	134.32 a
EZ-3	0.45 ab	1.31 c	6.93 c	18.18 c	67.59 a	103.84 b
EZ-4	0.36 b	3.69 a	6.04 c	20.54 b	53.78 b	98.44 b
EZ-5	0.46 a	1.89 b	10.71 a	20.74 b	33.80 c	88.63 c
LSD _{0,05}	0.0988	0.365	1.0709	1.7758	5.1232	4.8689

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Domatesin olgunlaşması kloroplasttan kromoplasta geçiş sırasında klorofilin parçalanması, karotenoidlerin özellikle likopenin sentezi ve depolanması olmak üzere çeşitli morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimler içermektedir (Brandt vd. 2006; Lopez-Juez 2007). Domateslerde yeşil olgun halden olgunlaşmasının ilerlemesiyle oluşan karotenoid miktarındaki artış pigmentasyondaki değişikliklerle görünür hale gelmektedir (Fraser vd. 1994). Tüketiciler tarafından olgun, kırmızı ve sağlam domatesler tercih edilmektedir. Domateste renk yeme kalitesinde pigmentlerin sorumlu olduğu önemli bir özellik olup, kırmızı renk domateslerde en fazla bulunan karotenoid olan likopen (%83) tarafından oluşturulur (Lopez vd. 2000). Yapılan bir çalışmada açık araziden hasat edilen farklı aşamalarındaki domates meyvelerinin olgunlaşma sırasında meyvelerin likopen içerikleri pembeden kırmızı aşamaya geçerken keskin bir şekilde yükseldiği belirtilmektedir (Dumas vd. 2003). Brandt vd. (2006) yaptıkları çalışmada, her bir olgunlaşma döneminde domates meyvesinin likopen içeriğini analiz etmişlerdir, yeşil olgun (0.1 mg/kg) ve kırılma (5.5 mg/kg) dönemindeki meyvelerde az miktarda likopen bulunduğunu ve buna ek olarak domateslerin renk dönüm (15.3 mg/kg) aşamasına ulaştığında kırılma aşamasından neredeyse 3 kat daha fazla likopenine sahip olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışmada likopen içeriğinin pembe aşamada ortalama 25.4 mg/kg'a, kırmızı aşamada 39.8 mg/kg'a, koyu kırmızı aşamada ise 59.0 mg/kg'a ulaştığını belirtilmiştir. Likopen alımı açısından olgunlaşma aşamalarının oldukça önemli ve belirleyici faktördür. Dumas vd. (2003) tarafından yapılan araştırmada meyve olgunlaşmasını 7 farklı aşamada (1: Yeşil olgun, 2: Yeşil-sarı, 3: Yeşil-turuncu, 4: Turuncu-sarı, 5: Turuncu-kırmızı, 6: Kırmızı ve 7: Koyu kırmızı) hasat ederek likopen miktarlarını incelemişlerdir. Likopen seviyeleri yeşil olgun aşamadan (0.14 mg/kg) turuncu-sarı aşamaya kadar hafifçe bir artış gösterdiği (15 mg/kg) ancak koyu kırmızıya ulaştığında (81 mg/kg) ise keskin bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Çalışmamızda geri melezleme yoluyla aktarılan *hp-1*, *hp-2* ve *og* genlerinin normal kontrol genotipine göre likopen miktarını önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Lenucci vd. (2009) tarafında yapılan çalışmada yeşil, yeşil-turuncu, turuncu-kırmızı ve kırmızı aşamalarda toplanan, geleneksel (Donald ve İncas) ve *hp* geni içeren (Hly-18 ve Kalvert) hibrit çeşitlerine ait meyveleri likopen açısından karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmada yeşil aşamada çeşitlerin likopen içeriğinin düşük olduğu ve renk kırım aşaması sonrasında likopen birikiminin daha belirgin artış olduğu rapor edilmiştir. Kırmızı aşamada Kalvert çeşidinin (202 mg/kg) ile en yüksek likopen içeriğine sahip olduğu sonrasında sırasıyla 'Hly-18' (195 mg/kg), 'Donald' (95 mg/kg), 'İncas' (93 mg/kg) çeşidi gelmiştir. Çalışmamıza kısmen benzer şekilde 'Kalvert' ve 'Hly-18' (*hp* çeşitleri) geleneksel çeşitlerle karşılaştırdıklarında (Donald ve İncas) daha fazla likopen biriktirdikleri tespit etmişlerdir. Homozigot *hp* ve *ogc* alellerinin likopen konsantrasyonu üzerindeki olumlu etkisi, farklı çeşitlerde, farklı yıllarda, lokasyonlarda ve yetiştirme yöntemlerinde (geleneksel veya organik) gerçekleştirilen tarla ve sera çalışmalarıyla doğrulandığı ayrıca tarlada yetiştirilen ve organik olmayan domateslerin serada yetiştirilen ve organik üretimden elde edilen domateslerden daha fazla likopen içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (İlahy vd. 2018).

4.1.7. Toplam fenolik madde miktarı

Çalışmada farklı olgunluk aşamasında hasat edilen genotiplere ait toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Genotiplerin toplam fenolik madde

miktarları 163.5 ile 230.8 mg GAE/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yeşil olgun aşamadaki en yüksek toplam fenolik madde miktarı EZ-5 genotipinde, renk kırım aşamasında EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde, renk dönüm aşamasında EZ-5 ve EZ-2 genotiplerinde, pembe aşamada EZ-3, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde, açık kırmızı ve kırmızı aşamada ise EZ-5 genotipinde tespit edilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde fenolik madde içeriklerinin olgunlaşma ile dalgalanma gösterdiği tespit edilmiştir. Jesús Periago vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada üç domates çeşidine ait yeşil, pembe ve kırmızı aşamada toplanan domateslere ait toplam fenolik değerleri 66.66 ile 235 mg/kg arası değiştiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen toplam fenolik madde miktarları (mg GAE/kg)

Genotip*	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	186.6 b ¹	187.2 b	170.5 c	165.3 c	189.8 d	185.8 d
EZ-2	179.2 b	163.5 c	190.3 ab	197.8 b	210.1 c	206.1 c
EZ-3	186.6 b	181.2 b	189.0 b	218.0 a	189.1 d	213.8 b
EZ-4	177.2 b	204.4 a	168.7 c	210.1 ab	220.8 b	210.0 bc
EZ-5	209.4 a	211.2 a	207.6 a	208.2 ab	230.8 a	228.8 a
LSD _{0,05}	15.86	15.45	18.43	13.72	9.55	7.06

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Hdider vd. (2013) yaptıkları çalışmada yüksek likopen içerikli olduğu iddia edilen 6 domates çeşidi ve bir sıradan çeşidin olgunluk aşamalarının antioksidan içeriği ve aktivitesi üzerine etkileri araştırılmış ve meyveler yeşil, yeşil-turuncu, turuncu-kırmızı, kırmızı olgunluk olmak üzere 4 farklı aşamada hasat ve analizlerini gerçekleştirdiği çalışmada (Hly-18) adlı çeşidin fenol miktarının turuncu-kırmızı aşamada zirveye ulaşırken (Hly-13) adlı çeşitte en yüksek fenolik seviyenin hem yeşil hem de yeşil turuncu aşamada tespit edildiğini belirtilmektedir. Senter vd. (1988) yaptıkları çalışmada fenolik içeriğin olgunlaşma boyunca değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Aynı şekilde Ilahy vd. (2011b) bazı *hp* domates çeşitleri arasında fenolik madde içeriklerinde farklı değişim modellerinin gözlemlendiğini bildirmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

4.1.8. Toplam antioksidan aktivitesi miktarı

Çalışmada farklı olgunluk aşamasında hasat edilen genotiplere ait toplam fenolik antioksidan aktivitesi Çizelge 4.10'da verilmiştir. Genotiplerin toplam antioksidan aktivitesi 17.87 ile 63.40 mg troloks/100g arasında değiştiği görülmektedir. Yeşil olgun aşamadaki en yüksek toplam antioksidan aktivite EZ-2, EZ-3 ve EZ-5 genotiplerinde, renk kırım aşamasında EZ-5 genotipinde, renk dönüm aşamasında EZ-4 genotipinde, pembe, açık kırmızı ve kırmızı aşamada ise EZ-2 genotipinde tespit edilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde antioksidan aktivite miktarları genel olarak olgunlaşma ile bir miktar artış göstermiştir. Toplam

antioksidan aktivite, gıdanın besin değeri önemli bir parametresidir (Pellegrini vd. 2007). Domatesin antioksidan aktivitesi genetik, çevresel koşullar (sıcaklık, ışık, su ve besin varlığı), kullanılan üretim teknikleri (bitki büyüme düzenleyicileri, hasat tarihi vb.) ve hasat sonrası depolama koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Leonardi vd. 2000; Dumas vd. 2003).

Çizelge 4.10. Likopen üzerine etkili farklı genler içeren domates genotiplerinde farklı olum aşamalarında tespit edilen toplam antioksidan aktivitesi miktarları

Genotip*	Olgunluk Aşaması					
	Yeşil olgun	Renk kırım	Renk dönüm	Pembe	Açık kırmızı	Kırmızı
EZ-1	17.87 c ¹	24.03 d	30.27 d	37.20 c	40.10 c	38.53 d
EZ-2	22.20 ab	33.67 b	43.53 b	55.46 a	63.40 a	62.67 a
EZ-3	25.13 a	32.07 b	31.20 d	40.30 c	44.07 c	47.10 b
EZ-4	21.67 b	27.53 c	47.47 a	36.27 c	42.00 c	42.80 c
EZ-5	24.13 ab	40.43 a	35.47 c	50.86 b	52.20 b	47.80 b
LSD _{0,05}	3.32	2.51	2.42	4.08	5.11	2.66

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹Farklı harfler her olum aşaması içerisindeki istatistiksel farklılığı göstermektedir.

Cano vd. (2003) yaptıkları çalışmada dalında olgunlaşan domatesleri 4 farklı aşamada (yeşil, kırılma, pembe ve kırmızı olgunluk) hasat ettikleri çalışmada antioksidan aktiviteyi hidrofilik (HAA) ve lipofilik (LAA) antioksidan aktivitelerin toplamı olarak ölçmüşler ve olgunlaşma süresince toplam antioksidan aktivitenin arttığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda likopen üzerine etkili olduğu bilinen genlere sahip genotiplerde kontrole göre daha yüksek antioksidan aktivite gözlemlenmiştir. Hanson vd. (2004), Shanhua'da (Tayvan) yetiştirilen homozigot *ogc* ve *hp/ogc* hatlarından elde edilen kırmızı olgun domates meyvelerinin toplam antioksidan aktivitesini değerlendirdikleri çalışmada tüm yüksek likopen hatları, kontrol çeşidinden daha düşük toplam antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğu bildirilmişlerdir Yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin Cano vd. (2003) ve Hanson vd. (2004) tarafından yapılan çalışmalar ile uyum göstermektedir.

