

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAHÇE BİTKİLERİ YETİŞTİRME VE ISLAHI
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI DALGA BOYLARINDA GÖRÜNÜR LED
AYDINLATMANIN DOMATES (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv.
Zahide) MEYVELERİNİN HASAT SONRASI KALİTESİNE
ETKİSİ**

TÜRKAY ARSLAN

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

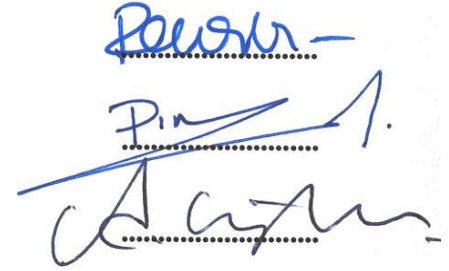
BAHÇE BİTKİLERİ YETİŞTİRME VE ISLAHI
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI DALGA BOYLARINDA GÖRÜNÜR LED
AYDINLATMANIN DOMATES (*Lycopersicon esculentum* Mill.
cv. Zahide) MEYVELERİNİN HASAT SONRASI KALİTESİNE
ETKİSİ

TÜRKAY ARSLAN

Prof.Dr. Rezzan KASIM
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr.Pınar ŞANLIBABA
Jüri Üyesi, Ankara Üniversitesi
Doç.Dr.Aysun ÇAVUŞOĞLU
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi


The image shows three handwritten signatures in blue ink. The top signature is the most legible and appears to be 'Rezzan KASIM'. Below it is a signature that looks like 'Pınar ŞANLIBABA'. The bottom signature is more stylized and appears to be 'Aysun ÇAVUŞOĞLU'. Each signature is written over a dotted line.

Tezin Savunulduğu Tarih: 18.02.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Domates meyvesi klimakterik özellikte olduğundan hasattan sonra da olgunlaşmaya devam etmektedir. Bu yüzden yaşlanması da hızlandığından domatesin hasat sonrası dayanım süresi kısalmaktadır. Bu çalışmada; domates (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Zahide) meyvesinde, farklı LED (Light Emitted Diode) aydınlatma uygulamalarının kalite üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Tezimin planlanması ve yürütülmesi aşamalarında bilgi ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Rezzan KASIM'a, tez çalışmam sırasında yorumları ile araştırmanın genişlemesini sağlayan Doç. Dr. M. Ufuk KASIM hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmamın laboratuvar aşamasında yardımlarını eksik etmeyen yüksek lisans öğrencileri Tuğçe ŞAHİN ve Kübra YAŞAR'a şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans derslerine devam ederken işyerindeki görevlerimin aksatılmaması için yardımlarını esirgemeyen iş arkadaşım ziraat mühendisi Mediha ADA'ya ve desteğini esirgemeyen sayın müdürüm Fethi POLAT'a teşekkürlerimi sunarım. Zahide F1 domates meyvelerinin temini konusunda yardımcı olan üretici Bakiye ÖZ'e teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince ve hayatımın her döneminde bana destek olan canım eşim Salih ARSLAN'a ve bu süreçteki anlayışlarından ve desteklerinden dolayı çocuklarım Yağız ve Efe'ye çok teşekkür ederim.

Şubat-2019

Türkay ARSLAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x
GİRİŞ	1
1. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2. MATERYAL VE YÖNTEM	22
2.1. Materyal	22
2.1.1. Bitkisel materyal	22
2.1.2. LED (Işık yayan diyot) aydınlatma düzeneği	23
2.1.3. LED uygulamaları.....	24
2.1.4. Ambalajlama ve depolama şartları.....	26
2.2. Yöntem.....	27
2.2.1. Toplam çözünür fenol miktarı (TÇF, mg/100 mL KAE).....	27
2.2.2. Renk ölçümleri	28
2.2.3. Suda çözünür toplam kurumadde (SÇKM) miktarı	28
2.2.4. Şeker ölçümleri (Fruktoz, glikoz ve sakkaroz miktarı %)	28
2.2.5. Titrasyon asitliği (TA, %)	29
2.2.6. Meyve eti sertliği (N).....	30
2.2.7. Elektrolit sızıntısı	30
2.2.8. Ağırlık kaybı (%)	31
2.2.9. Çürüme oranı (%).....	31
2.2.10. Deneme deseni	31
3. SONUÇLAR	33
3.1. Toplam Çözünür Fenol Miktarı (TÇF, mg/100 mL KAE)	33
3.2. Renk Ölçümleri	34
3.2.1. L*renk değeri	34
3.2.2. a* renk değeri.....	35
3.2.3. b* renk değeri.....	36
3.2.4. Hue açısı (h°).....	37
3.2.5. Kırmızılık indeksi (KI).....	38
3.2.6. Sarılık indeksi (SI)	40
3.3. Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Miktarı (%).....	41
3.4. Şeker Ölçümleri	42
3.4.1. Fruktoz miktarı (%).....	42
3.4.2. Glikoz miktarı (%)	43
3.4.3. Sakkaroz miktarı (%)	44
3.5. Titrasyon asitliği (TA, %)	46
3.6. Meyve eti sertliği (N).....	47

3.7. Elektrolit sızıntısı (ES, %)	48
3.8. Ağırlık kaybı (%)	49
3.9. Çürüme oranı (%)	50
4. TARTIŞMA	53
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR	66
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	66
ÖZGEÇMİŞ	74



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Araştırmada kullanılan domateslerin temin edildiği sera.....	22
Şekil 2.2.	Domates meyvelerinin hasat sırasındaki görünümü.....	23
Şekil 2.3.	Karanlık şartlarda depolanan kontrol grubu domatesler	23
Şekil 2.4.	Domates meyvelerine uygulanan kırmızı LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu	24
Şekil 2.5.	Domates meyvelerine uygulanan mavi LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu	25
Şekil 2.6.	Domates meyvelerine uygulanan yeşil LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu	25
Şekil 2.7.	Domates meyvelerine uygulanan yeşil LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu	26
Şekil 2.8.	Ambalajlanan domateslerin görüntüsü.....	26
Şekil 2.9.	Toplam çözünür fenol standart kurvesi.....	27
Şekil 2.10.	Glikoz, fruktoz ve sakkaroz standart kurveleri	29
Şekil 2.11.	Penetrometre.....	30
Şekil 3.1.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde toplam çözünür fenol miktarında meydana gelen değişimler	34
Şekil 3.2.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde L^* renk değerinde meydana gelen değişimler	35
Şekil 3.3.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde a^* renk değerinde meydana gelen değişimler	36
Şekil 3.4.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde b^* renk değerinde meydana gelen değişimler.....	37
Şekil 3.5.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde h^o renk değerinde meydana gelen değişimler.....	38
Şekil 3.6.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde kırmızılık indeksi değerinde meydana gelen değişimler	39
Şekil 3.7.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde sarılık indeksi değerinde meydana gelen değişimler	40
Şekil 3.8.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin SÇKM miktarlarında meydana gelen değişimler.....	42
Şekil 3.9.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin fruktoz miktarlarında meydana gelen değişimler.....	43
Şekil 3.10.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin glikoz miktarlarında meydana gelen değişimler	44
Şekil 3.11.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin sakkaroz miktarlarında meydana gelen değişimler	45
Şekil 3.12.	Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin titrasyon asitliğinde meydana gelen değişimler	47

Şekil 3.13. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin meyve eti sertliği değerlerinde meydana gelen değişimler	48
Şekil 3.14. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin elektrolit sızıntısı değerlerinde meydana gelen değişimler	49
Şekil 3.15. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde ağırlık kaybı (%) değişimleri.....	50
Şekil 3.16. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde çürüme oranlarının (%) değişimi.....	52
Şekil 4.1. CIELAB renk koordinat sistemi.....	55



TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde toplam çözünür fenol(mg/100mL KAE) miktarları	33
Tablo 3.2. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde L* renk değerleri	35
Tablo 3.3. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde a* renk değerleri.....	36
Tablo 3.4. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde b* renk değerleri	37
Tablo 3.5. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde h° renk değerleri	38
Tablo 3.6. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde kırmızılık indeksi değerleri.....	39
Tablo 3.7. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde sarılık indeksi değerleri	40
Tablo 3.8. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde SÇKM miktarları	41
Tablo 3.9. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde fruktoz miktarları.....	43
Tablo 3.10. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde glikoz miktarları	44
Tablo 3.11. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde sakkaroz miktarları	45
Tablo 3.12. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde titrasyon asitliği değerleri	46
Tablo 3.13. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinin meyve eti sertliği değerleri.....	47
Tablo 3.14. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinin elektrolit sızıntısı değerleri.....	49
Tablo 3.15. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde oluşan ağırlık kayıpları (%)	50
Tablo 3.16. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde oluşan çürüme oranları (%)	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
g	: Gram
mL	: Mililitre
KAE	: Kafeik Asit Eşdeğeri
mg	: Miligram
N	: Newton
kcal	: Kilokalori
µg	: Mikrogram
kg	: Kilogram
nm	: Nanometre
µmol	: Mikromol
m ²	: Metrekare
cm ²	: Santimetrekare
s	: Saat
m	: Metre
mm	: Milimetre
CaC ₂	: Kalsiyum Karbit
pH	: Power of Hydrojen
β	: Beta
α	: Alfa
γ	: Gama
O	: Oksijen
ppm	: Parts per million
CO ₂	: Karbondioksit
kPa	: Kilopaskal
CaCl ₂	: Kalsiyum Klorür
kJ	: Kilojul
µL	: Mikrolitre
L	: Litre
kGy	: Kilo Gray
cm	: Santimetre
Na ₂ CO ₃	: Sodyum Karbonat
NaOH	: Sodyum Hidroksit
v/v	: Volume/Volume (Hacim/Hacim)

Kısaltmalar

1-MCP	: 1-Metilsiklopropen
AK	: Ağırlık Kaybı
B	: Beyaz
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)

EC	: Electrical Conductivity(Elektriksel İletkenlik)
ES	: Elektrolit Sızıntısı
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
HPLC	: High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
K	: Kontrol
KA	: Kontrollü Atmosfer
KI	: Kırmızılık İndeksi
KR	: Kırmızı
LDPE	: Düşük Yoğunluklu Poli Etilen
LED	: Light Emitted Diode (Işık Yayan Diyot)
M	: Mavi
MA	: Modifiye Atmosfer
MAP	: Modifiye Atmosfer Paketleme
ON	: Oransal Nem
PL	: Aralıklı Aydınlatma
PPFD	: Photosynthetic Photon Flow Density
RH	: Relative Humidity (Oransal Nem)
RID	: Refraktif İndeks Dedektörü
SÇKM	: Suda Çözünür Kuru Madde
SI	: Sarılık İndeksi
SMB	: Sodyum Metabisülfid
TA	: Titrasyon Asitliği
TAGEM	: Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
TÇF	: Toplam Çözünür Fenol Miktarı
TEA	: Titre Edilebilir Asit
TEAC	: Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite
TSS	: Total Soluble Solids (Suda Çözünür Toplam Kurumadde Miktarı)
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
USA	: United State of America (Birleşik Devletler)
USDA	: United States Department of Agriculture (Amerika Tarım Bakanlığı)
UV	: Ultraviyole
Y	: Yeşil
YPFD	: Yield of Photon Flux Density

FARKLI DALGA BOYLARINDA GÖRÜNÜR LED AYDINLATMANIN DOMATES (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Zahide) MEYVELERİNİN HASAT SONRASI KALİTESİNE ETKİSİ

ÖZET

Çalışmada farklı dalga boylarında görünür LED aydınlatmanın; kırılma (breaker) dönemindeki domates (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Zahide) meyvelerinin, hasat sonrası kalitesine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kırılma döneminde hasat edilen domates meyveleri, 500 g'lık renkli köpüklü tabaklara konulup, üzeri streç film ile sarılmıştır. Ardından 4 ± 1 °C sıcaklık ve %85-90 oransal nem içeren soğuk depo odasında kırmızı (KR), mavi (M), yeşil (Y) ve beyaz (B) ışık altında 42 gün süreyle depolanmıştır. Karanlık ortamda depolanan meyveler ise kontrol (K) olarak kullanılmıştır. Deneme başlangıcında ve haftalık aralıklarla depodan alınan örneklerde; toplam çözünür fenol miktarı (TÇF, mg/100 mL KAE), renk ölçümleri (L^* , a^* , b^* , hue açısı (h°), kırmızılık indeksi (KI), sarılık indeksi (SI)), suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı (%), şeker ölçümleri (fruktoz miktarı (%), glikoz miktarı (%), sakkaroz miktarı (%), titrasyon asitliği (TA, %), meyve eti sertliği (N), elektrolit sızıntısı (ES, %) ve ağırlık kaybı (%) ve çürüme oranı (%) analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda; domateslerde KR ve B LED uygulamalarının, hue açısı değeri ve sarılık indeksi değeri ile meyve eti sertliğini arttırdığı tespit edilmiştir. Mavi LED uygulanan meyvelerde ise elektrolit sızıntısı değeri düşük ölçülmesi, mavi LED ışığın meyvenin yaşlanmasını geciktirici etki gösterdiğine işaret etmiştir. Araştırmada ayrıca mavi ve kırmızı LED ışığın, çürüme oranını azaltıcı etkisi olduğu da görülmüştür. Sonuç olarak mavi LED aydınlatmanın, kırılma aşamasında hasat edilen domateslerin kalitesinin korunmasında, kırmızı, beyaz ve yeşil LED ışıktan daha etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca mavi ve kırmızı LED aydınlatmanın meyve çürümesini geciktirdiği de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Domates, Kalite, LED.