4.2. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince karşılaştırılması

4.2.1. Ağırlık kaybı

Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince ağırlık kaybı üzerine etkileri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Genotip, muhafaza süresi ve genotip muhafaza süresi interaksiyonun ağırlık kaybı miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($P \leq 0.05$) bulunmuştur. Çalışmada en yüksek ağırlık kaybı ortalaması EZ-3 genotipinde bulunurken en düşük ağırlık kaybı ortalaması ise EZ-2, EZ-5 ve EZ-1 genotiplerinde bulunmuştur. Olgunlaşma süresince ağırlık kaybı artış göstermiştir. Muhafazanın 5. gününde %3.39 olan ağırlık kaybı ortalaması, muhafazanın 10. gününde %5.07, muhafazanın 15. gününde ise %7.32 olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonun ağırlık kaybı üzerine etkileri incelendiğinde

en yüksek ağırlık kaybı miktarı muhafazanın 15. gününde EZ-3 genotipinde bulunurken en düşük ağırlık kaybı miktarı ise muhafazanın 5. gününde EZ-2 genotipinde tespit edilmiştir. Depolama süresi, depolama sıcaklığı ve uygulamanın ağırlık kaybı üzerinde önemli etkilere sahip oldukları belirtilmektedir (Kumar vd. 1999). Çalışmada yapılan ölçümler sonucunda depolama süresi uzadıkça ve buna paralel olarak gelişen olgunluk aşaması ilerledikçe ağırlık kaybının daha da arttığı görülmektedir. Depolama sırasında ağırlık kaybının miktarının olgunluk aşamasına bağlı olduğu belirtilmektedir (Moneruzzaman vd. 2009).

Çizelge 4.11. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince ağırlık kaybı (%) üzerine etkileri

Genotip*	Muhafaza Süresi			Ort. (Genotip)
	5	10	15	
EZ-1	3.49 h ²	4.59 efg	6.74 bc	4.94 BC¹
EZ-2	2.33 i	4.72 ef	6.93 b	4.66 C
EZ-3	4.13 fgh	5.90 cd	8.52 a	6.19 A
EZ-4	3.63 gh	5.13 de	7.35 b	5.37 B
EZ-5	3.35 h	4.99 def	7.07 b	5.14 BC
Ort. (Muh. Sür.)	3.39 C	5.07 B	7.32 A	
LSD_{0,05}	Genotip: 0.5719, Muh. Sür.: 0.443, Genotip x Muh. Sür.: 0.9906			

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit).¹ LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ² LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip interaksiyonları arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

4.2.2. Renk Değerleri

Muhafaza süresi boyunca h° değerine ölçümleri gerçekleştirilen genotiplere ait veriler Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çalışmada en düşük h° değeri ortalaması EZ-4 genotipinde ölçülürken en yüksek h° değeri ortalaması ise EZ-2 genotipinde tespit edilmiştir. Olgunlaşma süresince h° değerlerinde azalmalar görülmüştür. Muhafazanın başlangıcında 107.90° olan ortalama h° değeri, muhafazanın 5. gününde 61.16° , muhafazanın 10. gününde 52.57° , muhafazanın 15. gününde 51.09° olarak ölçülmüştür. Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonları incelendiğinde en düşük h° değerinin muhafazanın 15. gününde EZ-4 genotipinde olduğu görülürken en yüksek h° değeri muhafazanın başlangıcında EZ-2 ve EZ-3 genotiplerinde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen C^* değerleri Çizelge 4.13’te verilmiştir. Çalışmada en düşük C^* değeri ortalaması EZ-1, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilirken, en yüksek EZ-3’te tespit edilmiştir. Olgunlaşma süresince C^* değerleri ilk 10 gün artış göstermiştir. Muhafazanın başlangıcında 39.93° olan ortalama C^* değeri muhafazanın 5. gününde 41.75° , muhafazanın 10. gününde 43.51° muhafazanın 15. gününde 43.26° olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonları incelendiğinde en düşük C^* değerinin muhafazanın başlangıcında EZ-1, EZ-4 ve EZ-5 genotipinde tespit edilirken, en yüksek C^* değeri muhafazanın 10. ve 15. günlerinde EZ-3 genotipinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince hue (h°) aç değeri üzerine etkileri

Genotip*	Muhafaza Süresi (Gün)				Ortalama (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	107.20 b ²	56.78 e	51.36 g	50.99 gh	66.58 C ¹
EZ-2	109.15 a	71.66 c	55.56 e	53.30 f	72.42 A
EZ-3	110.13 a	66.48 d	56.37 e	53.65 f	71.66 B
EZ-4	106.14 b	53.90 f	48.65 ij	47.80 j	64.12 D
EZ-5	106.88 b	56.99 e	50.93 gh	49.70 hi	66.12 C
Ort. (Muh. Sür.)	107.90 A	61.16 B	52.57 C	51.09 D	
LSD _{0,05}	Genotip: 0.7383, Muh. Sür.: 0.6604, Genotip x Muh. Sür.: 1.4766				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹ LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ² LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince C* değeri üzerine etkileri

Genotip*	Muhafaza Süresi				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	36.29 j ²	40.93 hi	42.67 fg	42.00 gh	40.47 C ¹
EZ-2	44.81 bc	42.61 fg	43.17 def	42.97 defg	43.39 B
EZ-3	44.05 cd	43.89 cde	46.12 a	45.59 ab	44.91 A
EZ-4	37.28 j	40.77 i	42.95 defg	42.81 efg	40.95 C
EZ-5	37.24 j	40.56 i	42.60 fg	42.93 defg	40.83 C
Ort. (Muh. Sür.)	39.93 D	41.75 B	43.51 A	43.26 A	
LSD _{0,05}	Genotip:0.5628, Muh. Sür.: 0.5034, Genotip x Muh. Sür.: 1.1257				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen L değerleri Çizelge 4.14'te verilmiştir. Çalışmada en düşük L değeri ortalaması EZ-3 genotipinde ölçülmüştür. Diğer genotipler arasında ise istatistiksel bir farklılık tespit edilememiştir. Muhafazanın başlangıcında 61.14° olan ortalama L değeri, muhafazanın 5. gününde 48.94° muhafazanın 10. gününde 45.39° muhafazanın 15. gününde 44.34° olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri incelendiğinde en düşük L değerinin muhafazanın 15. gününde EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilirken, en yüksek L değerinin muhafazanın başlangıcında EZ-4 genotipinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.14. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince parlaklık (L) değeri üzerine etkileri

Genotip	Muhafaza Süresi (Gün)				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	63.84 b ²	48.00 ef	44.48 hij	43.85 ij	50.04 A¹
EZ-2	57.04 c	50.69 d	46.74 fg	45.44 gh	49.98 A
EZ-3	56.10 c	49.10 e	46.39 g	45.08 hi	49.17 B
EZ-4	65.80 a	48.47 e	44.53 hij	43.49 j	50.57 A
EZ-5	62.93 b	48.43 e	44.83 hi	43.85 ij	50.01 A
Ort. (Muh. Sür.)	61.14 A	48.94 B	45.39 C	44.34 D	
LSD_{0.05}	Genotip:0.6516, Muh. Sür.: 0.5828, Genotip x Muh. Sür.: 1.3033				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip interaksiyonları arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Muhafaza süresinin uzamasına bağlı olarak h° ve L^* değerleri azalış göstermiştir. C^* değerleri ise 10. güne kadar artış göstermiş olup daha sonra sabit kalmıştır. Muhafaza süresince genel olarak olgunlaşma meydana gelmiş ve klorofil yerini likopen almaya başlamıştır. Bunun sonucunda renkte kırmızılık artışı meydana gelmiştir. Benzer ilişki Arias vd. (2000) tarafından domateste yapılan çalışmada da belirtilmiştir. Genotiplerin etkileri incelendiğinde EZ-5 ve EZ-1 genotipleri daha düşük h° değerine sahip bulunmuştur. Diğer likopen üzerine etkilere sahip genlerde ise hasat sonrası olgunlaşma sürecinde renk dönüşümü daha yavaş seyretmiştir. Renk değerlerindeki değişim seyri Gonçalves vd. (2020) tarafından renk dönüşüm aşamasında hasat edilerek 15 gün süreyle oda sıcaklığında bekletilen domateslerde yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir.

4.2.3. Meyve sertliği

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen meyve sertlik değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çalışmada en yüksek meyve sertliği ortalaması EZ-3 genotipinde bulunurken en düşük meyve sertliği ortalaması ise EZ-1 ve EZ-4 genotiplerinde ölçülmüştür. Olgunlaşma süresince meyve sertliği azalma göstermiştir. Muhafazanın başlangıcında 50.79 N olan ortalama meyve sertliği, muhafazanın 5. gününde 37.45 N, muhafazanın 10. gününde 32.16 N, muhafazanın 15. gününde ise 27.06 N olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonun meyve sertliği üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek meyve sertliği muhafazanın başlangıcında EZ-2, EZ-3 ve EZ-5 genotiplerinde ölçülürken en düşük meyve sertliği miktarı ise muhafazanın 15. gününde EZ-1 ve EZ-4 genotiplerinde tespit edilmiştir.

Abiso vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada enzimatik değişikliklerin yanı sıra terleme yoluyla nem kaybına bağlı olarak hasat sonrası sertlikte değişiklik meydana geldiğini belirtmektedir. Tadesse vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada 4, 20 ve 30 °C'de depolanan domateslerin sertliklerinin depolama süresi boyunca giderek azaldığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.15. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince meyve sertliği (N) üzerine etkileri

Genotip*	Muhafaza Süresi (Gün)				Ortalama (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	44.71 bc ²	32.65 fgh	26.28 ij	22.94 jk	31.67 D ¹
EZ-2	53.05 a	39.22 de	36.67 ef	30.20 ghi	39.81 B
EZ-3	55.40 a	47.06 b	41.77 cd	34.12 fg	44.61 A
EZ-4	47.45 b	33.73 fg	28.63 hi	21.86 k	32.94 D
EZ-5	53.14 a	32.65 f	27.65 i	26.28 ij	35.39 C
Ort. (Muh. Sür.)	50.79 A	37.45 B	32.16 C	27.06 D	
LSD _{0.05}	Genotip: 0.2096, Muh. Sür.: 0.1874, Genotip x Muh. Sür.: 0.4191				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Wann vd. (1985) tarafından yapılan çalışmada ‘Flora-Dade’ ticari çeşit ve *Hp-ogc* ve *Dg-ogc* genlerini içeren muadilleri karşılaştırılmıştır. Yeşil olgun aşamada hasat edilerek 20°C sıcaklıkta depolanan mutant genotiplere ait meyvelerin sert meyveli domates olarak kabul edilen ‘Flora-Dade’ çeşidinden daha sert olduğunu belirtilmiştir. Yapılan meyve sertliği ölçümleri sonucunda değerlerin olgunluk aşaması ilerledikçe düştüğü görülmektedir. Lampe ve Watada (1971) yaptıkları çalışmada 2 ticari çeşit ile *hp* ve *ogc* geni ve bunların kombinasyonları içeren çeşitlerle yapılan çalışmada *hp* ve *ogc* geni içerenlerin daha sert oldukları ve daha uzun raf ömrüne sahip oldukları bildirmiştir. Bu sonuçlar Thompson (1961)’in *hp-ogc* geni içeren hatların ticari hatlardan daha sert olduğunu tespiti ile de desteklenmektedir.

4.2.4. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen SÇKM miktarları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çalışmada en yüksek SÇKM ortalaması EZ-1, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde bulunurken en düşük SÇKM ortalaması EZ-3 genotipinde bulunmuştur. Muhafazanın başlangıcında %4.40 olan ortalama SÇKM miktarı, muhafazanın 5. gününde %4.75, muhafazanın 10. ve 15. günlerinde ise %4.48 ve %4.49 olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip etkileşiminin SÇKM miktarı üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek SÇKM miktarı muhafazanın 5. gününde EZ-1, EZ-4 ve EZ-5 genotiplerinde 10. gününde ise EZ-1 ve EZ-4 ile muhafazanın 15. gününde EZ-1 genotipinde tespit edilmiştir. En düşük SÇKM miktarı ise muhafazanın başlangıcında EZ-3 genotipinde tespit edilmiştir.

Toor ve Savage (2006) depolamanın domatesin besinsel yapısına etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmada parlak kırmızı aşamada hasat ettikleri domatesleri 7, 15 ve 25°C’de 10 günlüğüne depolamışlardır, yapılan analizler sonucunda SÇKM içeriğinin %4.8-5.4 arasında değiştiğini ve depolamadan çok fazla etkilenmediğini belirtmişlerdir. Javanmardi ve Kubota (2006) yaptıkları çalışmada hem oda sıcaklığında hem de düşük sıcaklıkta saklanan domateslerde SÇKM miktarında önemli bir değişiklik

olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmada yürütülen analizler sonucunda SÇKM içeriklerinde önemli bir değişiklik olmadığı görülmüş ve elde edilen sonuçların yapılan önceki çalışmalarla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.16. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince (%) SÇKM miktarı üzerine etkileri

Genotip*	Muhafaza Süresi (Gün)				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	4.63 cf ²	5.27 ab	5.07 ad	4.83 af	4.95 A¹
EZ-2	4.30 fh	4.30 fh	4.07 gi	4.65 cf	4.33 B
EZ-3	3.40 j	3.78 hj	3.68 ij	3.68 ij	3.64 C
EZ-4	4.52 eg	5.33 a	4.90 ae	4.55 dg	4.83 A
EZ-5	5.15 abc	5.05 ae	4.67 cf	4.75 bf	4.90 A
Ort. (Muh. Sür.)	4.40 B	4.75 A	4.48 B	4.49 B	
LSD_{0.05}	Genotip: 0.2689, Muh. Sür.: 0.2405, Genotip x Muh. Sür.: 0.5378				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

4.2.5. Titre edilebilir asit (TEA) miktarı

Çalışmada tespit edilen farklı genotiplere ait TEA miktarları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çalışmada sonunda en yüksek TEA miktarı ortalaması EZ-1 ve EZ-5 genotiplerinde tespit edilirken en düşük ise EZ-2 genotipinde tespit edilmiştir. Olgunlaşmanın ilerlemesiyle birlikte TEA miktarı azalma göstermiştir. Muhafazanın başlangıcında ortalama %0.43 olan TEA miktarı, muhafazanın 5. gününde %0.42, muhafazanın 10. gününde %0.32 ve 15. gününde ise %0.29 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince TEA miktarı (%) üzerine etkileri

Genotip*	Muhafaza Süresi (Gün)				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	0.49 ab ²	0.52 a	0.36 dg	0.34 gi	0.43 A¹
EZ-2	0.35 fh	0.3 1ij	0.30 jk	0.19 m	0.29 D
EZ-3	0.39 cd	0.38 de	0.24 l	0.27 k	0.32 C
EZ-4	0.38 de	0.43 c	0.39 cd	0.3 1ij	0.38 B
EZ-5	0.51 a	0.47 b	0.32 hj	0.36 dg	0.42 A
Ort. (Muh. Sür.)	0.43 A	0.42 A	0.32 B	0.29 C	
LSD_{0.05}	Genotip: 0.0165, Muh. Sür.: 0.0147 Genotip x Muh. Sür.: 0.0329				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonun TEA miktarı üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek TEA miktarı muhafazanın 0. gününde EZ-5 ve EZ-1 genotipleri ile muhafazanın 5. gününde EZ-1 genotipinde ölçülürken en düşük TEA miktarı ise muhafazanın 15. gününde EZ-2 genotipinde tespit edilmiştir.

Luna-Guevara vd. (2014) tarafından yürütülen çalışmada parlak kırmızı aşamada toplanan domateslerin 7, 22 ve 37°C’de depolandığı ve 0, 1, 3, 5. günler analiz edildiği çalışmada, 22 ve 37°C’de depolanan domateslerin TEA miktarlarının 3 ve 5 gün sonra önemli ölçüde azaldığı bildirilmekte, hem ph hem de titre edilebilir asitliğin domateslerde bulunan organik asitlerle ilişkili olduğu ve organik asitler solunum sürecinde substrat olarak kullanıldığı için artan sıcaklıklarla beraber genelde depolama sırasında azaldığı belirtilmektedir. Çalışmada yapılan analizler sonucunda TEA miktarının muhafaza süresince azaldığı ve araştırma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

4.2.6. Toplam klorofil miktarı

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen toplam klorofil miktarları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Çalışmada en yüksek toplam klorofil miktarı ortalaması EZ-3 genotipinde bulunurken en düşük ise EZ-4 genotipinde bulunmuştur. Olgunlaşma süresince toplam klorofil miktarı azalma göstermiştir. Muhafazanın başlangıcında 17.67 mg/100 g olan toplam klorofil miktarı, muhafazanın 5. gününde 10.46 mg/100 g, muhafazanın 10. gününde 3.63 mg/100 g ve 15. gününde ise 1.35 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonun toplam klorofil miktarı üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek toplam klorofil miktarı muhafazanın başlangıcında EZ-3 genotipinde ölçülürken en düşük miktar ise muhafazanın 15. gününde tüm genotiplerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince toplam klorofil miktarı üzerine etkileri (mg/100g)

Genotip*	Muhafaza Süresi (Gün)				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	16.74 b ²	10.43 d	3.89 f	1.38 g	8.11 B¹
EZ-2	16.75 b	11.40 c	3.71 f	1.51 g	8.34 B
EZ-3	21.40 a	11.33 c	3.63 f	1.31 g	9.42 A
EZ-4	16.64 b	9.02 e	3.29 f	1.09 g	7.51 C
EZ-5	16.81 b	10.13 d	3.61 f	1.45 g	8.00 B
Ort. (Muh. Sür.)	17.67 A	10.46 B	3.63 C	1.35 D	
LSD_{0,05}	Genotip:0.4432, Muh. Sür.: 0.3964, Genotip x Muh. Sür.: 0.8864				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip interaksiyonları arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Meyvelerin klorofil içeriğinin depolama süresince azaldığı ve yüksek sıcaklıklarda klorofil parçalanmasının daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Tadesse vd. 2015). Abiso vd. (2015) yaptıkları çalışmada farklı depolama yöntemleri ve olgunlaşma aşamalarının (kırılma ve parlak kırmızı) domatesin raf ömrüne ve hasat sonrası kalitesine

etkisinin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada oda sıcaklığında saklanan domateslerde, evaporatif soğutucularda saklanan domateslere kıyasla hem klorofil a hem de klorofil b içeriğinde hızlı bir azalma gözlemlendiği ve bunun nedenin domates olgunlaşması sırasında klorofilin enzimatik olarak bozulmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Tadesse vd. 2015). Yapılan çalışmadaki analizler sonucunda elde edilen veriler olgunlaşmayla birlikte toplam klorofil içeriğinin azaldığını göstermekte olup daha önceki çalışmalar tarafından desteklenmektedir.

4.2.7. Likopen miktarı

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen likopen miktarları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Çalışmada en yüksek likopen ortalaması EZ-4 genotipinde tespit edilmiş olup en düşük ise EZ-1 ve EZ-2 genotipinde tespit edilmiştir. Muhafaza süresince ortalama likopen miktarı artış göstermiştir. Muhafazanın başlangıcında 0.35 mg/kg olan likopen miktarı, muhafazanın 5. gününde 26.80 mg/kg, muhafazanın 10. gününde 51.63 mg/kg ve 15. gününde ise 70.60 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip interaksyonunun likopen miktarı üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek miktar muhafazanın 15. gününde EZ-4 genotipinde tespit edilirken en düşük likopen miktarı ise muhafazanın başlangıcında tüm genotiplerde tespit edilmiştir. Gonçalves vd. (2020) yaptıkları çalışmada renk dönmesi aşamasında topladıkları domates meyvelerini, meyvelerin renginden likopen içeriğini tahmin etmek için bir model oluşturmak amacıyla 15 gün boyunca oda sıcaklığında depoladıkları çalışmada depolama sırasında likopen içeriğinin 5 kat arttığını belirtmektedir. Lampe ve Watada (1971) 6 farklı domates çeşidini kullandıkları çalışmada *hp*, *ogc* genleri bunların ikili kombinasyonları ayrıca ‘Manhattan’ ve ‘West Virginia 63’ adında ticari çeşitleri kullanmışlardır. Kimyasal analiz için renk kırılması aşamasında hasat edilen ve analize kadar 20°C’de muhafaza edilen meyvelerin analizleri sonucu likopen içerikleri *hp* ve *hp-ogc* genlerini içeren hatlarda, ticari çeşitlerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.19. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince likopen miktarı üzerine etkileri (mg/kg)

Genotip*	Muhafaza Süresi (Gün)				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	0.32 i ²	22.12 h	39.32 f	50.46 e	28.06 D¹
EZ-2	0.19 i	20.40 h	39.23 f	62.26 d	30.52 D
EZ-3	0.31 i	28.80 g	46.74 e	75.67 b	37.88 C
EZ-4	0.47 i	31.32 g	68.48 cd	93.24 a	48.38 A
EZ-5	0.44 i	31.38 g	64.40 d	71.37 bc	41.90 B
Ort. (Muh. Sür.)	0.35 D	26.80 C	51.63 B	70.60 A	
LSD_{0,05}	Genotip:3.2983, Muh. Sür.: 2.9501, Genotip x Muh. Sür.:6.5965				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip interaksyonları arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Thompson vd. (2000) yaptıkları çalışmada og geni içeren ve içermeyen domates çeşitlerini kırılma aşamasında hasat etmişler ve 20°C’de 12 gün boyunca depolamışlardır. Çalışmada genel olarak og geni içeren çeşitlerin bu geni içermeyen çeşitlere göre daha yüksek likopen içeriğine sahip oldukları belirtilmiştir. Çalışmamızda yürütülen analizler sonucunda likopen içeriğinin muhafaza süresi boyunca giderek yükseldiği ve likopen üzerine etkili genlerin ticari çeşitten daha fazla likopen miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle *og* geni içeren genotipin içermeyen genotiplere göre daha fazla likopen içermekte olduğu tespit edilmiş olup bulgularımız önceki çalışmalar tarafından desteklenmektedir.