THE EFFECT OF LED LIGHTING WITH DIFFERENT WAVELENGTH ON POSTHARVEST QUALITY OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. Zahide) FRUITS

ABSTRACT

In the study, the effects of different wavelength of LED lighting on the post-harvest quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. Zahide) that breaker harvest stages were investigated. For this purpose, tomato fruits, which were harvested during the breaking harvest stage, were placed on 500 g colored polystyrene foam dishes and wrapped with stretch film. It was then stored in a cold storage room containing 4 ± 1 °C temperature and 85-90% relative humidity for 42 days under the red (KR), blue (M), green (Y) and white (B) LED light. The fruits stored in the dark environment were used as control (K). In the samples taken from the storage at the beginning of the study and at weekly intervals; total soluble phenol content (TSP, mg / 100 mL KAE), color measurements (L^* , a^* , b^* , hue angle (h°), redness index (KI), yellowness index (SI)), total soluble solids (TSS , %), sugar measurements (amount of fructose (%), glucose (%) and sucrose (%), titratable acidity (TA,%), fruit firmness (N), electrolyte leakage (EL,%), weight loss (%) and decay ratio (%) analyzes were performed. At the end of the research; It was found that KR and B LED applications in tomatoes increased hue angle value, yellowness index value and fruit firmness. In the blue LED treated fruits, the low electrolyte leakage value indicated that the blue LED light had a retarding effect on aging of the fruit. In the study, it was also seen that blue LED light had a decreasing effect on the rate of decay. As a result, the blue and red LED lighting was found to be more effective than the red, white and green LED light in maintaining the quality of the tomatoes harvested at the breaking stage. It was also found that blue and red LED lighting delayed fruit decay.

Keywords : Tomato, Quality, LED.

GİRİŞ

Botanik olarak üzüksü meyve olarak sınıflandırılmasına karşılık; ülkemizde sebze olarak değerlendirilen domates, lif, A ve C ve likopen ve diğer karotenoidler ile flavonoidler bakımından zengin olup, epidemiyolojik çalışmalar, domatesteki likopenin tüketimindeki artışın, kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanser tiplerinin oluşumunun azalması ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Gharezi ve diğ., 2012; Lei ve diğ., 2016; Meena ve diğ., 2015). Domatesin 100 g'ı tüketildiğinde yalnızca 19 kcal enerji alınabilmektedir. Çünkü domatesin 94,29 g'ı sudan oluşurken, yalnızca 5,71 g kurumadde bulunmaktadır. Bu kurumadde içerisinde ise mineral maddelerden en fazla potasyum (206 mg) bulunmakta olup bunu fosfor (27 mg), magnezyum (12 mg) ve kalsiyum (10 mg) izlemektedir. Domates iyi bir C vitamini kaynağı olup, 100 g domateste 19,8 mg C vitamini ve 19,5 mg L-askorbik asit bulunmaktadır.

Meyve ve sebzelerde bulunan renk maddelerinin antioksidan etkisi bulunmaktadır. Domates meyvelerine kırmızı rengini veren likopen; domates meyvelerine ve bu meyvelerden yapılan ürünlere koyu kırmızı rengi veren karotenoid pigmentidir. Dünya üzerinde çok farklı şekil ve büyüklükte domates yetiştirilmekte olup, bunların likopen miktarı da değişmektedir. Kırmızı ve yuvarlak çeşitlerde likopen miktarının 9,49 mg/100 g olduğu ve bu değer sarı çeşitlerden yüksek olduğu belirtilmiştir (Kasım ve diğ., 2017). 100 g domates tüketildiğinde 612 µg beta karoten, ve 5681 µg likopen alınmış olmaktadır (TürKomp, 2018; USDA, 2018).

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dünya üzerinde en fazla tüketilen sebzelerden birisidir. FAO 2016 yılı verilerine göre 1,1 milyar ton olan yaş sebze üretimi içerisinde domates 177 milyon ton ile %13'lük paya sahiptir. Dünya domates üretiminde 2016 yılı itibariyle 56,4 milyon tonluk üretim ile Çin ilk sırada, 18,4 milyon tonluk üretimi ile Hindistan ikinci, USA 13,03 milyon ton ile üçüncü ve 12,6 milyon tonluk üretimi ile Türkiye ise dördüncü sırada yer almaktadır. Dünyada lider konumda olan Çin, toplam dünya domates üretiminin %31'lik kısmını karşılamaktadır (FAOSTAT, 2018; TAGEM, 2018).

Domates ülkemizde de en çok üretilen ve tüketilen sebze türü olup; taze olarak, yemeklerde diğer sebzeler ile pişirilerek, domates suyu, konsantre domates suyu, turşu, konserve, salça, ketçap, sos, pulp, püre, dondurulmuş ve kurutulmuş olarak kullanılabilmesi domatesin üretim ve tüketimine olan ilgiyi arttırmıştır. 2001 yılında 8,4 milyon ton olan Türkiye domates üretimi; giderek artış göstermiş olup, 2016 yılında; 2012 yılına (11,4 milyon ton) oranla %11 oranında artarak 12,6 milyon tona ulaşmış; 2017 yılında ise domates üretimi 12,8 milyon ton olmuştur (TÜİK, 2018). Bu üretim içerisinde Antalya ili; 2,4 milyon ton ile birinci sırada yer alırken, Bursa; 1,6 milyon ton ile ikinci, Manisa ise 975 bin ton ile üçüncü sırada yer almaktadır. Domatesin tüketimi de diğer sebze türlerine göre oldukça yüksek olup, kişi başına tüketim son yıllarda değişkenlik göstermekle birlikte 115-120 kg/yıl arasında değişmiştir (TAGEM, 2018).

Domates meyvesi klimakterik özellikte olup hasattan sonra da olgunlaşmaya devam etmektedir. Meyvenin lezzetini arttıran bu klimakterik etilen artışı, aynı zamanda yaşlanmayı da uyarmaktadır. Dolayısıyla domatesin hasat sonrası dayanım süresi kısa olup, tam olgun domatesler için bu süre 2-3 haftadır (Gharezi ve diğ., 2012). Bu nedenle domateste hasat sonrası yapılan uygulamaların amacı, etilen sentezinin konsantrasyonu ve zamanını düzenleyerek meyvelerin tüketiciye optimum kalitede ulaşmasını sağlamaktır. Bu amaçla; soğukta muhafaza, kontrollü atmosferde veya modifiye atmosfer paket içerisinde muhafaza, etilen üretimini geciktirmek için 1-MCP uygulamaları, ozon uygulamaları, yenilebilir kaplama uygulamaları ve ışınlama uygulamaları gibi değişik yöntemlerden yararlanılmaktadır.

Meyve ve sebzelerde; hasat sonrası dayanımı arttırmak amacıyla yapılan uygulamalardan ışınlama uygulamaları, öncelikle meyvede yüzey dezenfeksiyonu sağlamak, dolayısıyla ürünün bozulmasını önlemek amaçlı olarak kullanılmıştır. Ancak yapılan uygulamaların ürünlerde abiyotik stres oluşturarak ürünün savunma mekanizmasını harekete geçirdiği de tespit edilmiştir. Işınlama uygulamaları, başlangıçta gama radyasyonu ve ultraviyole ışınlaması teknikleri ile yapılmakla birlikte son yıllarda bu amaçla ışın yayan diyot (LED) aydınlatma teknolojisi de kullanılmaya başlanmıştır. LED aydınlatma birimi, birbiri ile temasta olan iki tabakalı yarı iletken materyalden oluşmaktadır. Bir LED'den elektrik geçtiğinde elektronlar iki malzeme arasındaki birleşme boyunca hareket etmekte, elektronlar

birleşme noktasına geçtiğinde düşük enerji düzeyine düşmekte ve süreçte bir foton ayrılmaktadır. LED sistemi; düşen enerji miktarını, dolayısıyla yayılan fotonun dalga boyunu kontrol etmektedir. LED lambaların enerji etkinliği lamba rengine göre farklı olup, lambalar 240-4000 nm dalga boyu aralığında üretilebilmektedir.

LED ışınlaması; farklı renklerdeki LED lambalar ile yapılmakta olup, farklı renklerin ürün üzerinde oluştuğu tepki de farklı olabilmektedir. LED ışınlaması kullanılarak yapılan çalışmalarda; mavi (440-450 nm) LED ışığın meyve eti sertliğini koruduğu, likopen birikiminin azalmasına neden olduğu, başka bir domates çeşidinde ise etilen sentezini artırarak meyvenin hızlı bir şekilde olgunlaşmasını sağladığı çilek ve şeftalide de mavi LED (470 nm, 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$) uygulaması ile benzer sonuçların elde edildiği, ayrıca sarı LED (590 nm) ışığın elma, domates ve kırmızı biberde olgunlaşmayı hızlandırdığı tespit edilmiştir (Dhakal ve Baek, 2014a, 2014b; Ghanem ve diğ., 2016; Xu ve diğ., 2014a, 2014b; Gong ve diğ., 2015; Kokalj ve diğ., 2016).

LED lambaların ürünlerin renklenmesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmalarda, mavi (400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$;465 nm) LED uygulamasının, turuncu meyvelerinde sarı renk oluşumu üzerine etkili olduğu, 6 günlük kırmızı LED (50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, 660 nm) ön uygulamasının mandarin (Citrus unshiu Marc.) flavedusunda karotenoid birikimini arttırdığı, yeşil LED ışık altında depolanan lahanalar ve brokolide klorofil miktarının arttığı belirlenmiştir (Deng ve diğ., 2016; Ma ve diğ., 2012; Lee ve diğ., 2014; Ma ve diğ., 2014).

LED ışık uygulaması ürünlerin biyokimyasal bileşenleri üzerinde de etkili olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, kırmızı LED ışık (660 nm) uygulamasının turuncu meyvelerinde mavi LED uygulamasının ise lahanalar ve brokolide C-vitamini miktarını arttırdığı ancak çileklerde beyaz (300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ve mavi LED (200 ve 100 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ışığın C vitamini üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir (Ma ve diğ., 2012; Lee ve diğ., 2014; Ma ve diğ.,2014; Li ve diğ., 2016). LED ışık uygulamasının fenolik madde miktarını etkilediği de yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Buna göre elma, domates ve kırmızı dolma biberlerde sarı LED (590 nm), brokolide ise yeşil LED ışık uygulaması, fenolik madde miktarında artışa neden olmuştur (Kokalj ve diğ., 2016; Ma ve diğ., 2014).

LED ışık uygulamaları, üründe bulunan antosiyaninlerin miktarını da arttırmaktadır. Yapılan çalışmalarda, üzümde ve çileklerde mavi LED ışığın, yine çileklerde yeşil LED (500-600 nm), ışığın antosiyaninlerin miktarını arttırdığı tespit edilmiştir (Kondo ve diğ., 2014; Xu ve diğ., 2014a; Kim ve diğ., 2011; Kanazawa ve diğ., 2012).

LED ışık uygulamaları ile ürünlerin yüzeyindeki mikroorganizma miktarı azaltılarak ürünün muhafaza süresi uzatılmaktadır. *Penicillium italicum* ile inoküle edilen Satsuma mandarinlerinde (*Citrus unshiu* Marc.), mavi LED ışık (465 nm, 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) uygulamasının, mavi küfe karşı antifungal etki gösterdiği belirlenmiştir (Yamaga ve diğ., 2015).

LED ışık uygulamaları; farklı renkteki lambaların dalga boyu dolayısıyla etkinliğinin farklı olması nedeniyle ürün üzerinde farklı etkileri bulunmakta, bu etki de uygulanan ürünlere göre değişmektedir. Bu nedenle lambaların hasat sonrası kalite üzerindeki etkinliğinin her tür, çeşit ve her lamba rengi için incelenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla yapılan bu tez çalışmasının amacı; kırım döneminde hasat edilen domates meyvelerinin hasat sonrası kalitesinin korunmasında, kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz olmak üzere dört farklı LED ışık uygulamasının etkilerinin belirlenmesidir.

1. KAYNAK ÖZETLERİ

Domates meyveleri; hasattan sonraki dönemde canlı olduğundan, hasattan sonra solunum hızı ve etilen üretim oranının artışına bağlı olarak hızla yaşlanmaktadır. Dolayısıyla aslında domates meyvelerinde karbonhidrat, lipid ve protein birikmesine neden olarak meyve tadının artmasına ve homojen kırmızı renk oluşumuna neden olan etilen hormonu yaşlanmayı da hızlandırdığından, bu dönemde ürünün solunum hızının yavaşlatılması yani etilen üretiminin azaltılması ve ürünün en az kalite kaybı ile tüketiciye sunulması önemlidir (Beckles, 2012).

Soğuk depolama :

Bütün bahçe bitkileri ürünlerinde olduğu gibi domates meyvelerinde de metabolizma hızının azaltılması için ürünün hızla soğutulması ve soğuk ortamda bekletilmesi gerekmektedir. Ancak domates; üşümeye duyarlı bir tür olduğundan, 10 °C'den daha düşük sıcaklıklarda depolandığında üşüme zararı nedeniyle düzensiz olgunlaşma göstermektedir (Kasım ve Kasım, 2007). Nitekim yeşil-olgun domates meyvelerinin 12,5-15 °C, açık kırmızı domateslerin 10-12,5 °C ve sert-olgun domateslerin 7-10 °C sıcaklıkta depolanabileceği belirtilmiştir (Cantwell ve Suslow, 2002). Bununla birlikte depolama sıcaklığının yüksek olması, kalite kayıplarının artmasına yol açmaktadır. Çünkü depolama sıcaklığındaki her 10 °C'lik artış için meyvelerin bozulma oranının iki-üç kat arttığı bilinmektedir (Saltveit, 2003). Dolayısıyla aslında domates meyvelerinin uzun süreli depolanabilmesi için sıcaklıkların düşürülmesi gerekli olmakla birlikte, 12,5 °C'nin altında muhafaza sonucu üşüme zararı meydana geldiğinden domateslerde depolama sıcaklığının güvenli sınırlarda tutulması gerekmektedir (Saltveit ve Morris, 1990).