4.2.8. Toplam fenolik madde miktarı

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen toplam toplam klorofil miktarları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çalışmada en yüksek toplam fenolik madde miktarı ortalaması EZ-5 genotipinde tespit edilmiş olup en düşük ise EZ-1, EZ-2 ve EZ-3 genotiplerinde tespit edilmiştir. Muhafaza süresince toplam fenolik madde miktarı artış göstermiştir. Muhafazanın başlangıcında 192.16 mg GAE/kg olan toplam fenolik madde miktarı ortalaması, muhafazanın 5. gününde 185.33 mg GAE/kg, muhafazanın 10. gününde 253.41 mg GAE/kg ve 15. gününde ise 181.33 mg GAE/kg olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi ve genotip interaksiyonunun toplam fenolik madde miktarı üzerine etkileri incelendiğinde en yüksek miktar muhafazanın 10. gününde EZ-4 ve EZ-5 genotipinde ölçülürken en düşük miktar ise muhafazanın 15. gününde EZ-4 genotipinde tespit edilmiştir. Ilahy vd. (2011a) bazı *hp* domates çeşitleri arasında fenolik içerisinde farklı değişim modellerinin gözlemlendiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.20. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince toplam fenolik madde miktarı üzerine etkileri (mg GAE/kg)

Genotip*	Muhafaza Süresi				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	183.76 ghi ²	185.71 fghi	217.32 cd	197.70 efg	196.13 C¹
EZ-2	187.13 fghi	178.53 hij	255.63 b	180.66 hij	200.49 BC
EZ-3	179.86 hij	192.15 efgh	223.68 c	172.80 ij	192.12 C
EZ-4	201.68 def	178.94 hij	284.77 a	165.09 j	207.62 B
EZ-5	208.37 cde	191.29 fgh	285.63 a	190.38 fgh	218.92 A
Ort. (Muh. Sür.)	192.16 B	185.33 BC	253.41 A	181.33 C	
LSD_{0,05}	Genotip: 8.4557, Muh. Sür.:7.563, Genotip x Muh. Sür.: 16.911				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (Og genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹ LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar (P≤0.05) büyük harf ile belirtilmiştir. ² LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip interaksiyonları arasındaki istatistiksel farklılıklar (P≤0.05) küçük harf ile gösterilmiştir.

Toor ve Savage (2006) depolamanın domates üzerindeki besinsel etkisini incelemek amacıyla parlak kırmızı aşamada hasat ettikleri domatesleri 7, 15 ve 25°C’de 10 gün boyunca depolamışlardır yaptıkları çalışmada depolama sonuna doğru görülen çözünebilir fenoliklerdeki azalmanın 7°C’de üşüme hasarı nedeniyle hücresel yapının bozulmasından, 15 ve 25°C’de 10 gün depolanan meyvelerde ise aşırı olgunlaşmadan kaynaklanabileceği bildirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda veriler göz önünde

bulundurulduğunda muhafaza süresince genel olarak genotipler arasında fenolik madde miktarlarının farklı değişim modelleri gösterdiği ve aynı zamanda muhafazanın sonuna doğru toplam fenolik madde miktarında azalma gösterdiği görülmekte olup elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla uyumludur.

4.2.9. Toplam antioksidan aktivitesi miktarı

Çalışmada farklı genotiplere ait olarak tespit edilen toplam antioksidan aktivite miktarı Çizelge 4.21’de verilmiştir. Çalışmada en yüksek toplam antioksidan miktarı ortalaması EZ-5 ve EZ-2 genotiplerinde tespit edilmiş olup en düşük toplam antioksidan aktivitesi ise EZ-4 genotipinde tespit edilmiştir. Muhafaza süresince ortalama toplam antioksidan aktivite miktarı ilk beş gün sonunda artış göstermiş sonrasında ise değişmemiştir. Muhafazanın başlangıcında 16.52 mg troluks/100g olan toplam antioksidan aktivitesi, muhafazanın 5. gününde 32.26 mg troluks/100g, muhafazanın 10. gününde 33.11 mg troluks/100g ve 15. gününde ise 32.10 mg troluks/100g olarak tespit edilmiştir. Cano vd. (2003) olgunlaşma sırasında toplam antioksidan aktivitenin artmakta olduğu ve bu artış esas olarak lipofilik antioksidan aktivitedeki değişikliklerden kaynaklandığı, hidrofilik antioksidan aktivitenin ise pratik olarak değişmeden kaldığını belirtmektedirler.

Çizelge 4.21. Likopen üzerine etkili farklı genlere sahip domateslerin hasat sonrası olgunlaşma süresince toplam antioksidan aktivitesi üzerine etkileri (mg troluks/100g)

Genotip	Muhafaza Süresi (Gün)				Ort. (Genotip)
	0	5	10	15	
EZ-1	13.72 k ²	29.02 fgh	27.22 hi	22.10 j	23.02 D¹
EZ-2	22.24 j	35.83 bc	31.87 def	31.74 def	30.42 AB
EZ-3	16.2 k	36.80 b	33.25 cde	33.43 cde	29.92 B
EZ-4	15.46 k	34.52 bcd	28.02 ghi	30.78 efg	27.19 C
EZ-5	14.95 k	25.15 ij	45.21 a	42.45 a	31.94 A
Ort. (Muh. Sür.)	16.52 B	32.26 A	33.11 A	32.10 A	
LSD_{0,05}	Genotip: 1.6738, Muh. Sür.: 1.497 Genotip x Muh. Sür.: 3.3475				

*EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*Hp-1* genine sahip hibrit), EZ-3 (*Hp-2* genine sahip hibrit), EZ-4 (*Og* genine sahip hibrit) ve EZ-5 (*Ogc* genine sahip hibrit). ¹LSD çoklu karşılaştırma testine göre ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) büyük harf ile belirtilmiştir. ²LSD çoklu karşılaştırma testine göre muhafaza süresi ve genotip etkileşimleri arasındaki istatistiksel farklılıklar ($P \leq 0.05$) küçük harf ile gösterilmiştir.

Javanmardi ve Kubota (2006) yaptıkları çalışmada 7 gün boyunca oda sıcaklığında saklanan domateslerin antioksidan aktivitesinin 14 gün boyunca düşük sıcaklıkta depolanan domateslerden önemli ölçüde daha düşük olduğunu ve oda sıcaklığında depolanan domateslerin 7 günlük depolama süresince önemli bir farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda toplam antioksidan aktivitenin başlangıçta arttığı sonrasında yatay bir eğilim gösterdiği belirtilmekte olup sonuçlar önceki çalışmalarla uyum göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada likopen üzerine etkili olduğu bilinen *High Pigment-1 (Hp-1)*, *High Pigment-2 (Hp-2)*, *Old Gold (Og)* ve *Old gold-crimson (Ogc)* genlerinin geri melezleme yoluyla ticari domates çeşidine aktarılmasının farklı olum aşamalarında ve hasat sonrası olgunlaşma sürecindeki meyve özellikleri üzerine etkileri ele alınmıştır.

Çalışmanın birinci kısmında farklı genotiplere ait domatesler 6 farklı olum aşamasında hasat edilerek karşılaştırılmıştır. Genotiplere ve olum aşamalarına bağlı olarak SÇKM miktarı değişiklik göstermiştir. Kırmızı olum aşamadaki domateslerde en yüksek SÇKM değerleri EZ-1 (kontrol), EZ-4 (*og*) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinde tespit edilmiştir. En düşük SÇKM miktarı ise EZ-2 (*hp-1*) ve EZ-3 (*hp-2*) genotiplerinde tespit edilmiştir. TEA miktarı tüm genotiplerde olgunlaşmayla genel olarak azalış trendi göstermiştir. Kırmızı olum aşamasında EZ-4 (*og*) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinin diğer genotiplere göre daha yüksek TEA miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. Meyve sertliği olgunlaşmanın ilerlemesi ile tüm genotiplerde azalma göstermiştir. EZ-2 (*hp-1*) genotipi olgunlaşmanın son aşaması olan kırmızı aşamada diğer genotiplere göre daha sert olduğu bulunmuştur.

Domates meyvelerinde olgunlaşma göstergelerinden birisi de renk değişimidir. Özellikle h° değerindeki azalış rengin kırmızıya döndüğünü göstermektedir. Kırmızı aşamada EZ-2 (*hp-1*) ve EZ-3 (*hp-2*) genotiplerinin diğer genotiplere göre daha düşük h° değerine sahip bulunmuştur. Bir başka ifade ile daha iyi renklenme sağlamıştır. Genotiplerin C^* değerleri incelendiğinde kırmızı olum aşamasında EZ-2 (*hp-1*), EZ-3 (*hp-2*), EZ-4 (*og*), EZ-5 (*ogc*)'nin genotiplerinin EZ-1 (kontrol)'e göre daha düşük C^* değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Likopen üzerine etkili olduğu bilinen genlere sahip genotipler arasında C^* değeri açısından istatistiksel bir farklılık tespit edilmemiştir. Genotiplerin L değerlerinde ise genel olarak olgunlaşma ile birlikte azalma görülmüştür. Kırmızı olum aşamasında EZ-1 (kontrol) ve EZ-5 (*ogc*) genotipleri daha yüksek L değerlerine sahip bulunmuştur.

Genotiplerin toplam klorofil miktarları değerlendirildiğinde olgunlaşma ile tüm genotiplerde azalma görülmüş olup kırmızı olgunluk aşamasında en düşük toplam klorofil miktarı EZ-1 (Kontrol) ve EZ-2 (*hp-1*) genotiplerinde tespit edilmiştir. Çalışmada likopen üzerine etkili gen içeren genotiplerin klorofil parçalanması daha geç başlamış ve özellikle açık kırmızı ve kırmızı renk aşamalarında daha belirginleşmiştir. Klorofil miktarının azalmasıyla birlikte likopen miktarı artış göstermiştir. Genotiplere ait likopen miktarları değerlendirildiğinde tüm genotiplerde olgunlaşma ile genel olarak artış tespit edilmiş olup özellikle pembe aşamadan itibaren likopen miktarında hızlı bir artış görülmüştür. Kırmızı olum aşamasında en yüksek likopen miktarı EZ-2 (*hp-1*) genotipinde tespit edilmiştir. Bu genotipi EZ-3 (*hp-2*) ve EZ-4 (*og*) genotipleri takip etmiştir.

Genotiplerin toplam fenolik madde miktarları değerlendirildiğinde tüm genotiplerde olgunlaşma ile dalgalanmalı bir değişim görülmüştür. Kırmızı olgunluk aşamasında EZ-5 (*ogc*) genotipinde en yüksek toplam fenolik madde miktarı tespit edilmiştir.

Toplam antioksidan aktiviteleri değerlendirildiğinde tüm genotiplerde açık kırmızı aşamaya kadar genel olarak artış görüldüğü ancak kırmızı aşamada az miktarda azalma veya durağanlaşma görüldüğü tespit edilmiştir. Kırmızı olum aşamasında en yüksek antioksidan aktivitesi EZ-2 (*hp-1*) genotipte tespit edilirken en düşük EZ-1 (Kontrol) genotipinde tespit edilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında renk kırım aşamasında hasat edilerek 20°C sıcaklıkta

muhafaza edilen domates meyvelerinin olgunlaşma süreçleri incelenmiştir. Genotiplerin ağırlık kayıpları muhafaza süresince artış göstermiş olup en yüksek ağırlık kaybı artışı EZ-3 (*hp-2*) genotipinde tespit edilmiştir.

Hasat sonrası muhafaza sürecinde renklenme önemli pazarlama açısından önemli bir parametredir. Özellikle ihracat için domates meyveleri ticari olarak bir miktar erken toplanarak taşıma sürecinde olgunlaşma ve renklenmenin iyileşeceği ön görülerek pazarlanmaktadır. Genotiplere h° değerleri incelendiğinde en yüksek h° değeri EZ-2 (*hp-1*) genotipinde tespit edilmiştir en düşük h° değeri ise EZ-4 (*og*) genotipinde tespit edilmiştir. Bu durum farklı olum aşamalarında hasat edilen domateslerde farklı sonuçlanmıştır. Genotiplerin C^* değerleri incelendiğinde en yüksek ortalama C^* değerinin EZ-3 (*hp-2*) genotipinde tespit edilirken, en düşük C^* değeri ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan EZ-1 (kontrol), EZ-4 (*og*) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinde tespit edilmiştir. Genotiplerin L değerleri incelendiğinde olgunlaşma ile azalma görülmüş olup en az azalma EZ-1 (Kontrol), EZ-2 (*hp-1*), EZ-4 (*og*) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinde görülmüştür.

Genotiplerin meyve sertlikleri değerlendirildiğinde muhafaza süresince azalma görülmüştür. Çalışma sonunda en yüksek meyve sertliğinin EZ-3 (*hp-2*) genotipinde, en düşük meyve sertliğinin ise EZ-4 (*og*) genotipinde olduğu tespit edilmiştir.

SÇKM miktarları değerlendirildiğinde muhafaza süresince artış ve azalışlar göstermiş olup muhafaza süresi sonunda en yüksek ortalama EZ-1 (kontrol), EZ-4 (*og*) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinde tespit edilmiştir. TEA miktarları değerlendirildiğinde muhafaza süresince genotipler genel olarak azalma trendi göstermiş olup muhafaza sonunda en yüksek TEA miktarı EZ-1 (kontrol) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinde tespit edilmişken en düşük TEA miktarı EZ-2 (*hp-1*) genotipinde tespit edilmiştir. Genel olarak Og ve ogc genlerine sahip genotiplerde bir miktar daha yüksek SÇKM ve TEA miktarı gözlemlenmiştir.

Genotiplere ait toplam klorofil miktarı muhafaza süresince azalma göstermiş olup EZ-4 (*og*) genotipinde en düşük EZ-3 (*hp-2*) genotipinde ise en yüksek toplam klorofil miktarı tespit edilmiştir. Klorofile karşılık likopen miktarları tüm genotiplerde muhafaza süresince artış göstermiştir. Muhafaza sonunda en yüksek likopen miktarı EZ-4 (*og*) genotipinde en düşük likopen miktarı ise EZ-1 (kontrol) genotipinde tespit edilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarları değerlendirildiğinde genotipler genel olarak muhafazanın 10. gününe kadar artış göstermiş olup sonrasında bir miktar düşüş göstermiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı ortalaması EZ-5 (*ogc*) genotipinde tespit edilirken en düşük toplam fenolik madde miktarı aralarında istatistiksel olarak farklılık bulunmayan EZ-1 (kontrol), EZ-2 (*hp-1*) ve EZ-3 (*hp-2*) genotiplerinde tespit edilmiştir. Toplam antioksidan aktivite değerlendirildiğinde muhafazanın 5. gününe kadar artış göstermiş ve sonrasında sabit kalmıştır. Çalışma sonunda en yüksek antioksidan aktivite ortalaması EZ-2 (*hp-1*) ve EZ-5 (*ogc*) genotiplerinde tespit edilmiş olup en düşük EZ-1 (kontrol) genotipinde tespit edilmiştir.

Yetiştiricilik sürecinde farklı olum aşamalarında hasat edilen domatesler incelendiğinde özellikle *hp-1* ve *hp-2* genlerinin likopen ve renk üzerine etkili olduğu buna karşılık *og* ve *ogc* genlerinin ise SÇKM ve fenolik madde üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Dalında olgunlaşma ile hasat sonrası olgunlaşma sürecinde genlerin etkilerinde farklılıklar olabileceği tespit edilmiştir. Likopen üzerine etkili gen içeren domateslerin biyokimyasal özellikler açısından kırmızı aşamada toplanmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abiso, E., Satheesh, N. and Hailu, A. 2015. Effect of storage methods and ripening stages on postharvest quality of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill) cv. Chali. *Annals: Food Science & Technology*, 16 (1): 127-137.
- Abushita, A. A., Hebshi, E. A., Daood, H. G. and Biacs, P. A. 1997. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry*, 60 (2): 207-212.
- Agarwal, S. and Rao A.V. 2000. Carotenoids and chronic diseases. *Drug Metabolism and Drug Interactions*, 17 (1-4): 189-210.
- Ağca, C.A. 2009. 7,12 – DMBA uygulanan ratların karaciğer dokusunda bazı apoptotik markerlar üzerine likopenin etkileri, Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 70 s.
- Akan, S., Veziroğlu, S., Özgün, Ö. ve Ellialtıoğlu, Ş. 2013. Turp (*Raphanus sativus* L.) sebzisinin fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 23 (3): 289-295.
- Alda, L. M., Gogoasa, I., Bordean, D. M., Gergen, I., Alda, S., Moldovan, C., and Nita, L. 2009. Lycopene content of tomatoes and tomato products. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 15 (4): 540-542.
- Andrade Junior, V. C. D., Maluf, W. R., Faria, M. V., Benites, F. R. G. and Santos Junior, A. M. D. 2005. Yield and fruit quality of tomato hybrids heterozygous for ripening and color mutant alleles. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40: 555-561.
- Arias, R., Lee, T. C., Logendra, L. and Janes, H. 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (5): 1697-1702.
- Atherton, J. and Rudich, J. (Eds.). 2012. *The tomato crop: a scientific basis for improvement*. Springer Science and Business, New York. 647 s.
- Bacanli, M., Başaran, N. and Başaran, A. A. 2017. Lycopene: is it beneficial to human health as an antioxidant? *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14 (3): 311-318.
- Barber, N. J. and Barber, J. 2002. Lycopene and prostate cancer. *Prostate Cancer and Prostatic Diseases*, 5 (1): 6-12.
- Barry, C. S. and Giovannoni, J. J. 2006. Ripening in the tomato green-ripe mutant is inhibited by ectopic expression of a protein that disrupts ethylene signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103 (20): 7923-7928.
- Beecher, G. R. 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218 (2): 98-100.
- Bhowmik, S. R. and Pan, J. C. 1992. Shelf life of mature green tomatoes stored in controlled atmosphere and high humidity. *Journal of Food Science*, 57 (4): 948-953.
- Biggs, M. S., Woodson, W. R. and Handa, A. K. 1988. Biochemical basis of high-temperature inhibition of ethylene biosynthesis in ripening tomato fruits. *Physiologia Plantarum*, 72 (3): 572-578.
- Bigliardi, B. and Galati, F. 2013. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31 (2): 118-129.

- Bramley, P. M. 2000. Is lycopene beneficial to human health? *Phytochemistry*, 54(3): 233-236.
- Brandt, S., Pék, Z., Barna, É., Lugasi, A. and Helyes, L. 2006. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (4): 568-572.
- Britton, G. 1995. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal*, 9 (15): 1551-1558.
- Butler, L. 1962. Crimson, a new fruit colour. *Report of the Tomato Genetics Cooperative*, 12: 17-18.
- Cá, J. A., Maluf, W. R., Gomes, L. A. A., Nascimento, I. R. D., Faria, M. V., Licursi, V. and Moretto, P. 2006. Long shelf life tomato hybrids with improved fruit color intensity. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 41: 1377-1384.
- Camara, M., de Cortes Sánchez-Mata, M., Fernandez-Ruiz, V., Cámara, R. M., Manzoor, S. and Caceres, J. O. 2013. Lycopene: a review of chemical and biological activity related to beneficial health effects. *Studies in natural products chemistry*, 40: 383-426.
- Canene-Adams, K., Campbell, J. K., Zaripheh, S., Jeffery, E. H. and Erdman Jr, J. W. 2005. The tomato as a functional food. *The Journal of Nutrition*, 135 (5): 1226-1230.
- Cano, A., Acosta, M. and Arnao, M. B. 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology*, 28 (1): 59-65.
- Cemeroğlu, B. 2007. Gıda analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları: 34, 168-171.
- Chauhan, K., Sharma, S., Agarwal, N. and Chauhan, B. 2011. Lycopene of tomato fame: its role in health and disease. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 10 (1): 99-115.
- Cornelli, U. 2009. Antioxidant use in nutraceuticals. *Clinics in Dermatology*, 27 (2): 175-194.
- Corridan, B. M., O'Donohue, M. P. and Morrissey, P. A. 1998. Carotenoids and immune response in elderly people. *Proceedings-Nutrition Society of London*, 1 (1): 4-4.
- Couey, H. M. 1982. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *HortScience*, 17 (2): 162-165.
- Dayısoylu, K. S., Gezginc, Y. ve Cingöz, A. 2014. Fonksiyonel gıda mı, fonksiyonel bileşen mi? Gıdalarda fonksiyonellik. *Gıda*, 39 (1): 57-62.
- De Araújo, M. L., Maluf, W. R., Gomes, L. A. and Oliveira, A. C. B. 2002. Intra and interlocus interactions between alcobaça (alc), crimson (ogc), and high pigment (hp) loci in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. *Euphytica*, 125: 215-226.
- De Castro, L. R., Vigneault, C. and Charles, M. T. 2005. Effect of cooling delay and cold-chain breakage on 'Santa Clara' tomato. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 3 (1): 49-54.
- Demiray, E. 2009. Kurutma işleminde domatesin likopen, β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 101 s.
- Deng, Y., Jiang, C., Li, C., Li, T., Peng, M., Wang, J. and Dai, K. 2017. 3D printed scaffolds of calcium silicate-doped β -TCP synergize with co-cultured endothelial