Seralarda hidroponik olarak yetiştirilen kırmızı olum aşamasındaki salkım domatesleri (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Clermon), 7 °C depolama sıcaklığı ile karşılaştırmak için 12 ve 5 °C sıcaklıkta iki hafta boyunca likopen, hidrofilik antioksidan aktivitesi (TEAC testi kullanılarak), SÇKM miktarı ve ağırlık kaybı açısından incelendiği çalışmada; oda sıcaklığında depolama ise, kontrol olarak

kullanılmıştır. Araştırmada, 5 °C düşük sıcaklıkta depolama uygulamasında, 12 °C'de depolamaya göre ağırlık kaybı, likopen ve SÇKM artışının önlendiği fakat antioksidan aktivitenin 1,77 kat arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte oda sıcaklığında depolanmış domateslerin 7 günlük depolama süresince, likopen içeriğinde ve ağırlık kaybında belirgin bir artış gösterdiği, ancak SÇKM ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca SÇKM miktarının; oda sıcaklığından veya düşük sıcaklıkta depolanmadan etkilenmediği, ancak düşük sıcaklıkta depolanmış domateslerle karşılaştırıldığında oda sıcaklığında, ağırlık kaybı, likopen içeriği ve antioksidan aktivitenin önemli ölçüde farklı olduğu saptanmıştır. Ek olarak üşüme stresinin, antioksidan aktif bileşiklerin biyosentezinde yer alan yolları daha yüksek üretim seviyelerine kaydıracağı da bulunmuştur (Javanmardi ve Kubota, 2006).

Roma VF domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşidi meyvelerinin; depoda olgunlaşması süresince kalitesi üzerine hasat aşaması ve depolama koşullarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yeşil olgun (olgun ama yeşil renkte), yarı olgun (meyvenin sarıya döndüğü kırılma aşaması) ve tam olgun (sarı ve yumuşak, yenilebilir aşama) olmak üzere üç olgunluk aşamasına ait domates meyveleri, açıkta (kontrol), beyaz polietilen ile kaplanmış olarak ve CaC₂+polietilen kaplanmış olarak üzere üç farklı ortamda depolanmıştır. Farklı hasat aşamaları, depolama koşulları ve bunların kombinasyonları, kaliteyi olumlu etkilemiş, tam olgun meyvelerin çürüme oranı ve toplam şeker içeriği diğer hasat dönemlerinden yüksek olurken, en yüksek ağırlık kaybı ve raf ömrü, yeşil olgun domateslerde ölçülmüştür. Bununla birlikte yarı olgun domatesin, C vitamini ve titrasyon asitliği miktarının en yüksek olduğu buna karşın; bozulma yüzdesi (çürümesi), ağırlık kaybı, pH, titre edilebilir asit ve toplam şeker miktarı, olgunluk aşamaları arasında fark olmaksızın, depolama süresinin artışı ile arttığı, C vitamininin ise depolama süresinin uzamasıyla azaldığı tespit edilmiştir. Araştırmada ayrıca kontrol meyvelerinin; ağırlık kaybı, raf ömrü ve titrasyon asitliği, diğer uygulamalardan yüksek bulunmuştur. Ek olarak, CaC₂+polietilen kaplanan domates meyvelerinin çürüme yüzdesinin ve toplam şeker içeriğinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu, ancak C vitamini içeriği ve pH'nın, son gözlem gününde (15. gün) basit polietilen kaplama uygulamasında ölçüldüğü ifade edilmiştir. Ayrıca çalışmada; C vitamini haricindeki tüm

parametrelerin depolama koşullarına bakılmaksızın depolama süresinin uzamasıyla kademeli olarak arttığı, CaC₂+polietilen uygulamasındaki domates bitkilerinin, son gözlem gününde bozulma yüzdesi, titre edilebilir asitlik ve toplam şeker en yüksek bulunmuştur (Moneruzzaman ve diğ., 2009).

Domates meyvelerinin depolama kalitesi üzerine farklı depolama sıcaklıklarının etkisinin incelendiği araştırmada, yarı-kırmızı olgun aşamada hasat edilen domates meyveleri (cv. Belle), 28 gün süreyle 5 °C ve 10 °C sıcaklıkta depolanmıştır. Çalışmada; meyvelerin ağırlık kaybının 10 °C sıcaklıkta depolanan meyvelerde, 5 °C sıcaklıkta depolamaya kıyasla daha fazla olduğu ve 10 °C'de depolama sırasında ağırlık kaybının %18,7 iken, aynı dönemde 5 °C'deki meyvelerde %9,6'lık bir kayıp görüldüğü belirtilmiştir. Denemede, incelenen depolama periyodu süresince SÇKM miktarı ve titre edilebilir asit içeriğinde yalnızca hafif değişiklikler olduğu, SÇKM miktarının depolama periyodu boyunca hafif artış göstermesine rağmen, her iki depolama sıcaklığı arasında önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, sitrik asit olarak ifade edilen titre edilebilir asitlik değerlerinin, 5 °C sıcaklıkta daha düşük olmakla birlikte, sadece depolamanın 14. gününde önemli bir farklılık gözlemlendiği; ayrıca başlangıç C vitamini içeriğindeki toplam azalmanın, 5 °C'de 3,5 mg/100g, 10 °C sıcaklıkta 2,5 mg/100g olduğu da bulunmuştur. Ayrıca düşük sıcaklığın; depolamanın 7. günü dışında, yüksek sıcaklıklara kıyasla C vitamini içeriğini önemli ölçüde azaltmadığı, her iki sıcaklıkta ve depolama süresinin her aşamasında perikarp sertliğinin depolama süresi arttıkça azaldığı, meyve eti sertliğindeki azalmanın düşük sıcaklıkla geciktirildiği, meyve kabuğunun renk gelişiminin (a* değeri) her iki sıcaklıkta da artan depolama süresiyle arttığı, buna karşılık sıcaklıklar arasında hiçbir farklılığın olmadığı bulunmuştur (Žnidarčič ve diğ., 2010).

Yapılan bir çalışmada, domates meyve renginin sentezlenmesi ve parçalanması üzerine farklı depolama sıcaklıklarının etkisi araştırılmıştır. Denemede domates meyveleri; 4, 20 ve 30 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta depolanmıştır. Çalışma sonucunda 4 °C depolamanın, 20 ve 30 °C sıcaklıklarda depolamaya göre ağırlık kaybı, yumuşama ve likopen artışını önemli oranda önlediği; 20 ve 30 °C'de saklanan domates meyvelerinin, kroma, renk indeksi, likopen, β-karoten, klorofil parçalanması, ağırlık ve sertlik kaybında önemli bir artış gösterdiği, aynı zamanda

20 °C ve 30 °C'de saklanan meyvelerin hue açısındaki azalma oranının, 4 °C'de depolanan meyvelere göre düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca SÇKM miktarının yüksek veya düşük sıcaklıkta depolamadan etkilenmediği; 4 °C'de saklanan domates meyvesinin titre edilebilir asit miktarının 20 ve 30 °C'de saklanan meyvelerden önemli ölçüde ($p<0,05$) daha yüksek bir değerde (% 0,40) olduğu, meyvelerin raf ömrünün depolama sıcaklığının azalması ile önemli ölçüde ($p<0,05$) arttığı tespit edilmiştir (Tadesse ve diğ., 2015).

Modifiye veya kontrollü atmosferde muhafaza :

Bununla birlikte domates meyvelerinin; yüksek sıcaklıklarda depolaması sırasında kalite kayıpları olduğundan, kalite kayıplarının azaltılması için değişik uygulamalardan yararlanılmaktadır. Bu uygulamalardan modifiye atmosferde (MA) veya kontrollü atmosferde (KA) muhafazanın, etilen ile ilişkili bozulmaları azaltabileceği belirtilmiştir (Kader ve Saltveit, 2003). KA veya MA muhafaza yöntemlerinde; ürünün etrafındaki gaz bileşiminin, karbondioksitin yükseltilmesi, oksijenin azaltılması şeklinde değiştirilmesi söz konusudur. KA muhafazada gaz bileşimi sabit tutulurken, MA muhafazada gaz bileşimi değişkendir (Beaudry, 2010). KA veya MA muhafaza uygulamasının etkisinin; çeşide, meyvenin olgunluk dönemine, depolama başlangıcındaki kalitesine, depolama süresine bağlı olarak değişiklik gösterebileceği belirtilmiştir (Beckles, 2012). Domates meyvelerinde; yaşlanmayı geciktirmek için gerekli olan oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarının, yeşil olgun ve olgun meyvelerde %3-5 (v/v) O₂ ve %1-5 (v/v) CO₂ ile %94-96 N₂ olduğu tespit edilmiştir (Artes ve diğ., 2006; Sandhya, 2010). Gaz bileşimine ek olarak ortamın oransal nem (ON) miktarı da kalitenin korunması için önemli olup, depo oransal neminin, yeşil olgun domatesler için %85-90 (v/v) ve sert olgun domatesler için %90-95 olması gerektiği belirtilmiş olup, bu nem sınırlarının altında evapotranspirasyonun artmasının suda çözünür kurumadde (SÇKM) miktarını arttırmasına karşılık domateslerin görsel kalitesini azaltacağı ifade edilmiştir (Suslow ve Cantwell, 2009).

Bu araştırma; hasat sonrası uygulamalar, ambalajlama ve depolama koşullarının, domatesin şeker ve likopen içeriğinin değişimine olan kombine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Domates meyveleri, saplı ve sapsız olarak renk-kırılma

aşamasında hasat edilmiş ve raf ömrü çalışmalarına tabi tutulmuştur. En iyi hasat yöntemine sahip olan meyveler (saplı meyveler), ilk önce meyveler destile suya daldırıldıktan sonra klor çözeltisine (200 ppm sodyum hipoklorit) 15 dakika süreyle daldırılarak, klor uygulaması yapılmıştır. Meyveler daha sonra hava ile kurutuldu, çuval torbalarında ve delikli LDPE (düşük yoğunluklu poli etilen) torbalarda paketlenmiştir. Paketlenmiş meyveler, normal atmosfer ve soğuk şartlar altında saklandı. Klor ile muamele edilip, LDPE torbalarda paketlenip ve soğuk ortamda saklama domateslerin kalitesini iyileştirmiştir. Normal atmosferde depolama, şeker ve likopen içeriğinin yüksek oranda değişmesine ve dolayısıyla domateslerin kalitesinde bozulmaya yol açmıştır. (Sood ve diğ., 2011).

Kontrollü atmosfer depolama (KA) ve modifiye atmosfer paketleme (MAP) uygulamalarının; yeşil olgun dönemde hasat edilmiş domates meyvelerinin kalite özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, domateslerin konulduğu KA ve MAP gaz bileşiminin 5 kPa O₂ ve 3 kPa CO₂ olduğu, KA ve MAP'nin olgunlaşma sürecini geciktirme kabiliyetinin, soğuk depolamadan daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, doku ve rengin korunması açısından KA uygulamasının diğer uygulamalardan daha iyi olduğu ve bu uygulamayı MAP ve soğuk depo uygulamalarının izlediği bulunmuştur. Ayrıca araştırmada depolama uygulamaları arasında; soğuk depodaki domateslerin SÇKM miktarının diğer depo ortamlarından yüksek olmasına rağmen, SÇKM'nin KA'deki azalma eğiliminin, soğuk depoya göre daha yavaş olduğu ve yine MAP ve özellikle KA'in domates meyvelerinin titre edilebilir asit (TEA) miktarındaki azalma eğilimini yavaşlattığı saptanmıştır (Majidi ve diğ., 2014).

Kimyasal uygulamalar :

Çeşitli hasat sonrası uygulamaların ve depolama koşullarının domates meyvelerinin çeşitli fiziko-kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, domateslere sodyum metabisülfite, kalsiyum klorüre daldırma, sitrik asite daldırma, limon suyuna daldırma, shea yağı ile kaplama, sıcak su daldırma uygulamaları yapılarak, normal ortam ve soğuk depo olmak üzere iki depolama ortamında 28 günden daha fazla süre depolanmıştır. Araştırma sonucunda, fizyolojik ağırlık kaybının (PLW); tüm uygulamalarda normal atmosferde depolamaya kıyasla,

soğukta depolanan domateslerde daha az olduğu, sodyum metabisülfite daldırma (SMB 0,73) uygulamasındaki domateslerin ağırlık kaybının, en az olduğu ve bunun hem soğuk (0,31) hem de normal atmosfer (1,15) saklama koşulları altındaki diğer tüm uygulamalara göre önemli ölçüde daha düşük olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, pH miktarının depolama süresince hasat sonrası uygulamalar ile depolama koşulları arasında belirgin bir farklılık olmadığı, ayrıca SÇKM miktarının depolamanın yedinci gününde sodyum metabisülfite daldırma (SMB 4,14) uygulamasında, CaCl₂ (4,17) uygulaması ile birlikte en düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca yapılan çalışmada, kontrol meyvelerinin titre edilebilir asit miktarının 21 ve 28 günlük depolama süresince diğer uygulamalara göre oldukça düşük olduğu, buna karşın sodyum metabisülfite (SMB) daldırılan domateslerin askorbik asit içeriğinin depolamanın yedinci (31,4) ve ondördüncü (27,3) gününde önemli ölçüde daha yüksek olduğu kaydedilmiştir (Okolie ve Sanni, 2012).

Çalışma, pembe aşamada hasat edilmiş Marilee red (*Lycopersicon esculentum* Mill) kiraz domatesi meyvelerinin kalitesi üzerine depolama şartlarının etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemede, 5 dakika soğuk suya daldırma (kontrol), %2 CaCl₂'e daldırma, ve % 5 asetik asit çözeltisine daldırma şeklinde 3 hasat sonrası uygulama kullanılmış olup, uygulamadan sonra meyveler, ortam sıcaklığında (25 °C ± 2 sıcaklık ve %75 ± 5 oransal nem) ve soğuk (10 °C ± 2) ortamda depolanmıştır. Araştırmada, CaCl₂'ün en iyi uygulama olduğu, bunu kontrol ve asetik asit uygulamalarının izlediği; hasat sonrası çeşitli uygulama ve depolama koşullarına bağlı olarak kimyasal parametreler arasında önemli farklar gözlemlendiği belirlenmiştir. Çalışmada; ayrıca, CaCl₂ uygulanan meyvelerin askorbik asit ve likopen içeriği en yüksek bulunurken, ağırlık kaybı ve nem içeriğinin en düşük olduğu, asetik asit uygulanan meyvelerin ağırlık kaybı, titrasyon asitliği, nem içeriği yüksek bulunurken, SÇKM, likopen ve toplam şeker içeriğinin en düşük olduğu belirlenmiştir. Bunlara ek olarak hem ortam sıcaklığında hem de soğuk depoda saklanan kontrol meyvelerinin, SÇKM ve toplam şeker içeriğinin en yüksek olduğu, buna karşın titrasyon asitliği ve askorbik asit miktarının ise en düşük olduğu,; başlangıçta SÇKM ve asit içeriğinin hızlı bir şekilde arttığı, ancak tüm depolama uygulamalarında kademeli olarak azaldığı da tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda ise CaCl₂ uygulamasının depolama kaybının kontrol edilmesinde ve aynı zamanda

depolama sırasında ürünün kalitesinin korunmasında oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Gharezi ve diğ., 2012).

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) meyvelerinin kalitesi ve depolama özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için farklı konsantrasyonlarda CaCl_2 uygulanan meyveler MAP ortamında veya MAP olmadan depolanmıştır. Çalışma sonucunda CaCl_2 'ün etilen emici maddelere benzer özellik gösterdiği, dolayısıyla meyve eti sertliği, kalite ve raf ömrünü arttırarak, olgunlaşma hızını geciktirdiği; CaCl_2 uygulanmış ve delikli polietilen torbalarla paketlenmiş domateslerin, kalite özellikleri çok fazla etkilenmeden bir aydan fazla bir süre depolamaya uygun olduğu, %8'lik CaCl_2 uygulanıp delikli polietilen ile ambalajlanmış meyvelerin fizyokimyasal özellik kaybının kontrol grubuna göre istatistiki düzeyde önemli ($p<0,01$) oranda azaltıldığı tespit edilmiştir (Genanew, 2013).

1-MCP uygulamaları :

1-Metilsiklopropen (1-MCP); normal sıcaklık ve basınç şartları altında gaz olan ve uygulama yapılan üründe, etilen reseptörlerine bağlanarak, etilenin etkisini önlemekte ve dolayısıyla etilenin artışına bağlı olarak oluşacak biyokimyasal tepkimelerin hızını azaltmaktadır. 1-MCP; çok düşük konsantrasyonlarda aktif olup, reseptör ile etilene göre daha iyi uyum sağladığından oldukça etkili bir bileşiktir (Kasım ve Kasım, 2007). Dolayısı ile yaşlanma ile ilişkili olarak meydana gelen solunum hızı artışı, hücre zarı bozulması ve renk değişimini azaltmaktadır (Watkins, 2006). Bununla birlikte 1-MCP'in etkinliğinin; tür, çeşit ve depo türlerine bağlı olarak değiştiği de belirtilmiştir (Kasım ve Kasım, 2007). Ayrıca 1-MCP, etilen reseptörlerine geri dönüşümsüz olarak bağlanmasına ve etilen bağlanmasını önlemesine karşılık, meyve olgunlaşması sırasında yeni etilen reseptörleri oluşturulduğundan bu etkinin geçici olduğu ifade edilmiştir (Tassoni ve diğ., 2006).

Ozon uygulamaları :

Ozon, hem kuvvetli antimikrobiyel etkisi ile yüzey dezenfeksiyonunun sağlanması hem de etilenin etkisini azaltarak yaşlanmanın geciktirilmesi için kullanılan uygulamalardan birisidir (Aguayo ve diğ., 2006).

Yenilebilir kaplama uygulamaları :

Yenilebilir kaplamalar, ürünün yüzeyini kaplayan ve ürünle birlikte yenilebilen bileşikler olup, ürün üzerinde oluşturduğu modifiye atmosfer ile, hem meyve üzerinde mikroorganizma gelişiminin önlenmesinde, hem de yaşlanmasının geciktirilmesinde etkilidir (Vargas ve diğ., 2008; Baldwin ve diğ., 1995; Zhuang ve Huang, 2003). Yenilebilir kaplamalar; nişasta ve aljinat gibi karbonhidratlar, süttten, peynir altı suyu ve kazein, mısır ve buğday tohumlarından, zein ve gluten gibi proteinler, balmumu, karnauba ve kandelilla mumları ve yağ asitleri vb. gibi yağlardan oluşan doğal bileşikleri içermektedir (Beckles, 2012).

Domates meyvesinin arap sakızı ile kaplanmasının raf ömrünü ve hasat sonrası kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı denemede, arabik gam'ın %5, 10, 15 ve %20'lik sulu çözeltilerinin, domates meyvelerine yeni bir kaplama olarak uygulandıktan sonra, meyveler 20 °C sıcaklık ve % 80-90 oransal nemde 20 gün depolanmıştır. % 10 arap sakızı ile kaplanan meyvelerin ağırlık kaybı, sertlik, titrasyon asitliği, SÇKM miktarı, askorbik asit içeriği, çürüme yüzdesi ve renk gelişiminde kontrol meyvelerine göre önemli oranda ($p<0,05$) gecikme gösterdiği; duyusal değerlendirme sonuçlarına göre depolama süresi boyunca domates meyvesinin tüm kalitesini koruyan %10 arap zamkı kaplamasının etkinliğinin de kanıtlandığı belirtilmiştir. Ayrıca bu sonuçlar, %10 arap sakızının yenilebilir bir kaplama olarak kullanılmasıyla, olgunlaşma sürecinin geciktirilebileceğini ve 20°C'de ve kırılma aşamasında depolanan domateslerin depolama ömrünün herhangi bir bozulma olmadan 20 güne kadar uzatılabileceğini göstermiştir (Ali ve diğ., 2010).

Salkım domates (*Lycopersicon lycopersicum* L.) çeşidi 'Bandita' meyveleri kırmızı olgun aşamada hasat edilip, (1) kontrol (2) domates mumu (domates balmumu, %99 gıda sınıfı mineral yağ ve %1 sudan formüle edilmiş bir mumdur), (3) besin çözeltisi (%1 potasyum nitrat+%0,5 çinko sülfat+%1 kalsiyum klorür +%0,1 bor +%0,2 bakır sülfat+%0,5 askorbik asit +%0.1 salisilik asit) ve (4) bitkisel yağ (yüksek düzeyde antioksidan içeren fındık meyve zarından elde edilen doğal bir yağdır) uygulamaları için dört gruba ayrılmıştır. Araştırmada; uygulama sonrası domates salkımları, karton kutulara yerleştirilerek, 20 °C sıcaklıkta ve %90 ± 5 oransal nemde 16 gün depolanmıştır. Çalışma sonucunda; domates mumu uygulamasının, diğer

uygulamalara göre ağırlık kaybını sınırladığı ve meyve etinin sertliğini koruduğu, domates mumu, besin çözeltisi ve bitkisel yağ uygulamalarının, solunum oranını sınırladığı, besin çözeltisi uygulanan meyvelerin, etilen üretiminin diğer uygulamalardan önemli oranda yüksek olduğu ve bu uygulamayı bitkisel yağ, domates mumu ve kontrol uygulamalarının izlediği tespit edilmiştir. Araştırmada ek olarak, en yüksek renk değişimi kontrol grubunda bulunmuş, domates mumu uygulanan meyvelerin SÇKM miktarının en düşük olduğu, buna karşın asit düzeyinin en yüksek olduğu, ayrıca kontrol, bitkisel yağ ve besin çözeltisi uygulamalarındaki meyvelerin 8 günlük depolama sonrası pazarlanabilir kalitesini kaybettiği de belirlenmiştir (Dilmaçunal ve diğ., 2011).

Sıcak uygulamaları :

Soğuk depolanmadan önce; domates meyvesinin yüksek sıcaklığa (37-42 °C) maruz bırakılması, olgunlaşmayı geciktirebilmekte, patojen direncini artırabilmekte ve ayrıca üşüme zararının oluşumunu azaltmada kullanılmaktadır (Akbudak ve diğ., 2007; Lurie ve Klein, 1992; Lu ve diğ., 2010a, b).

Işınlama uygulamaları :

Işınlama; iyonize olmayan ve iyonize olarak ikiye ayrılmakta, iyonize radyasyon, yüksek frekansa sahip olup, temas ettiği materyalden iyonların kaybına neden olmaktadır. Işınlama, hasat edilen meyvelerde stres tepkisi oluşturabilmektedir. Bununla birlikte hormetik dozlarda meyve dokuları, tüketildiği zaman insan sağlığına yararlı olan antioksidanların üretilmesi gibi savunma mekanizmasını harekete geçirebilmektedir (Sharma, 2004). Işınlama; ayrıca kontaminasyon sonucu meyvedeki patojen kolonizasyonunu, böcek enfeksiyonunu, hasat sonrası hastalıkları minimize edebilmesinin yanısıra olgunlaşmayı da geciktirmektedir (Allende ve diğ., 2006; Bruhn ve diğ., 2009; Kader, 1986). Yaygın olarak kullanılan ışınlama uygulamaları; düşük frekanstan yüksek frekansa doğru sırasıyla ultraviyole radyasyon (UV-A, UV-B, UV-C), X ışınları ve gama ışınlarıdır.

Ultraviyole (UV) : UV iyonlaştırıcı değildir ve sık sık meyvenin hasat sonrası yönetimi için kullanılır. UV-C ile çok çalışma yapılmakla birlikte son zamanlarda UV-B araştırılmaya başlanmıştır.

UVC uygulamaları :

Ultraviyole-C (UVC, 254 nm) aydınlatması; meyve ve sebzelerde , çürümenin kontrol edilmesi ile meyve ve sebzelerin raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Liu ve diğ., 1993).

Farklı UV-C dozlarının (1,3 ila 40 kJ/m²) domates (*Lycopersicon esculentum*) meyvelerinin siyah küf (*Alternaria alternata*), gri küf (*Botrytis cinerea*) ve *Rhizopus* yumuşak çürüklüğüne (*Rhizopus stolonifer*) karşı direnç oluşturmadaki etkisinin araştırıldığı çalışmada; incelenen hastalıkların, meyvelere UV-C ışınlanması yapıldıktan sonra inoküle edildiğinde etkili bir şekilde azaltıldığı tespit edilmiş olup, UV-C uygulanan domateslerin kontrol grubuna göre daha sert yapıda olduğu, kırmızı rengin daha yavaş oluştuğu, dolayısıyla olgunlaşmanın geciktiği de belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, yavaş olgunlaşma ile depo çürüklüklerine karşı direncin önemli oranda ilişkili olduğu, UV-C'nin domatesler üzerindeki olumlu etkisi azaldı ve tedaviler artan olgunluk aşamalarında yapıldı (Liu ve diğ., 1993).

Depolama öncesi hormik dozda UV uygulanan yeşil olgun domates (cv. Trust) meyvelerinin kalitesi 13 °C sıcaklıkta 21 gün depolama boyunca araştırılmıştır. Çalışmada 13 °C sıcaklıkta depolama süresi boyunca, UV uygulanmış meyveler ile kontrol meyveleri arasında, suda çözünür kurumadde miktarı bakımından belirgin bir farklılık gözlenmediği; şeker içeriğinin de, UV uygulanmış meyvelerin şeker miktarının önemli bir düşüş gösterdiği, 21. gün hariç benzer bir eğilim gösterdiği gözlenmiştir. Araştırmada; meyvelerde sitrik asit olarak ifade edilen titre edilebilir asitliğin, sadece uygulamadan sonra 7. günde önemli bir fark göstermekle birlikte kontrol meyvesinden daha düşük olma eğilimi gösterdiği, buna karşın UV uygulanmış meyvelerin pH'sında 4. günden depolama periyodunun sonuna kadar önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Denemede; depolama süresinin sonunda rastgele 72 saat boyunca 20 °C'de tutulan; UV uygulanmış meyvelerin kontrol meyvesine göre orta derecede daha iyi bir yapıya ve tada sahip olmasına rağmen, genel görünüm ve renklerin, kontrol meyvesine göre önemli ölçüde daha zayıf olduğu da tespit edilmiştir (Charles ve diğ., 2005).

Aralıklı aydınlatma (PL) veya farklı dozlarda UV-C ışını (1-8 J/cm²) uygulanmış, olgunlaşmamış yeşil domatesler 20 ± 2 °C sıcaklıkta 21 gün süreyle depolanmıştır.

Çalışma sonucunda incelenen enerji dozlarında, tüm örneklerin pH ve °Brix'inin her iki ışık uygulaması ve saklama süresinden etkilenmediği; hem uygulama yapılmış hem de kontrol grubu meyvelerinin kabuk renginin, depolama sırasında yeşilden kırmızıya döndüğü ancak ışık uygulamalarının kayda değer bir etkisi olmadığı, bununla birlikte, kontrol ile karşılaştırıldığında ışık uygulanmış meyvelerin likopen, toplam karotenoid, fenolik bileşikler ve antioksidan aktivitesinin, sırasıyla, 6,2, 2,5, 1,3 ve 1,5 kat kadar arttığı belirlenmiştir (Pataro ve diğ., 2015).

UVC+LED uygulamaları :

Yeşil-olgun (kırılma dönemi) domateslere; hasattan sonra 21 gün süreyle, günlük olarak UV-C, kırmızı ışık ya da güneş ışığının kısa süreli yanıp-sönme şeklinde uygulandığı çalışmada domates eksokarpındaki likopen konsantrasyonunun 4 gün sonra arttığı ve UV-C veya kırmızı ışık uygulamalarının bu artışta oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, β -karoten konsantrasyonunun UV-C veya kırmızı ışık uygulamalarından etkilenmediği ancak güneş ışığı uygulanan örneklerde azaldığı belirtilmiştir. Araştırmada ayrıca renk (a^* ve b^* değerleri) ile domateslere nüfuz etmek için gerekli olan kuvvetin, ışık uygulamalarından az fakat önemli miktarda etkilendiği, fakat toplam suda çözünebilir kurumadde (SÇKM) miktarının depolama boyunca değişmediği de bulunmuştur (Liu ve diğ., 2009).