- and stromal cells to promote vascularization and bone formation. *Scientific Reports*, 7 (5588): 1-14.
- Di Mascio, P., Kaiser, S. and Sies, H. 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Archives Of Biochemistry and Biophysics*, 274 (2): 532-538.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. and Grolier, P. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83 (5): 369-382.
- Duthie, G. G., Wahle, K. W. J. and James, W. P. T. 1989. Oxidants, antioxidants and cardiovascular disease. *Nutrition Research Reviews*, 2 (1): 51-62.
- FAOSTAT, 2023: Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org) [Son erişim tarihi: 15.02.2023].
- Faulks, R. M. and Southon, S. 2005. Challenges to understanding and measuring carotenoid bioavailability. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1740 (2): 95-100.
- Ferreira, S. M. R., Freitas, R. J. S. D., Karkle, E. N. L., Quadros, D. A. D., Tullio, L. T. and Lima, J. J. D. 2010. Quality of tomatoes cultivated in the organic and conventional cropping systems. *Food Science and Technology*, 30: 224-230.
- Fiedor, J. and Burda, K. 2014. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*, 6 (2): 466-488.
- Fish, W. W., Perkins-Veazie, P. and Collins, J. K. 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(3), 309-317.
- Franceschi, S., Bidoli, E., Vecchia, C. L., Talamini, R., D'Avanzo, B. and Negri, E. 1994. Tomatoes and risk of digestive-tract cancers. *International Journal of Cancer*, 59 (2): 181-184.
- Fraser, P. D. and Bramley, P. M. 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 43 (3): 228-265.
- Fraser, P. D., Truesdale, M. R., Bird, C. R., Schuch, W. and Bramley, P. M. 1994. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development (evidence for tissue-specific gene expression). *Plant Physiology*, 105 (1): 405-413.
- Furr, H. C., and Clark, R. M. 1997. Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 8 (7): 364-377.
- Galpaz, N., Wang, Q., Menda, N., Zamir, D. and Hirschberg, J. 2008. Absciscic acid deficiency in the tomato mutant high-pigment 3 leading to increased plastid number and higher fruit lycopene content. *The Plant Journal*, 53 (5): 717-730.
- Gann, P. H., Ma, J., Giovannucci, E., Willett, W., Sacks, F. M., Hennekens, C. H. and Stampfer, M. J. 1999. Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels: results of a prospective analysis. *Cancer research*, 59(6), 1225-1230.
- Gärtner, C., Stahl, W. and Sies, H. 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66 (1): 116-122.
- Gerster, H. 1997. The potential role of lycopene for human health. *Journal of the American College of Nutrition*, 16 (2): 109-126.

- Ghadage, S. R., Mane, K. A., Agrawal, R. S. and Pawar, V. N. 2019. Tomato lycopene: Potential health benefits. *The Pharma Innovation Journal*, 8 (6): 1245-1248.
- Giordano, L. B., Aragão, F. A. S. and Boiteux, L. S. 2003. Melhoramento genético do tomateiro. *Informe Agropecuário*, 24 (219): 43-57.
- Giovanelli, G., Lavelli, V., Peri, C. and Nobili, S. 1999. Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79 (12): 1583-1588.
- Giovannucci, E. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *Journal of the National Cancer Institute*, 91 (4): 317-331.
- Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Colditz, G. A. and Willett, W. C. 1995. Intake of carotenoids and retino in relation to risk of prostate cancer. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 87 (23): 1767-1776.
- Gonçalves, D. C., Morgado, C. M. A., de Oliveira Aguiar, F. C., Silva, E. P., de Carvalho Correa, G., dos Reis Nascimento, A. and Junior, L. C. C. 2020. Postharvest behavior and lycopene content of tomatoes at different harvest times. *Acta Scientiarum. Technology*, e48403.
- Gröber, U., Schmidt, J. and Kisters, K. 2015. Magnesium in prevention and therapy. *Nutrients*, 7 (9): 8199-8226.
- Hacıoğlu, G. ve Kurt, G. 2012. Tüketicilerin fonksiyonel gıdalara yönelik farkındalığı, kabulü ve tutumları: İzmir ili örneği. *Business and Economics Research Journal*, 3 (1): 161-171.
- Halliwell, B. 1991. Reactive oxygen species in living systems: source, biochemistry, and role in human disease. *The American Journal of Medicine*, 91 (3): 14-22.
- Hanson, P. M., Yang, R. Y., Wu, J., Chen, J. T., Ledesma, D., Tsou, S. C. and Lee, T. C. 2004. Variation for antioxidant activity and antioxidants in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129 (5): 704-711.
- Harris, W. M. and Spurr, A. R. 1969. Chromoplasts of tomato fruits. II. The red tomato. *American Journal of Botany*, 56 (4): 380-389.
- Hart, D. J. and Scott, K. J. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54 (1): 101-111.
- Hdider, C., Ilahy, R., Tlili, I., Lenucci, M. S. and Dalessandro, G. 2013. Effect of the stage of maturity on the antioxidant content and antioxidant activity of high-pigment tomato cultivars grown in Italy. *Food*, 7 (1): 1-7.
- Heath, E., Seren, S., Sahin, K. and Kucuk, O. 2006. The role of tomato lycopene in the treatment of prostate cancer. *Tomatoes, Lycopene and Human Health*: 127-140.
- Hedayati, N., Naeini, M. B., Nezami, A., Hosseinzadeh, H., Wallace Hayes, A., Hosseini, S., Imenshahidi, H. and Karimi, G. 2019. Protective effect of lycopene against chemical and natural toxins: A review. *BioFactors*, 45 (1): 5-23.
- Holzappel, N. P., Holzappel, B. M., Champ, S., Feldthusen, J., Clements, J. and Huttmacher, D. W. 2013. The potential role of lycopene for the prevention and therapy of prostate cancer: from molecular mechanisms to clinical evidence. *International Journal of Molecular Sciences*, 14 (7): 14620-14646.
- Huttunen, M. M., Tillman, I., Viljakainen, H. T., Tuukkanen, J., Peng, Z., Pekkinen, M. and Lamberg-Allardt, C. J. 2007. High dietary phosphate intake reduces bone

- strength in the growing rat skeleton. *Journal of Bone and Mineral Research*, 22 (1): 83-92.
- Ilahy, R., Hdider, C. and Tlili, I. 2009. Bioactive compounds and antioxidant activity of tomato high lycopene content advanced breeding lines. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3 (1): 1-6.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I. and Dalessandro, G. 2011a. Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy. *Scientia Horticulturae*, 127 (3): 255-261.
- Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M. S., Tlili, I. and Dalessandro, G. 2011b. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (4-5): 588-595.
- Ilahy, R., Riahi, A., Hdider, C., Tlili, I., Dalessandro, G. and Lenucci, M. S. 2014. Carotenoids content in intact plastids isolated from ordinary and high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars. In *XIII International Symposium on Processing Tomato*, 1081: 135-140.
- Ilahy, R., Siddiqui, M. W., Tlili, I., Montefusco, A., Piro, G., Hdider, C. and Lenucci, M. S. 2018. When color really matters: horticultural performance and functional quality of high-lycopene tomatoes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 37 (1): 15-53.
- Iqbal, H. M., Akbar, Q. U. A., Arif, S., Yousaf, S., Khurshid, S., Jabbar, S., Neelofar, H. and Sitara, U. 2022. Maturity dependent changes in post-harvest physiological, antioxidant and anti-microbial attributes of tomato. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 35 (1): 144.
- Iqbal, R. K., Saeed, K., Khan, A., Noreen, I. and Bashir, R. 2019. Tomato (*Lycopersicum esculentum*) fruit improvement through breeding. *Sch J Appl Sci Res*, 2 (7): 21-25.
- İzgi, C. 2012. Farklı kurutma metodlarının domatesteki likopen miktarına etkisi. Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, 59 s.
- Jack, D.B. 1995. Keep taking the tomatoes – the exciting world of nutraceuticals. *Molecular Medicine Today*, 1 (3): 118-121.
- Jarret, R. L., Sayama, H. and Tigchelaar, E. C. 1984. Pleiotropic effects associated with the chlorophyll intensifier mutations high pigment and dark green in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109 (6): 873-878.
- Javanmardi, J. and Kubota, C. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41 (2): 151-155.
- Jesús Periago, M., García-Alonso, J., Jacob, K., Belén Olivares, A., José Bernal, M., Dolores Iniesta, M., Martinez, C. and Ros, G. 2009. Bioactive compounds, folates and antioxidant properties of tomatoes (*Lycopersicum esculentum*) during vine ripening. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (8): 694-708.
- Kabelka, E., Yang, W. and Francis, D. M. 2004. Improved tomato fruit color within an inbred backcross line derived from *Lycopersicon esculentum* and *L. hirsutum* involves the interaction of loci. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129 (2): 250-257.
- Kaya, E. 2016. Dietilnitrozamin uygulanan ratlarda oksidatif stres ve DNA hasarı üzerine

- likopenin etkisi. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 196 s.
- Kehrer, J. P. 1993. Free radicals as mediators of tissue injury and disease. *Critical Reviews in Toxicology*, 23 (1): 21-48.
- Kerckhoffs, L. H. J., Schreuder, M. E. L., Tuinen, A. V., Koornneef, M., and Kendrick, R. E. 1997. Phytochrome control of anthocyanin biosynthesis in tomato seedlings: analysis using photomorphogenic mutants. *Photochemistry and Photobiology*, 65 (2): 374-381.
- Khachik, F., Beecher, G. R., and Smith Jr, J. C. 1995. Lutein, lycopene, and their oxidative metabolites in chemoprevention of cancer. *Journal of Cellular Biochemistry*, 59 (22): 236-246.
- Khudairi, A. K. 1972. The ripening of tomatoes: A molecular ecological approach to the physiology of fruit ripening. *American Scientist*, 60 (6): 696-707.
- Kirkland, A. E., Sarlo, G. L. and Holton, K. F. 2018. The role of magnesium in neurological disorders. *Nutrients*, 10 (6): 730.
- Klein, J. D. and Lurie, S. 1992. Heat treatments for improved postharvest quality of horticultural crops. *HortTechnology*, 2 (3): 316-320.
- Knight, J. A. 2000. Free radicals, antioxidants, and the immune system. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 30 (2): 145-158.
- Kök, D. 2011. Deneysel diyabet oluşturulan ratların böbrek dokusu oksidan ve antioksidan durumu üzerine likopenin etkisi. Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 73 s.
- Köksoy, S. 2008. Farelerin karaciğer, kalp ve böbreklerinde kobaltın indüklediği oksidatif hasara karşı likopenin koruyucu rolü. Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi, Kars, 88 s.
- Kömüroğlu, A.U. 2013. Diyabetik ratlarda meopterin, CRP, myeloperoksidaz ve GGT üzerine likopen uygulamasının etkisi. Doktora tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 80 s.
- Kong, K. W., Khoo, H. E., Prasad, K. N., Ismail, A., Tan, C. P. and Rajab, N. F. 2010. Revealing the power of the natural red pigment lycopene. *Molecules*, 15 (2): 959-987.
- Konsler, T. R. 1973. Three Mutants Appearing in 'Manapal' Tomato1. *HortScience*, 8 (4): 331-333.
- Koo, L. C. 1997. Diet and lung cancer 20+ years later: more questions than answers? *International Journal of Cancer*, 71 (10): 22-29.
- Kopec, R. E., Riedl, K. M., Harrison, E. H., Curley Jr, R. W., Hruszkewycz, D. P., Clinton, S. K. and Schwartz, S. J. 2010. Identification and quantification of apo-Lycopenals in fruits, vegetables, and human plasma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (6): 3290-3296.
- Kopsell, D. A. and Kopsell, D. E. 2006. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. *Trends in Plant Science*, 11 (10): 499-507.
- Kovács, K., Fray, R. G., Tikunov, Y., Graham, N., Bradley, G., Seymour, G. B., Bovy A. G. and Grierson, D. 2009. Effect of tomato pleiotropic ripening mutations on flavour volatile biosynthesis. *Phytochemistry*, 70 (8): 1003-1008.
- Kumar, A., Ghuman, B. S. and Gupta, A. K. 1999. Non-refrigerated storage of tomatoes: Effect of HDPE film wrapping. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, 36 (5): 438-440.

- Kurina, A. B., Solovieva, A. E., Khrapalova, I. A. and Artemyeva, A. M. 2021. Biochemical composition of tomato fruits of various colors. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 25 (5): 514.
- La Placa, M., Pazzaglia, M. and Tosti, A. 2000. Lycopenaemia. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 14 (4): 311-312.
- Lampe, C. and Watada, A. E. 1971. Postharvest Quality of High Pigment and Crimson Tomato Fruit1, 2. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 96 (4): 534-535.
- Laval-Martin, D., Quennemet, J. and Monéger, R. 1975. Pigment evolution in *Lycopersicon esculentum* fruits during growth and ripening. *Phytochemistry*, 14 (11): 2357-2362.
- Ledezma-Realpe, D. P. 2013. Lycopene concentration and physico-chemical properties of tropical fruits. *Food and Nutrition Sciences*, 4 (7): 758-762.
- Lenucci, M. S., Caccioppola, A., Durante, M., Serrone, L., De Caroli, M., Piro, G. and Dalessandro, G. 2009. Carotenoid content during tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit ripening in traditional and high-pigment cultivars. *Ital. J. Food Sci*, 21 (4): 461-472.
- Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F. and Fogliano, V. 2000. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (10): 4723-4727.
- Levin, I., Frankel, P., Gilboa, N., Tanny, S. and Lalazar, A. 2003. The tomato dark green mutation is a novel allele of the tomato homolog of the DEETIOLATED1 gene. *Theoretical and Applied Genetics*, 106: 454-460.
- Long, M., Millar, D. J., Kimura, Y., Donovan, G., Rees, J., Fraser, P. D., Bramley, P. M. and Bolwell, G. P. 2006. Metabolite profiling of carotenoid and phenolic pathways in mutant and transgenic lines of tomato: identification of a high antioxidant fruit line. *Phytochemistry*, 67 (16): 1750-1757.
- Lopez, J., Ruiz, R. M., Ballesteros, R., Ciruelos, A. and Ortiz, R. 2000. Color and lycopene content of several commercial tomato varieties at different harvesting dates. *Acta Hortic*. 542: 243-247.
- Lopez-Juez, E. 2007. Plastid biogenesis, between light and shadows. *Journal of Experimental Botany*, 58 (1): 11-26.
- Luna-Guevara, M. L., Jiménez-González, O., Luna-Guevara, J. J., Hernández-Carranza, P. and Ochoa-Velasco, C. E. 2014. Quality parameters and bioactive compounds of red tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) cv Roma VF at different postharvest conditions. *Journal of Food Research*, 3 (5): 8-18.
- Madhavi, D.L., Salunkhe, D.K., 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology Production, composition, storage, and processing. New York, 721 s.
- Mahavadi, S., Nalli, A. D., Wang, H., Kendig, D. M., Crowe, M. S., Lyall, V., Grider, J. R., Karnam S. and Murthy, K. S. 2018. Regulation of gastric smooth muscle contraction via Ca^{2+} -dependent and Ca^{2+} independent actin polymerization. *Plos One*, 13 (12): 1-34.
- Maiani, G et al. 2009. Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53 (2): 194-218.
- Maret, W. 2013. Zinc biochemistry: from a single zinc enzyme to a key element of life. *Advances in Nutrition*, 4 (1): 82-91.

- Matés, J. M., Pérez-Gómez, C. and De Castro, I. N. 1999. Antioxidant enzymes and human diseases. *Clinical Biochemistry*, 32 (8): 595-603.
- Maul, E., Sargent, S. A., Sims, C. A., Baldwin, E. A., Balaban, M. O. and Huber, D. J. 2000. Tomato flavor and aroma quality as affected by storage temperature. *Journal of Food Science*, 65 (7): 1228-1237.
- Mayne, S. T. 1996. Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. *The FASEB Journal*, 10 (7): 690-701.
- Mccord, J. M. 1993. Human disease, free radicals, and the oxidant/antioxidant balance. *Clinical Biochemistry*, 26 (5): 351-357.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255.
- Meredith, F. I. and Purcell, A. E. 1966. Changes in concentration of carotenes of ripening Homestead tomatoes. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 89: 544-548.
- Micozzi, M. S., Beecher, G. R., Taylor, P. R. and Khachik, F. 1990. Carotenoid analyses of selected raw and cooked foods associated with a lower risk for cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 82 (4): 282-285.
- Miller, N. J., Sampson, J., Candeias, L. P., Bramley, P. M. and Rice-Evans, C. A. 1996. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS letters*, 384 (3): 240-242.
- Minoia, S., Petrozza, A., D'Onofrio, O., Piron, F., Mosca, G., Sozio, G., Cellini F., Bendahmane A. and Carriero, F. 2010. A new mutant genetic resource for tomato crop improvement by TILLING technology. *BMC Research Notes*, 3 (1): 1-8.
- Mohammed, M. I., and Malami, D. I. 2013. Effect of heat treatment on the lycopene content of tomato puree. *ChemSearch Journal*, 4 (1): 18-21.
- Moneruzzaman, K.M., Hossain, A.B.M.S., Sani, W., Saifuddin, M. and Alinazi, M. 2009. Effect of harvesting and storage conditions on the postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Roma VF. *Southern Cross Journals*, 3 (2): 113-121.
- Monsen, E. R. 2000. Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 100 (6): 637-6400.
- Mortensen, A. 2006. Carotenoids and other pigments as natural colorants. *Pure and Applied chemistry*, 78 (8): 1477-1491.
- Mortensen, A. and Skibsted, L. H. 1997. Importance of carotenoid structure in radical-scavenging reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (8), 2970-2977.
- Mustilli, A. C., Fenzi, F., Ciliento, R., Alfano, F. and Bowler, C. 1999. Phenotype of the tomato high pigment-2 mutant is caused by a mutation in the tomato homolog of DEETIOLATED1. *The Plant Cell*, 11 (2): 145-157.
- Nakai, Y., Nakai, M. and Yano, T. 2017. Sulfur modifications of the wobble U34 in tRNAs and their intracellular localization in eukaryotic cells. *Biomolecules*, 7 (1): 17.
- Oshima, S., Ojima, F., Sakamoto, H., Ishiguro, Y. and Terao, J. 1996. Supplementation with carotenoids inhibits singlet oxygen-mediated oxidation of human plasma low-

- density lipoprotein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (8): 2306-2309.
- Özcan, O., Erdal, H., Çakırca, G. ve Yönden, Z. 2015. Oksidatif stres ve hücre içi lipit, protein ve DNA yapıları üzerine etkileri. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 6 (3): 331-336.
- Pellegrini, N., Colombi, B., Salvatore, S., Brenna, O. V., Galaverna, G., Del Rio, D., Bianchi, M., Bennett, R. N. and Brighenti, F. 2007. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 (1): 103-111.
- Pennathur, S., Maitra, D., Byun, J., Sliskovic, I., Abdulhamid, I., Saed, G. M., Diamond, M. P. and Abu-Soud, H. M. 2010. Potent antioxidative activity of lycopene: A potential role in scavenging hypochlorous acid. *Free Radical Biology and Medicine*, 49 (2): 205-213.
- Perez, V. and Chang, E. T. 2014. Sodium-to-potassium ratio and blood pressure, hypertension, and related factors. *Advances in Nutrition*, 5 (6): 712-741.
- Qu, M., Nan, X., Gao, Z., Guo, B., Liu, B., and Chen, Z. 2013. Protective effects of lycopene against methylmercury-induced neurotoxicity in cultured rat cerebellar granule neurons. *Brain Research*, 1540: 92-102.
- Rao, A. V. and Agarwal, S. 1998. Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutrition and Cancer*. 31 (3): 199-203.
- Rao, A. V. and Rao, L. G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55 (3): 207-216.
- Rao, A. V. and Shen, H. 2002. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. *Nutrition Research*, 22 (10): 1125-1131.
- Reynard, G. B. 1956. Origin of the Webb Special (Black Queen) tomato. *Rep. Tomato Genet. Coop.*, 6: 22.
- Rodríguez-Bustamante, E. and Sánchez, S. 2007. Microbial production of C13-norisoprenoids and other aroma compounds via carotenoid cleavage. *Critical Reviews in Microbiology*, 33 (3): 211-230.
- Ronen, G., Carmel-Goren, L., Zamir, D. and Hirschberg, J. 2000. An alternative pathway to β -carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning of Beta and old-gold color mutations in tomato. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (20): 11102-11107.
- Rubio-Diaz, D. E., Santos, A., Francis, D. M. and Rodriguez-Saona, L. E. 2010. Carotenoid stability during production and storage of tomato juice made from tomatoes with diverse pigment profiles measured by infrared spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (15): 8692-8698.
- Sabbağ, Ç. ve Sürücüoğlu, M. S. 2011. Likopen: insan sağlığında vazgeçilmez bir bileşen. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (3): 27-41.
- Sacks, E. J. and Francis, D. M. 2001. Genetic and environmental variation for tomato flesh color in a population of modern breeding lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126 (2): 221-226.
- Sadler, G., Davis, J. and Dezman, D. 1990. Rapid extraction of lycopene and β -carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, 55 (5): 1460-1461.