UVC+CaCl₂ uygulamaları :

Domates meyvelerine ultraviyole (UV)-C ve CaCl₂ uygulamalarının etkilerini değerlendirmek için yapılan çalışmada, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında hem UV-C ve hem de CaCl₂'nin domates meyve kalitesi üzerinde olumlu etkide bulunduğu, 3 ve 4,5 kJm⁻² UV-C ve %2 CaCl₂ seviyelerinin, kalite özellikleri üzerinde daha etkili olduğu bulunmuştur. Araştırmada ayrıca; kontrol grubuna göre, UV-C ve CaCl₂ uygulanan meyvelerin, fenol ve meyve eti sertliğinin daha yüksek, PME ve PG aktivitesi ile etilen üretiminin ve çürüme oranının daha az olduğu tespit edilmiştir (Mansourbahmani ve diğ., 2017).

UV-C+1-MCP uygulamaları :

Yeşil-olgun domates (*Solanum lycopersicum* L. cv Neang Pich) meyvelerine 13,6 kJ/m² UV-C veya 0,5 µL/ L 1-MCP ya da 13,6 kJ/m² UV-C ve 0,5 µL/L 1-MCP kombinasyonu uygulanarak, 20 °C sıcaklık ve %100 RH(Relative Humidity, Oransal nem)de, 0,1 µL/L etilen içeren ortamda depolandığı çalışmada, kontrol grubu meyvelerinin diğer tüm uygulama gruplarındaki meyvelere göre önemli ölçüde daha hızlı olgunlaştığı, UV-C ışığın tek başına uygulamasının, olgunlaşmayı kontrol meyvelerine kıyasla 5 güne kadar, ek olarak 1-MCP uygulamasının ise daha da geciktirdiği belirlenmiştir. Araştırmada, UV-C ve 1-MCP'in tek başına veya birlikte uygulanmasının depolama süresi boyunca etilen üretim oranını önemli ölçüde yavaşlattığı, ayrıca 1-MCP ve UV-C kombinasyonu uygulanan meyvelerin diğer uygulamalara göre daha sert olduğu ve bu meyvelerin toplam fenolik madde miktarının da daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, suda çözünür kurumadde/titre edilebilir asit oranı, klorofil miktarı likopen içeriği ve toplam antioksidan aktivitesinin ise yapılan uygulamalardan etkilenmediği de belirtilmiştir (Pristijono ve diğ., 2017).

UVC/MAP uygulamaları :

Olgun domatesin (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fiziko-kimyasal değişimleri üzerine ultraviyole-C (UV-C) ışık uygulaması ve modifiye atmosfer paketlemenin etkisinin araştırıldığı çalışmada domates meyveleri, UV- C ışığı, modifiye atmosfer (MA) paket ya da UV-C+MA uygulamasının ardından 0. günde ve ardından 10 °C sıcaklıkta depolandıktan 2 hafta sonra analiz edilmiştir. Denemede domates meyvelerinin; yüzey rengi, kütle kaybı, sertlik, solunum hızı, SÇKM ve antioksidan kapasiteleri incelenmiş olup, UV-C ve MA depolama uygulanan domateslerin, fizyokimyasal özelliklerinde çok az değişiklik göstermesinin, UV-C ve MA depolama kombinasyonunun, taze ürünün özelliklerini muhafaza etmede başarılı bir uygulama olduğu anlamına geldiği belirtilmiştir. Ayrıca araştırmada, UV-C uygulaması ile, domateslerin antioksidan kapasitesinin artmasının, hasat sonrası süreçte UV işleminin MA depolama ile başarılı bir şekilde birleştirilebildiğini gösterdiği ve besin değeri daha iyi olan bir ürün ortaya çıkardığı belirtilmiştir (Vunnam ve diğ., 2014).

UVC veya UVB uygulamaları :

Domates meyvelerinde; üşüme zararının önlenmesi için hasat öncesi UV-C veya UV-B ışınlanması ile ön uygulamaların potansiyel etkilerinin araştırıldığı çalışmada, yeşil-olgun domates meyvelerine 4 kJ/m² UV-C veya 20 kJ/m² UV-B ışınları uygulandıktan sonra 2 °C'de 20 gün, ardından 20 °C'de 10 gün depolanmıştır. Araştırmada UV uygulamalarının üşüme zararı indeksini azaltmada ve etilen pikini geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, UV ışınlanmasının, 20 °C sıcaklıkta depolama sırasında; ağırlık kaybının azaltılması, sertliğin daha iyi korunması ve suda çözümlenen toplam kurumadde, çözümlenen protein ve çözümlenen şeker miktarını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca UV-C ışınlanmasının, 20 °C'de 10 gün depolamadan sonra kırmızı rengin gelişmesini önemli ölçüde geciktirdiği de belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca; UV ışınlanmasının, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasiteyi azaltmak suretiyle, düşük sıcaklığa karşı stres tepkisini azaltabileceğinin düşünüldüğü de ifade edilmiştir (Liu ve Jahangir, 2012).

UVB uygulamaları :

Hasat sonrası ultraviyole-B (UV-B) uygulamasının; farklı olgunluk aşamasında hasat edilen domates meyvelerinin şeker, suda çözümlenen toplam kurumadde miktarı ve meyve rengi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, kırılma dönemi, pembe ve kırmızı olum aşamasında hasat edilen domateslere UVB4 (0,564 kJ/m²) ve UVB8 (1,128 kJ/m²) olmak üzere iki farklı UV-B dozu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, UV-B uygulanan domateslerin L* ve hue açısı renk değerlerinin yüksek olduğu; UVB4 uygulamasının, pembe ve kırmızı dönemde hasat edilen a* renk değeri ve doygunluk indeksini arttırdığı ancak dönüşüm döneminde hasat edilen domateslerde etkili olmadığı belirlenmiştir. Ek olarak çalışmada; UV-B uygulama dozlarının domateslerin sakaroz içeriği üzerinde hiçbir etkisi olmamakla birlikte, kırmızı hasat döneminde hasat edilen ve UVB8 uygulanan domateslerin fruktoz, glukoz ve TSS içeriği yüksek bulunduğu belirtilmiştir (Kasım ve Kasım, 2015).

Gama ve X-ışınları :

Bunlar; düzgün kalibre edilmediğinde (El-Assi ve diğ., 1997) meyve kalitesine daha kolay zarar verebilen, ancak parazitik mikropları, mantarları ve böcekleri öldürmede özellikle etkili olan daha yüksek frekans dalga boylarıdır (Sharma, 2004).

Domatesler, 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0 ve 4,0 kGy'lik gama radyasyonu uygulamalarının ardından oda sıcaklığı (sıcaklık $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ve soğuk depolama (sıcaklık $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$) şartları altında çürümenin kontrolü için optimum dozun belirlenmesini amacıyla incelenmiştir. Çalışmada 0,75-1,0 kGy gama ışınlamasının çürümenin azaltılmasında ve domateslerin raf ömrünün uzatılmasında etkili olduğu; hem ortam hem de soğutulmuş koşullar altında domateslerin mikrobiyel yükünde ve çürümesinde önemli bir düşüşe sebep olduğu tespit edilmiştir. Bunların yanısıra 0,75-1,0 kGy arasındaki radyasyon dozlarının; pektin, titrasyon asitliği, pH, antosiyanin içeriği ve duyuşsal özellikler gibi domateslerin kalite parametreleri üzerinde etkili olmadığı belirlenmiştir (Sing ve diğ., 2016).

Gama ışınları+CaCl₂ uygulamaları :

Domates meyvelerinin muhafazası üzerine gama ışını ve CaCl₂ ile kaplama uygulamasının etkilerinin araştırıldığı çalışmada, meyvelere 0, 1, 2, 3 ve 4 kGy dozlarında gamma radyasyonu veya 0, 1,00, 1,50, 2,00 ve %2,50 konsantrasyonlarında CaCl₂ uygulanmış, ardından domatesler $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklarda saklanmıştır. Çalışmada; 4 kGy dozundaki gama radyasyonunun, domatesin raf ömrünü, $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ve $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ saklama sıcaklıkları için kontrol grubuna göre sırasıyla 5 ve 9 gün uzattığı, benzer şekilde CaCl₂'nin %2,5 dozunun da kontrole göre 11 ve 18 gün raf ömrünün uzamasına yol açtığı tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada domateslerin raf ömrünün hem CaCl₂ hem de gama radyasyonunun artan dozları ile arttığı da belirtilmiştir. Çalışmada, ağırlık kaybının; kontrol meyveleri ile gamma radyasyonu veya CaCl₂ uygulanıp, $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta saklanan meyvelerde, aynı uygulamalar yapıldıktan sonra $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de saklanan meyvelerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Denemede 1 ve 2 kGy dozlarında gama radyasyonu uygulanan domates meyveleri ile kontrol grubundaki meyvelerin her iki depolama sıcaklığında da depolama süresinin ilerlemesine paralel olarak toplam titre edilebilir asit (TEA) miktarı azalırken, pH ve suda çözünür toplam kurumadde (SÇKM) miktarının ters

orantılı olarak arttığı, buna karşılık %1,0 dozunda CaCl_2 uygulamasının pH ve TEA üzerinde çok az etkisi olduğu bulunmuştur. Çalışmada; yapılan uygulamaların domatesin mineral madde, vitamin ve renk maddeleri içeriği üzerine etkileri incelendiğinde ise; CaCl_2 uygulamasının meyvelerin C vitamini ve likopen miktarını gama radyasyon uygulaması ve kontrole göre daha fazla koruduğu, ayrıca bu etkinin düşük sıcaklıkta depolanan meyvelerde daha belirgin olduğu ifade edilmiştir. Bunların dışında gama radyasyonunun tüm uygulama dozlarında meyvenin Na ve K konsantrasyonunu artırırken, CaCl_2 uygulamasının aynı elementlerin miktarını önemli ölçüde azalttığı; 10 ± 1 °C sıcaklıkta depolamanın; meyvelerin Zn, Cu ve Mn içeriğini tüm uygulamalarda önemli oranda azalttığı da belirtilmiştir. Araştırmacılar, her iki uygulamanın domates meyvelerinin mikrobiyal yükünü her iki sıcaklık derecesinde de azalttığını, bu azalmanın artan ışınlama dozu ve CaCl_2 konsantrasyonu ile orantılı olduğunu; bununla birlikte, CaCl_2 'ün her iki depolama sıcaklığında da gama ışınlamasına kıyasla toplam aerobik mezofillerin yanı sıra küf ve maya büyümesini önemli ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir (Gyimah, 2013).

LED aydınlatma teknolojisi :

Sarı (590 nm) LED (ışık yayan diyot) aydınlatmanın; elma, domates ve kırmızı dolmalık biberlerde bazı biyoaktif bileşiklerin birikimi ve miktarının artırılması amacıyla yapılan çalışmada; 7 gün süreyle yapılan LED aydınlatmadan sonra, elma kabuğu ekstraktlarında toplam fenolik madde ve antioksidan miktarının önemli oranda arttığı belirlenmiştir. Ayrıca ışınlanmış domates meyvelerinde, toplam fenolik bileşiklerin ve kırmızı dolmalık biber meyvelerinde ise antioksidan potansiyelin önemli ölçüde arttığı da saptanmıştır. Ek olarak LED ışığın renk parametreleri üzerinde hiçbir etkisi olmamasına karşın, renk oluşumunu hızlandırma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Bunun dışında LED ışığı uygulanan elma meyvelerinde önemli ölçüde yumuşama olduğu; elma ve dolmalık biber meyvesinde, β -karoten miktarının arttığı; dolma biberlerde α -tokoferol ve γ -tokoferol; elma kabuğu ve dolmalık biber meyvesinde luteinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. LED aydınlatma çalışılan meyvenin olgunlaşmasını hızlandırdığı ve bazı ikincil metabolitlerin sentezini etkilediği bulunmuştur (Kokalj ve diğ., 2016).

Domateste karanlıkta muhafaza önce mavi LED ışığın uygulanması domateslerin olgunlaşma süresini uzattığı bulunmuştur. 7 gün boyunca mavi ışıkla (440-450 nm) ışınlanmış yeşil-olgun domateslerde renk değişim hızının karanlıkta saklananlar veya kırmızı ışıkla (650-660 nm) ışınlanmış olanlara kıyasla daha yavaş olduğu ve bu domateslerin daha sert olduğu, buna karşılık, mavi ışık ışınlamasına tepki olarak meyvenin likopen birikiminin azaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle; mavi LED uygulamasının, domateslerin olgunlaşmasını geciktirmek için uygun bir yol olduğu ve böylece hasat sonrası ticari değerinin uzatılabileceği de gösterilmiştir (Gupta, 2017).

Yeşil dönemde (%100 yeşil) hasat edilen domates meyvelerinin hasat sonrası kalitesi üzerine sürekli kırmızı LED ışık ve günlük olarak ultraviyole (UV) ışık ile kısmi aydınlatma periyotlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmada; domates meyvelerine, 20 gün süreyle, günlük 30 dakika UV radyasyonu, sürekli olarak kırmızı LED ışığı veya her ikisinin bir kombinasyonu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, ışık uygulanmamış (kontrol) meyveleri 15 gün içinde olgunlaşırken; kırmızı LED ışığı veya kırmızı LED ile birlikte UV aydınlatması yapılan meyvelerin aynı olgunluk seviyesine beş gün daha erken ulaştığı belirlenmiştir. Buna ek olarak çalışmada, UV ile kırmızı ışığın tek başına veya UV ışık ile birlikte uygulanmasının likopen, beta-karoten, toplam flavonoid ve fenolik madde miktarını arttırdığı da tespit edilmiştir (Panjai ve diğ., 2017).

Kiraz domateslerinin muhafazası üzerine LED aydınlatma teknolojisinin etkilerinin araştırıldığı çalışmada; yeşil-olgun (kırılma aşaması) aşamada hasat edilen kiraz domatesi (*Lycopersicon esculentum* Mill.) meyveleri 4 °C sıcaklıkta 20 gün süreyle sürekli olarak kırmızı ve mavi LED ışık ile aydınlatılmış, kontrol grubu ise karanlık şartlarda depolanmıştır. Araştırmada domateslerin duyu kalite değerlerinin depolama döneminin başlarında, tüm uygulamalarda yüksek düzeyde korunduğu, 10 gün depolamanın ardından kırmızı ve mavi LED ışık uygulanan meyvelerin rengi sarı ve kırmızıya dönüşmeye başladığı, bu örneklerin duyu kalitesinin kontrol uygulamasına göre daha iyi ($p<0,05$) olduğu, kırmızı LED ışığın, mavi LED ışığa göre daha etkili olduğu bulunmuştur. Çalışmanın 20. gününde; kontrol grubundaki kiraz domateslerinin, şiddetli şekilde yumuşadığı, kabukta belirgin kara benekler ve mantar çürüme lekeleri şeklinde kalite kayıplarının ortaya çıktığı, kırmızı ve mavi

LED ışık uygulanan domateslerin duyusal kalitesinin daha iyi ($p<0,05$) olduğu belirtilmiştir. Araştırmada; mavi LED ışık uygulamasının, depolama süresince C vitamini miktarının azalmasını engellediği, kırmızı LED ışık uygulanan kiraz domateslerinin C vitamini miktarının ise kontrolden daha düşük bulunduğu tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak kırmızı ve mavi LED ışık uygulamalarının depolamanın erken dönemlerinde indirgen şeker ve toplam çözünebilir şekerin birikimine yol açtığı; indirgen ve SÇKM miktarının 10. günde en yüksek seviyeye ulaştığı buna karşın indirgen şeker ve toplam çözünebilir şeker miktarının 10. ve 20. gün arasında kademeli olarak azalırken, kırmızı ve mavi LED ışık uygulanan domateslerde tüm depolama süresince kontrol grubundan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kırmızı ve mavi LED ışık uygulamalarının; kiraz domatesindeki SÇKM ve titre edilebilir asit içeriğinin azalmasını önemli ölçüde geciktirebildiği, bu açıdan kırmızı LED ışığın etkisinin, mavi LED ışıktan daha fazla olduğu, kırmızı LED ışık uygulamasının, 20. günde likopen miktarında önemli oranda artışlara yol açarken, mavi LED ışık ve kontrol grubu arasında depolama süresince anlamlı bir farklılık olmadığı da tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda; kontrol uygulamasına göre kırmızı ve mavi LED ışık uygulamasının 4 °C sıcaklıkta kiraz domatesinin duyusal ve besleyici kalitesini kontrol etmek, olgunlaşma sürecini tamamlamak ve normal hasat sonrası fizyolojik metabolizmayı korumak açısından yararlı olduğu ve kırmızı LED ışık uygulamasının uygulamalar arasında en iyi etkiyi gösterdiği ifade edilmiştir (Lei ve diğ., 2016).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Bitkisel materyal

Bu çalışmada materyal olarak *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Zahide F1 çeşidi kullanılmıştır. Zahide F1 çeşidi Kocaeli ili İzmit ilçesi, Bayraktar köyündeki Bakiye ÖZ isimli bir üreticinin serasından alınmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Araştırmada kullanılan domateslerin temin edildiği sera

Söz konusu seranın koordinatları; $30^{\circ}4'41,97''$ enlem ve $40^{\circ}47'9,68''$ boylamında olup, 16×50 m ölçülerinde 2'li blok seradır. Seraya domates fideleri; 60×50 sıra arası x sıra üzeri mesafede ve 90 cm yürüyüş mesafesinde, 15 Nisan 2017 tarihinde dikilmiştir. Denemede kullanılan domates meyveleri; kırılma (breaker) döneminde (yüzeyin en fazla %10'unda pembe veya kırmızı rengin hakim olduğu dönemde) 11 Temmuz 2017 tarihinde saat 11:00'da hasat edilip kasalara tek sıra halinde dizilmiş olarak saat 12:00'da Kocaeli Üniversitesi Arslanbey Meslek Yüksekokulu laboratuvarına getirilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Domates meyvelerinin hasat sırasındaki görünümü

2.1.2. LED (Işık yayan diyot) aydınlatma düzeneği

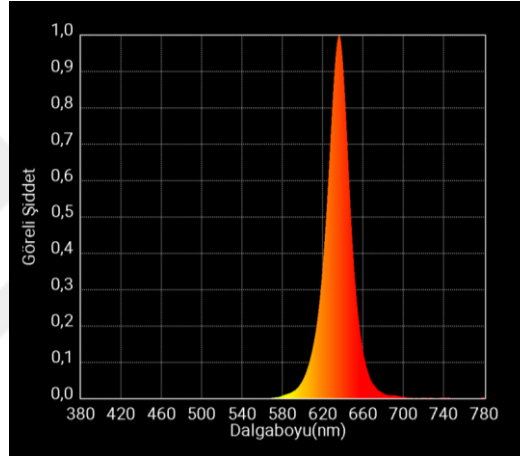
Kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz olmak üzere dört farklı LED düzeneği hazırlanmıştır. Düzenekler; 1m x 1m x 80cm boyutlarında ahşap iskelet üzerine her bir ışık için 5 m LED şerit monte edilerek kurulmuştur. Domateslerle LED lambalar arasındaki mesafe 40 cm'dir. Düzeneğin etrafı çevreden gelebilecek ışıkları önlemek amacıyla siyah polietilen ile kapatılmıştır (Kasım ve Kasım, 2017). Tamamen karanlık şartlarda depolanan domatesler ise kontrol olarak değerlendirilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Karanlık şartlarda depolanan kontrol grubu domatesler

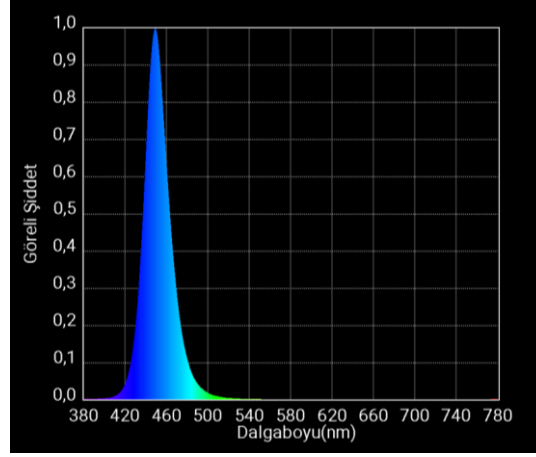
2.1.3. LED uygulamaları

KR : Domates meyveleri ambalajlandıktan sonra, soğuk hava deposu içerisinde hazırlanmış bulunan kırmızı LED aydınlatma düzeneği altına yerleştirilmiş ve depolama süresince sürekli olarak aydınlatılmıştır. LED ışıkların dalga boyları ve özellikleri Asensetek Lighting Passport Essence cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan kırmızı LED (600-700 nm) ışık kaynağının PPF (fotosentetik foton akış yoğunluğu) değeri 2,0256 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$; YPF (fotosentetik foton akış yoğunluğu verimi) değeri ise 1,9631 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ olup, bu kaynağın oluşturduğu kırmızı ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu ise Şekil 2.4'te görülmektedir.



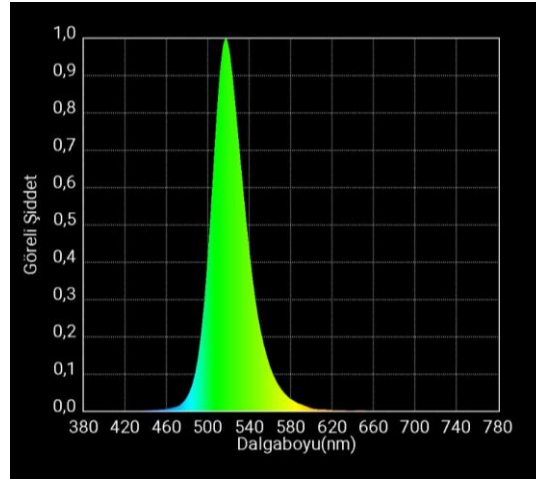
Şekil 2.4. Domates meyvelerine uygulanan kırmızı LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu

M : Domates meyveleri ambalajlandıktan sonra, soğuk hava deposu içerisinde hazırlanmış bulunan mavi LED aydınlatma düzeneği altına yerleştirilmiş ve depolama süresince sürekli olarak aydınlatılmıştır. Kullanılan mavi LED (400-499 nm) ışık kaynağının PPF değeri 6,8933 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$; YPF değeri ise 5,0702 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ olup, bu kaynağın oluşturduğu mavi ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu ise Şekil 2.5'te görülmektedir.



Şekil 2.5. Domates meyvelerine uygulanan mavi LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu

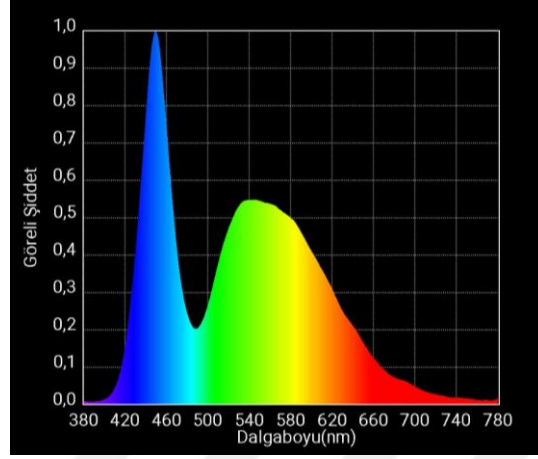
Y : Domates meyveleri ambalajlandıktan sonra, soğuk hava deposu içerisinde hazırlanmış bulunan yeşil LED aydınlatma düzeneği altına yerleştirilmiş ve depolama süresince sürekli olarak aydınlatılmıştır. Kullanılan yeşil LED (518 nm) ışık kaynağının PPFd değeri $3,6520 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$; YPFd değeri ise $2,8058 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ olup, bu kaynağın oluşturduğu yeşil ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu ise Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Domates meyvelerine uygulanan yeşil LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu

B : Domates meyveleri ambalajlandıktan sonra, soğuk hava deposu içerisinde hazırlanmış bulunan beyaz LED aydınlatma düzeneği altına yerleştirilmiş ve depolama süresince sürekli olarak aydınlatılmıştır. Kullanılan beyaz LED (449 nm)

ışık kaynağının PPFd değeri 6,7503 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$; YPFd değeri ise 5,5264 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ olup, bu kaynağın oluşturduğu yeşil ışık dalga boyu ve nispi yoğunluğu ise Şekil 2.7' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Domates meyvelerine uygulanan beyaz LED ışığın dalga boyu ve nispi yoğunluğu

2.1.4. Ambalajlama ve depolama şartları

Denemede; domatesler, 500 g'lık sarı renkli köpük tabaklara her bir tabakta 3'er adet domates olacak şekilde konularak, üzerleri streç film ile kapatılmıştır. Ambalajlanan domates meyveleri 4 ± 1 °C sıcaklık ve % 85-90 oransal nem içeren soğuk depo odasına yerleştirilmiş ve 42 gün süreyle depolanmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Ambalajlanan domateslerin görüntüsü

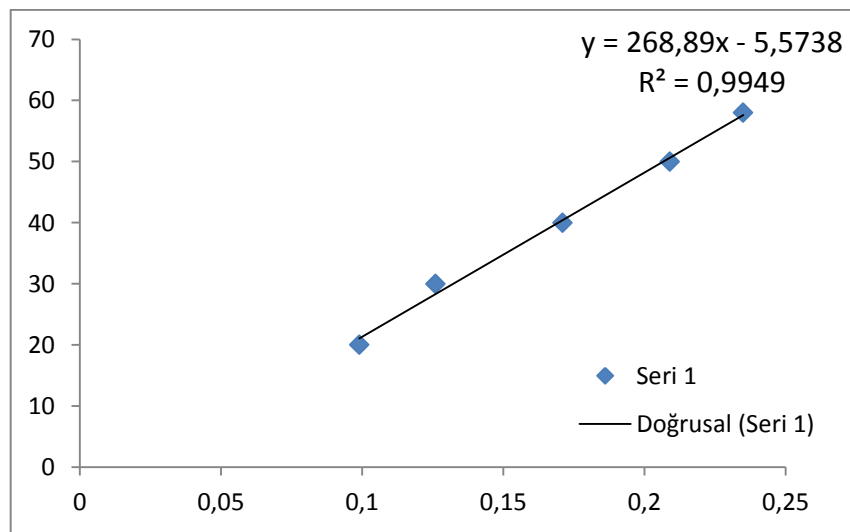
2.2. Yöntem

Araştırmada, denemenin başlangıcında ve 1'er haftalık sürelerle depodan çıkarılan domates meyvelerinde aşağıda belirtilen ölçüm ve analizler yapılmıştır.

2.2.1. Toplam çözümler fenol miktarı (TÇF, mg/100 mL KAE)

Domates meyvelerinde toplam çözümler fenol miktarının belirlenmesi için Gonzalez-Aguilar ve diğ., (2005)'nin kullandığı yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Yöntemde, 150 µL meyve suyu örneği alınarak üzerine 2400 µL saf su ile 150 µL folin-ciocaltaeu (1:10) çözeltisi eklenmiş ve 30-40 saniye çalkalandıktan sonra 2-4 dakika bekletilmiştir. Ardından, elde edilen çözelti üzerine 300 µL sodyum karbonat (Na_2CO_3 , 1 N) eklenmiş, oda sıcaklığında (20 °C) karanlık şartlarda 2 saat bekletildikten sonra, örnek okuması spektrofotometre kullanılarak ve 725 nm dalga boyunda yapılmıştır.

Standart kurvenin hazırlanışı: Standart kurvenin hazırlanmasında fenolik bir bileşik olan kafeik asit standardı kullanılmıştır. Kafeik asitin metanolla farklı konsantrasyonlarda (20-60 mg/L) çözeltisi hazırlanıp, absorbansları okunmuştur. Ardından konsantrasyona karşı absorbans eğrisi çizilmiştir. Çizilen eğriye göre domateslerde bulunan toplam çözümler fenol miktarı kafeik asit eşdeğeri (KAE, mg/100 mL) olarak hesaplanmıştır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Toplam çözümler fenol standart kurvesi

2.2.2. Renk ölçümleri

Renk ölçümleri; her tekerrürü temsilen alınan 3 adet domates meyvesinin, 3 farklı noktastndan, renk ölçer cihazı (Minolta CR 400 Chroma; Minolta Co., Osaka, Japan) kullanılarak ve D65 aydınlatması ile yapılmıştır. Meyve renginin ifade edilmesinde L^* , a^* , b^* renk alanı koordinatları (CIELAB) kullanılmıştır. Renk ölçer, ölçüm başlangıcında cihazın beyaz standart kalibrasyon plakası ($L^*=97,52$; $a^*=-5,06$; $b^*=3,57$) ile kalibre edilmiştir (McGuire, 1992; Lancaster ve diğ., 1997). Ayrıca elde edilen veriler kullanılarak; hue açısı, $a>0$ ve $b>0$ olduğundan $h^o = \arctan(b^*/a^*)$ Kasım ve Kasım (2016) formülüne göre, kırmızılık indeksi Hobson (1987) formülüne göre hesaplanmıştır;

$$KI = \frac{2000 \times a}{\sqrt{L(a^2 + b^2)}} \quad (2.1)$$

Sarılık indeksi ise (Hirschler, 2012) formülüne göre hesaplanmıştır;

$$SI = \frac{142,86 \times b^*}{L^*} \quad (2.2)$$

2.2.3. Suda çözünür toplam kurumadde (SÇKM) miktarı

SÇKM miktarının belirlenmesi için, domateslerin suyu çıkarılarak Atago DR-A1 dijital refraktometre (Atago Co. Ltd. Japan) ile ölçülmüş ve % olarak ifade edilmiştir (Kasım ve Kasım, 2017).

2.2.4. Şeker ölçümleri (Fruktoz, glikoz ve sakkaroz miktarı %)

Her uygulamadaki her tekerrürden alınan domates meyvelerinden 3 g alınmış, üzerine 10 mL saf su konulduktan sonra homojenize edilmiş ve Whatman No.1 filtre kağıdı kullanılarak süzölmüştür. Süzölen örnekler enjektör filtresinden (Nylon 66,25 µm) geçirildikten sonra yüksek basınçlı sıvı kromatografi (HPLC, Agilent, HP 1260, Hewlett Packard, CA/USA) cihazına (Şekil 2.10.) enjekte edilmiştir (Kasım ve Kasım, 2015). Çalışmada kullanılan HPLC şartları aşağıda verilmiştir.

Kolon : Zorbax Karbonhidrat kolonu, 4,6 mm ID × 150 mm (5 µL);

Mobil faz : Asetonitril:su (75:25)

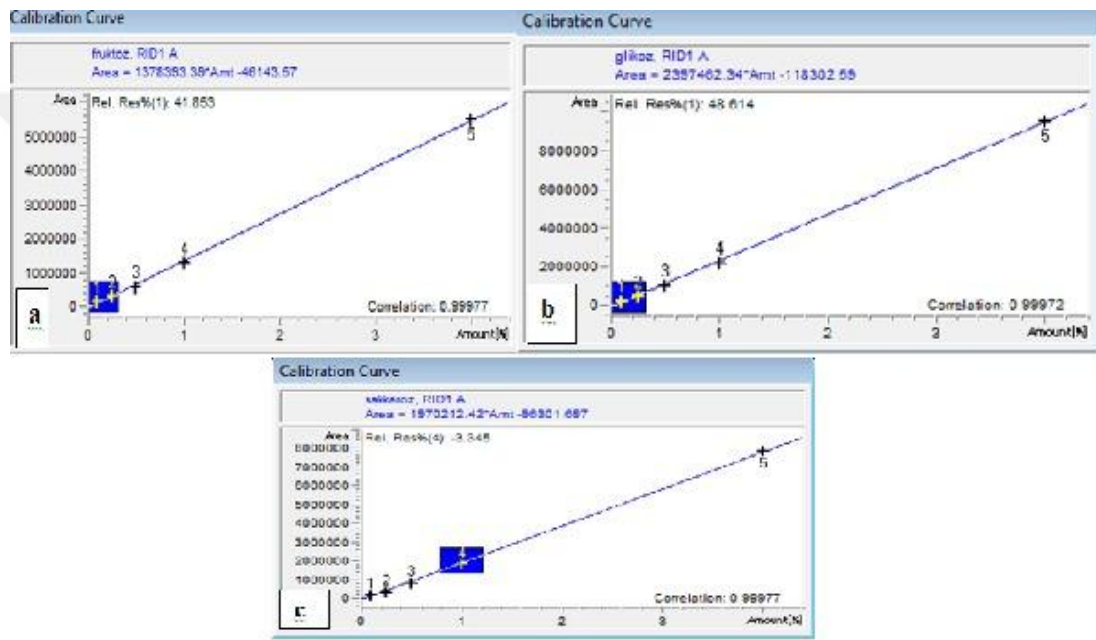
Akış hızı : 1,4 mL/dakika.

Kolon sıcaklığı : ortam sıcaklığı

Dedektör sıcaklığı : 35°C,

Dedektör : B HP110 RID (Refraktif indeks dedektörü)

Domates meyvelerinde bulunan glikoz, fruktoz ve sakkaroz miktarlarının hesaplanması için 5 farklı konsantrasyonda standart çözelti hazırlanmış olup, bu çözeltilerden elde edilen standart kurve kullanılarak miktar tayini (%) yapılmıştır.



Şekil 2.10. Glikoz, fruktoz ve sakkaroz standart kurveleri

2.2.5. Titrasyon asitliği (TA, %)

Domates meyvelerinin suyu sıkılıp, süzülükten sonra 10 mL meyve suyu alınarak, 100 mL beher içerisine konulmuş ve üzerine 20 mL saf su eklenmiştir. Elde edilen çözelti pH metrede 0,1 N NaOH'a karşı titre edilerek, kullanılan NaOH miktarı üzerinden titrasyon asitliği aşağıda verilen denkleme göre ve malik asit cinsinden hesaplanmıştır;

$$TA = \frac{S \times N \times F \times E}{C} \times 100 \quad (2.3)$$

Formülde;

TA : Malik asit miktarı, g/100 mL meyve suyu

S : Kullanılan sodyum hidroksit miktarı, mL

N : Kullanılan sodyum hidroksitin normalitesi

F : Kullanılan sodyum hidroksit faktörü

C : Alınan örnek miktarı, mL

E : Kullanılan malik asitin equivalent değeri ifade etmektedir (Karaçalı, 2006).

2.2.6. Meyve eti sertliği (N)

Denemede; domates meyvelerinin meyve eti sertliği, meyvenin ekvatorial bölgesinden ve birbirinden 120°'lik açı uzaklığındaki üç farklı noktadan dijital penetrometre kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümlerde cihazın 7,9 mm konik çaplı ucu kullanılmış ve meyve eti direnci (N) cinsinden tespit edilmiştir.



Şekil 2.11. Penetrometre

2.2.7. Elektrolit sızıntısı

Elektrolit sızıntısının ölçülebilmesi için; her uygulamayı temsilen her tekrardan alınan 3 meyve, yaklaşık 1'er cm küpler şeklinde kesilmiş ve 180 mL'lik PET bardaklar içerisine yerleştirilmiştir. Ardından meyvelerin üzerine 50 mL destile su konulup iki kez yıkanmış ve 50 mL su daha eklenip, iki saat süreyle inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda elde edilen çözeltinin elektriksel iletkenliği (EC) ölçülüp, örnekler derin dondurucuda -18 °C'de dondurulmuştur. Derin dondurucudan çıkarılan örnekler çözünmeye bırakılmış, çözelti sıcaklığı yaklaşık 18 °C sıcaklığa

ulaştığında tekrar EC ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde WTW İnoLab cond 720 marka elektriksel iletkenlik ölçüm cihazı (EC meter) kullanılmıştır. Domates meyvelerinin elektrolit sızıntısı miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Kasım ve Kasım, 2016);

$$ES = \frac{BD}{SD} \times 100$$

Formülde;

ES : Elektrolit sızıntısı (%)

BD : Başlangıç EC değeri

SD : Örnekler dondurulup, çözüldükten sonraki EC değeri

2.2.8. Ağırlık kaybı (%)

Araştırmada; ağırlık kayıpları için her uygulama için 3 tekerrür (her tekerrürde 3 meyve olacak şekilde) ayrılmış, her analiz döneminde bu örnekler depodan alınarak ağırlık ölçümleri yapılmış ve ölçümün hemen ardından tekrar depoya yerleştirilmiştir. Ölçümler, deneme başlangıcında ve her analiz döneminde yapılmış olup ağırlık kayıpları başlangıç değerine oranlanmak suretiyle aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır;

$$AK = \frac{\text{Başlangıç ağırlığı} - \text{Analiz dönemindeki ağırlık}}{\text{Başlangıç ağırlığı}} \times 100 \quad (2.5)$$

2.2.9. Çürüme oranı (%)

Domates meyvelerinin çürüme oranı; her analiz döneminde tüm uygulamalardaki domatesler incelenerek, çürüme gösterenler veya enfeksiyonlu olan tespit edilmiş ve toplam meyve miktarına oranlanarak, (%) olarak hesaplanmıştır.

2.2.10. Deneme deseni

Çalışmada; domates meyvelerine kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz LED ışık uygulanmış olup, deneme, 3 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 3 meyve olacak şekilde kurulmuş, yürütülmüş ve değerlendirilmiştir. Araştırmada elde edilen veriler SPSS 16 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar

arasındaki farklılıklar da aynı programla % 5 hata sınırları içerisinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak analiz edilmiştir.



3. SONUÇLAR

3.1. Toplam Çözünür Fenol Miktarı (TÇF, mg/100 mL KAE)

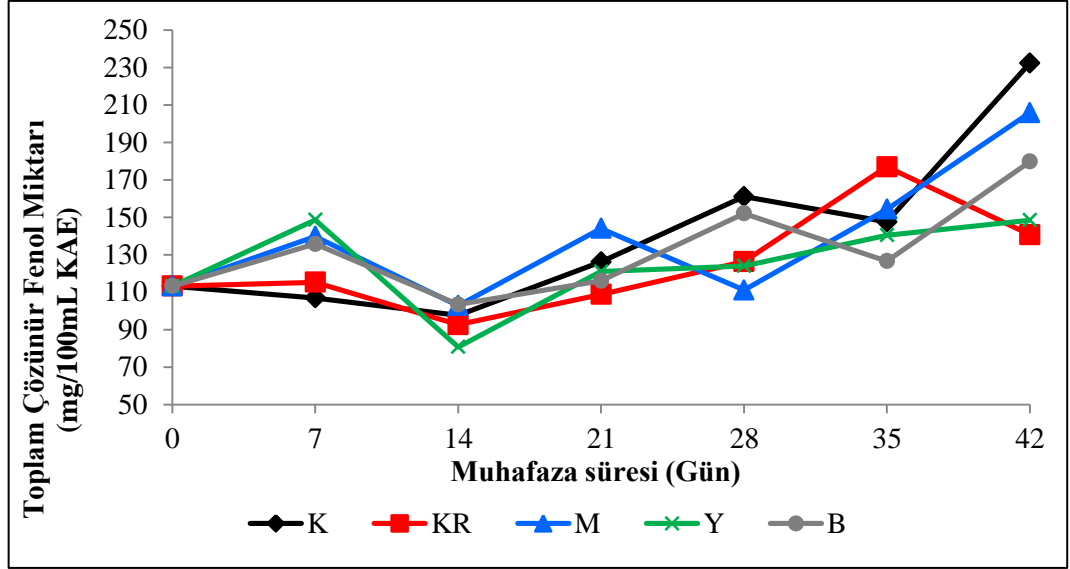
Araştırmada farklı renkte LED aydınlatma uygulanmış Zahide domates çeşidinin muhafaza süresince toplam çözünür fenol miktarları Tablo 3.1. ve TÇF miktarında meydana gelen değişimler Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Buna göre genel olarak TÇF miktarı uygulamalarda depolama süresince artış göstermiştir (Şekil 3.1). Bununla birlikte; en fazla TÇF kontrol grubunda (140,70) ölçülürken, bunu sırasıyla M (138,74 mg/100mL KAE); B (138,74 mg/100mL KAE); Y (125,25 mg/100mL KAE) ve KR (124,86 mg/100mL KAE) uygulamalarının izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca, K uygulaması ile KR ve Y uygulamaları arasındaki farklılığın istatistiki düzeyde önemli olduğu ($p<0,05$); ancak M ve B uygulamaları ile arasında ise önemli bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir.

Depolama günleri açısından ise en yüksek toplam fenol ölçümü, 42. günde (181,45 mg/100mL KAE) ölçülmüş olup bu değer ile diğer tüm depolama süreleri arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu saptanmıştır.

Tablo 3.1. Farklı renklere LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde toplam çözünür fenol(mg/100mL KAE) miktarları

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	113,28	106,91	97,59	126,18	161,05	147,51	232,39	140,70 a
KR	113,28	115,34	92,66	108,79	126,36	176,91	140,70	124,86 b
M	113,28	139,81	102,79	144,20	111,13	154,33	205,86	138,74 ab
Y	113,28	148,68	80,74	121,07	124,03	140,43	148,50	125,25 b
B	113,28	135,77	103,42	116,05	152,09	126,63	179,78	132,43 ab
Süre Ort.	113,28 d	129,30 cd	95,44 e	123,23 cd	134,93 bc	149,16 b	181,45 a	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.1. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde toplam çözünür fenol miktarında meydana gelen değişimler

3.2. Renk Ölçümleri

Denemede; farklı renklerde LED aydınlatma uygulanmış, Zahide çeşidi domates meyvelerinin renk ölçümleri; L^* : Açıklık-koyuluk (parlaklık) eksenini, a^* : Kırmızı-yeşil eksenini, b^* : Sarı-mavi eksenini değerleri ölçülmüş, hem bu değerlerde hem de bu değerlerden elde edilen verilerle hesaplanan hue açısı (h°), kırmızılık ve sarılık değerlerinde meydana gelen değişimler aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. L^* renk değeri

Yapılan çalışmada genel olarak L^* renk değerinin tüm uygulamalarda depolama süresince azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 3.2). Bununla birlikte en yüksek L^* renk değeri K uygulamasında (51,85) ölçülürken, en düşük değerin Y uygulamasında (50,48) olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.2). Ayrıca K uygulaması ile diğer dört uygulama arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olduğu ($p < 0,05$) buna karşın diğer uygulamalar arasında L^* renk değeri açısından istatistiksel bir fark bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0,05$).

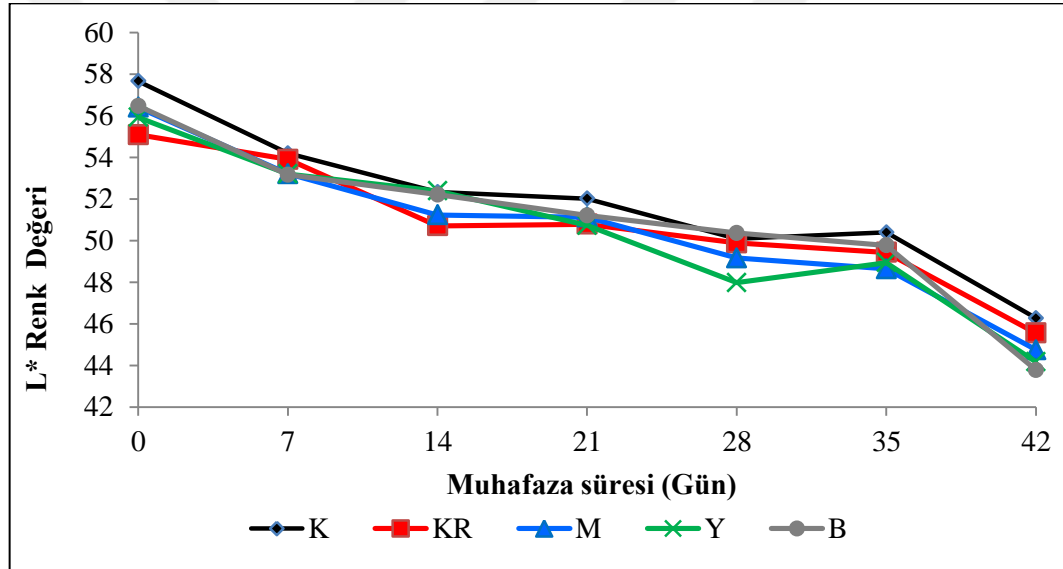
Depolama süresinin L^* renk değeri üzerine etkisi incelendiğinde ise, 0. günde en yüksek olan L^* değerinin (56,31), depolama süresi arttıkça sistematik olarak azaldığı ve denemenin sonunda 42. günde en düşük değere (44,9020) ulaştığı, bu açıdan 0.

gün ile diğer günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

Tablo 3.2. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde L^* renk değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	57,66	54,20	52,33	52,02	50,09	50,40	46,27	51,85 a
KR	55,09	53,90	50,71	50,79	49,89	49,43	45,55	50,77 b
M	56,41	53,21	51,23	51,12	49,17	48,64	44,75	50,65 b
Y	55,93	53,20	52,39	50,73	47,98	48,94	44,17	50,48 b
B	56,47	53,16	52,21	51,21	50,37	49,77	43,78	51,00 b
Süre Ort.	56,31 a	53,53 b	51,78 c	51,17 c	49,50 d	49,44 d	44,90 e	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.2. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde L^* renk değerinde meydana gelen değişimler

3.2.2. a^* renk değeri

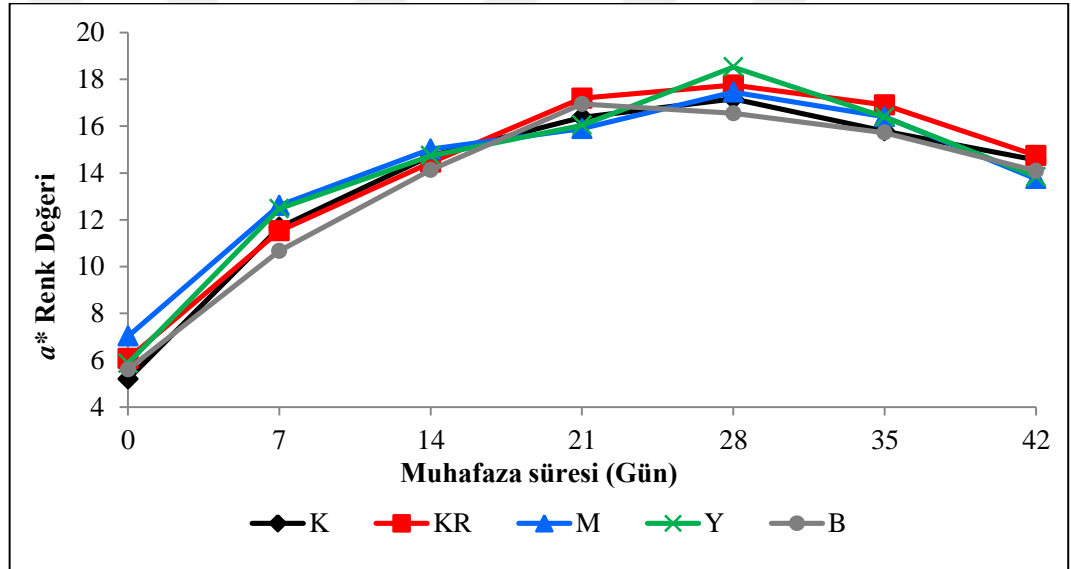
Denemede Zahide domates çeşidinin muhafaza süresince renk ölçümünde a^* renk değerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.3 ve Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Buna göre, araştırmada depolama başlangıcında 5,19-7,02 arasında değişen a^* renk değerlerinin genel olarak tüm uygulamalarda 28. güne kadar artış (17,16-18,52) gösterdikten sonra depolama süresinin sonunda azaldığı (13,75-14,74) tespit edilmiştir (Tablo 3.3). Bununla birlikte KR (14,09) ve M (14,02) uygulamalarındaki domates meyvelerinin a^* renk değerlerinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu

ancak a* renk değeri açısından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiki olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde a* renk değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	5,19	11,67	14,73	16,38	17,16	15,79	14,55	13,64 a
KR	6,06	11,52	14,45	17,19	17,76	16,91	14,74	14,09 a
M	7,02	12,61	15,02	15,90	17,45	16,40	13,75	14,02 a
Y	5,87	12,47	14,74	16,04	18,52	16,39	13,84	13,98 a
B	5,61	10,67	14,13	16,95	16,55	15,72	14,09	13,39 a
Süre Ort.	5,95 e	11,79 d	14,61 c	16,49 ab	17,49 a	16,24 b	14,20 c	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.3. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde a* renk değerinde meydana gelen değişimler

3.2.3. b* renk değeri

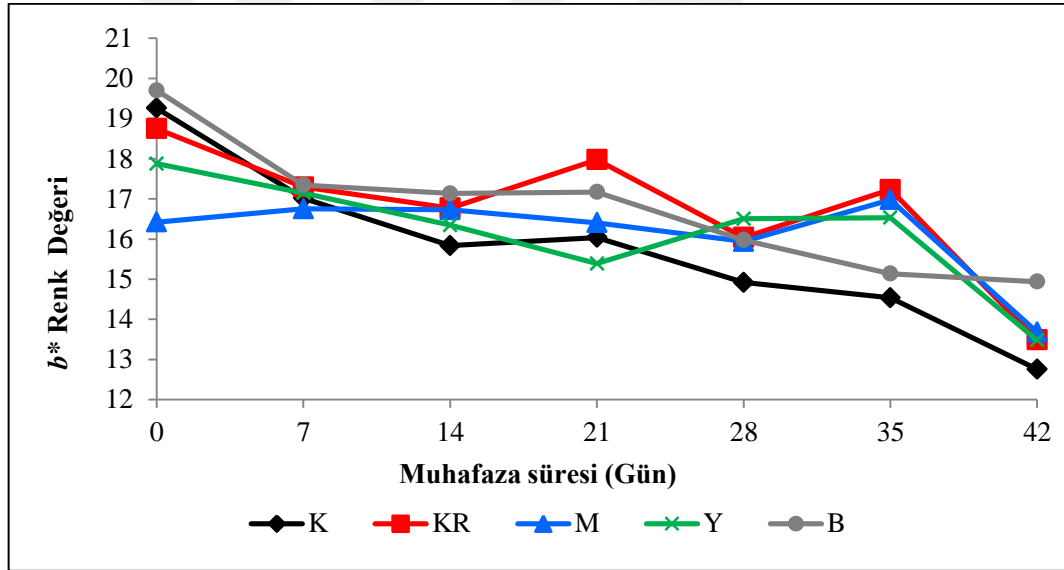
Yapılan çalışmada, b* renk değerleri genel olarak depolama süresince tüm uygulamalarda azalmıştır (Şekil 3.4). Bununla birlikte araştırmada, en düşük b* renk değeri 15,77 ile K uygulamasında ölçülürken, en yüksek b* renk değerinin 16,79 ile KR uygulamasında elde edildiği görülmüştür (Tablo 3.4). Ek olarak, K uygulaması ile KR ve B uygulamalarındaki arasındaki farklılığın istatistiksel düzeyde önemli ($p<0,05$) olduğu, ancak, diğer iki uygulama ile arasındaki farklılığın istatistiki düzeyde anlamlı ($p>0,05$) olmadığı belirlenmiştir.

Depolama süresi açısından konu incelendiğinde, depolama süresinin artması ile ters orantılı olarak b^* renk değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, bu açıdan depolama başlangıcı (0.gün) ile diğer günler arasında istatistiki düzeyde ($p<0,05$) önemli bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.4. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde b^* renk değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	19,26	17,02	15,83	16,04	14,92	14,54	12,76	15,77 b
KR	18,75	17,29	16,77	17,98	16,04	17,23	13,49	16,79 a
M	16,42	16,75	16,73	16,41	15,94	16,98	13,68	16,13 ab
Y	17,88	17,15	16,35	15,39	16,51	16,53	13,48	16,18 ab
B	19,70	17,35	17,13	17,17	15,97	15,14	14,94	16,77 a
Süre Ort.	18,40 a	17,11 b	16,56 bc	16,60bc	15,88 c	16,08 c	13,67 d	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.4. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde b^* renk değerinde meydana gelen değişimler

3.2.4. Hue açısı (h°)

Araştırmada a^* ve b^* renk değerlerine benzer şekilde h° renk değerlerinin de depolama süresince azaldığı, depolama başlangıcında 66,04-75,03 arasında değişen h° renk değerlerinin depolama süresinin sonunda 41,53-46,78 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 3.5). Bununla birlikte yapılan çalışmada en yüksek h° değeri B uygulamasında (50,68) elde edilmiş olup, bu uygulamayı KR (50,68); Y (49,83); K

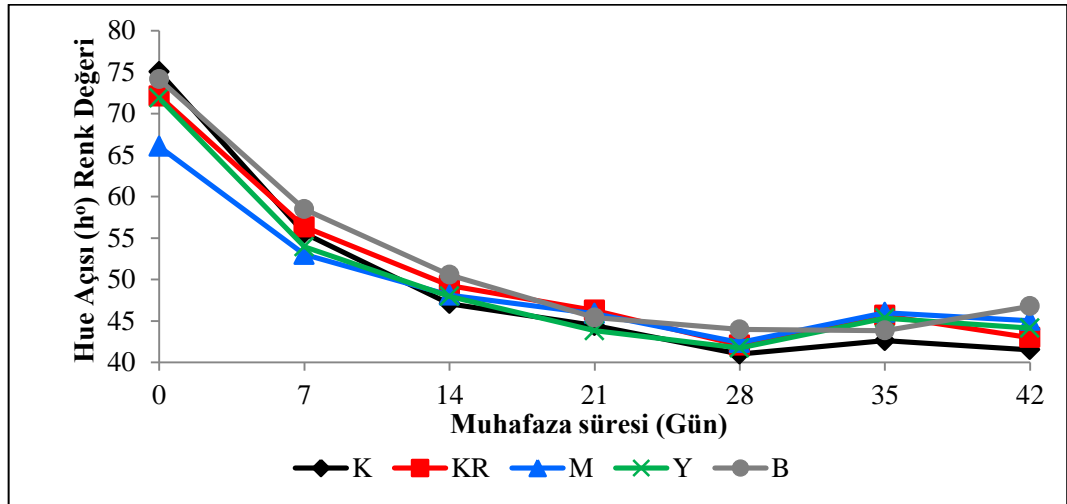
(49,62) ve M (49,51) uygulamaları izlediği belirlenmiştir. Ek olarak; B uygulaması ile K, M, ve Y uygulamaları arasında istatistiki düzeyde önemli farklılıkların bulunduğu ($p<0,05$) ancak KR uygulaması ile arasındaki farklılığı ise istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 3.5).

Depolama süresinin h° renk değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde en yüksek değer 0. günde (71,83) ölçülmüş olup depolama süresi arttıkça h° renk değerinin azaldığı ve bu açıdan sıfırıncı gün ile diğer günler arasındaki farklılığın istatistiki olarak açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu saptanmıştır.

Tablo 3.5. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde h° renk değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	75,03	55,57	47,09	44,44	41,01	42,64	41,53	49,62 b
KR	72,11	56,33	49,27	46,28	42,10	45,66	42,99	50,68 ab
M	66,04	53,01	48,12	45,90	42,41	46,01	45,04	49,51 b
Y	71,85	53,94	47,97	43,82	41,74	45,36	44,13	49,83 b
B	74,14	58,47	50,56	45,42	43,98	43,84	46,78	51,88 a
Süre Ort.	71,83 a	55,46 b	48,60 c	45,17 d	42,25 e	44,70 d	44,09 de	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.5. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde h° renk değerinde meydana gelen değişimler

3.2.5. Kırmızılık indeksi (KI)

Denemede Zahide çeşidi domates meyvelerinin muhafaza süresince kırmızılık indeksi değerleri Tablo 3.6 ve bu değerlerin değişimi ise Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