- Saini, R. K., Rengasamy, K. R., Mahomoodally, F. M. and Keum, Y. S. 2020. Protective effects of lycopene in cancer, cardiovascular, and neurodegenerative diseases: An update on epidemiological and mechanistic perspectives. *Pharmacological Research*, 155: 104730.
- Santos, C. and Simon, P. 2002. QTL analyses reveal clustered loci for accumulation of major provitamin A carotenes and lycopene in carrot roots. *Molecular Genetics and Genomics*, 268: 122-129.
- Sayama, H. 1979. Morphological and physiological effects associated with the crimson (OG (C)), High Pigment (HP), and other chlorophyll intensefier genes in tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). PhD thesis, Purdue University, USA, 73 p.
- Senter, S. D., Horvat, R. J. and Forbus Jr, W. R. 1988. Quantitative variation of total phenols in fresh market tomatoes at three stages of maturity. *Journal of Food Science*, 53 (2): 639-640.
- Şentürk, H., Kolankaya, D. ve Şahin, Y. 2010. Renal iskemi-reperfüzyonu sırasında sıçan böbreğinde oluşan oksidatif stres hasarına silimarin etkisi. *Çankaya University Journal of Science and Engineering*, 7 (1): 59-74.
- Shewfelt, R. L., Thai, C. N. and Davis, J. W. 1988. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. *Journal of Food Science*, 53 (5): 1433-1437.
- Shi, J. and Maguer, M. L. 2000. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40 (1): 1-42.
- Shirahige, F. H., de Melo, A. M., Purquerio, L. F. V., Carvalho, C. R. L. and de Melo, P. C. T. 2010. Yield and fruit quality of Santa Cruz and Italian tomatoes depending on fruit thinning. *Horticultura Brasileira*, 28 (3): 292-298.
- Siddiqui, M. W., Momin, C. M., Acharya, P., Kabir, J., Debnath, M. K. and Dhua, R. S. 2013. Dynamics of changes in bioactive molecules and antioxidant potential of *Capsicum chinense* Jacq. cv. Habanero at nine maturity stages. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 1141-1148.
- Sies, H. and Stahl, W. 1995. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62 (6): 1315-1321.
- Sies, H. and Stahl, W. 1998. Lycopene: antioxidant and biological effects and its bioavailability in the human. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218 (2): 121-124.
- Sönmez, K. ve Ellialtıoğlu, Ş. 2014. Domates, karotenoidler ve bunları etkileyen faktörler üzerine bir inceleme. *Derim*, 31 (2): 107-130.
- Soressi, G. P. 1975. New spontaneous or chemically-induced fruit ripening tomato mutants. *Rep. Tomato Genet. Coop.*, 25: 21-22.
- Srivastava, S. and Srivastava, A. K. 201. Lycopene; chemistry, biosynthesis, metabolism and degradation under various abiotic parameters. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 41-53.
- Stahl, W. and Sies, H. 1996. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 336 (1): 1-9.
- Stahl, W., Junghans, A., de Boer, B., Driomina, E. S., Briviba, K. and Sies, H. 1998. Carotenoid mixtures protect multilamellar liposomes against oxidative damage: synergistic effects of lycopene and lutein. *FEBS letters*, 427 (2): 305-308.

- Staroverov, V. N. and Davidson, E. R. 2000. Distribution of effectively unpaired electrons. *Chemical Physics Letters*, 330 (1-2): 161-168.
- Stipanuk, M. H. and Ueki, I. 2011. Dealing with methionine/homocysteine sulfur: cysteine metabolism to taurine and inorganic sulfur. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 34: 17-32.
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M. and Knez, Z. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry* 89 (2): 191-198.
- Tadesse, T. N., Ibrahim, A. M. and Abtew, W. G. 2015. Degradation and formation of fruit color in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in response to storage temperature. *American Journal of Food Technology*, 10 (4): 147-157.
- Takashı, N., Yokoyama, N., Takayama, K. and Nishına, H. 2018. Estimation of tomato fruit lycopene content after storage at different storage temperatures and durations. *Environmental Control in Biology*, 56 (4): 157-160.
- Tatar, M. ve Pirinç, V. 2017. Türkiye Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin sanayi domatesi üretim potansiyeli. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7 (2): 11-20.
- Terwoord, J. D., Hearon Jr, C. M., Luckasen, G. J., Richards, J. C., Joyner, M. J. and Dinunno, F. A. 2018. Elevated extracellular potassium prior to muscle contraction reduces onset and steady-state exercise hyperemia in humans. *Journal Of Applied Physiology*, 125 (2): 615-623.
- Thompson AE, Tomes ML, Wann EV, McCollum AK, Stoner AK. 1964. Characterization of crimson tomato fruit color. *American Society for Horticultural Science*, 86: 610-616.
- Thompson, A. E., Hepler, R. W. and Kerr, E. A. 1962. Clarification of the inheritance of high total carotenoid pigments in the tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 81: 434-442.
- Thompson, A. E., Tomes, M. L., Erickson, H. T., Wann, E. V. and Armstrong. RJ. 1967. Inheritance of crimson fruit color in tomatoes. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 91: 495-504.
- Thompson, A. E., Tomes, M. L., Wann, E. V., McCollum, J. P. And Stoner, A. K. 1965. Characterization of crimson tomato fruit color. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 86: 610-616.
- Thompson, A.E 1961. A comparison of fruit quality constituents of normal and high pigment tomatoes. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 78: 464-473.
- Thompson, K. A., Marshall, M. R., Sims, C. A., Wei, C. I., Sargent, S. A. and Scott, J. W. 2000. Cultivar, maturity, and heat treatment on lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science*, 65 (5): 791-795.
- Tilahun, S., Park, D. S., Taye, A. M. and Jeong, C. S. 2017. Effect of ripening conditions on the physicochemical and antioxidant properties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Food Science and Biotechnology*, 26: 473-479.
- Toor, R. K. and Savage, G. P. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*, 38 (5): 487-494.
- Toor, R. K. and Savage, G. P. 2006. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*, 99 (4): 724-727.
- Trudel, M. J. and Ozbun, J. L. 1970. Relationship between chlorophylls and carotenoids of ripening tomato fruit as influenced by potassium nutrition. *Journal of*

- Experimental Botany*, 21 (4): 881-886.
- Trueba, G. P., Sánchez, G. M. and Giuliani, A. 2004. Oxygen free radical and antioxidant defense mechanism in cancer. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 9 (3): 2029-2044.
- Trumbo, P. R. 2005. Are there Adverse Effects of Lycopene Exposure? 1. *The Journal of Nutrition*, 135 (8): 2060-2061.
- Tucker, G. A., Robertson, N. G. and Grierson, D. 1980. Changes in polygalacturonase isoenzymes during the 'ripening' of normal and mutant tomato fruit. *European Journal of Biochemistry*, 112 (1): 119-124.
- Türk, R., Seniz, V., Özdemir, N. and Süzen, M. A. 1993. Changes in the chlorophyll carotenoid and lycopene contents of tomatoes in relation to temperature. In *International Symposium on Postharvest Treatment of Horticultural Crops* 368: 856-862.
- Türkoğlu, S. 2008. Oleik asit ile oluşturulan akut akciğer hasarı modelinde likopenin etkileri. Uzmanlık Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ. 73 s.
- Udensi, U. K. and Tchounwou, P. B. 2017. Potassium homeostasis, oxidative stress, and human disease. *International Journal of Clinical And Experimental Physiology*, 4 (3): 111.
- Van Breemen, R. B. and Pajkovic, N. 2008. Multitargeted therapy of cancer by lycopene. *Cancer Letters*, 269 (2): 339-351.
- Van Tuinen, A., Koornneef, M., Cordonnier-Pratt, M. M., Pratt, L. H., Verkerk, R. and Zabel, P. 1997. The mapping of phytochrome genes and photomorphogenic mutants of tomato. *Theoretical and Applied Genetics*, 94: 115-122.
- Vats, S. et al. 2022. Unexplored nutritive potential of tomato to combat global malnutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62 (4): 1003-1034.
- Vink, R. and Nechifor, M. 2011. Magnesium in the Central Nervous System (oopen.org) [Son erişim tarihi 22.02.2024].
- Wakabayashi, K. 2000. Changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. *Journal of Plant Research*, 113 (3): 231.
- Wann, E. V. 1997. Tomato germplasm lines T4065, T4099, T5019, and T5020 with unique genotypes that enhance fruit quality. *HortScience*, 32 (4): 747-748.
- Wann, E. V., Jourdain, E. L., Pressey, R. and Lyon, B. G. 1985. Effect of mutant genotypes hp ogc and dg ogc on tomato fruit quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110 (2): 212-215.
- Willcox, J. K., Cătignăni, G. L. and Lazarus, S. 2003. 25. Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43 (1): 1-18.
- Witham, F. H., Blaydes, D. F. and Devlin, R. M. 1971. Experiments in Plant Physiology. Science, New York, pp. 55-58.
- Wold, A. B., Rosenfeld, H. J., Holte, K., Baugerød, H., Blomhoff, R. and Haffner, K. 2004. Colour of post-harvest ripened and vine ripened tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as related to total antioxidant capacity and chemical composition. *International Journal of Food Science And Technology*, 39 (3): 295-302.
- Yanuriati, A., Savage, G. P. and Rowe, R. N. 1999. The effects of ethanol treatment on the metabolism, shelf life and quality of stored tomatoes at different maturities and temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79 (7): 995-1002.

- Yen, H. C., Shelton, B. A., Howard, L. R., Lee, S., Vrebalov, J. and Giovannoni, J. J. 1997. The tomato high-pigment (hp) locus maps to chromosome 2 and influences plastome copy number and fruit quality. *Theoretical and Applied Genetics*, 95: 1069-1079.
- Yin, Y., Zheng, Z. and Jiang, Z. 2019. Effects of lycopene on metabolism of glycolipid in type 2 diabetic rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109: 2070-2077.
- Zengin, F. ve Kurt, Ş. 2018. Likopen ve likopenin insan sağlığı açısından önemi. *ADYUTAYAM Dergisi*, 6 (2): 30-45.



ÖZGEÇMİŞ

ALİ BURAK ARABALI

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2021-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi
2015-2019	Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale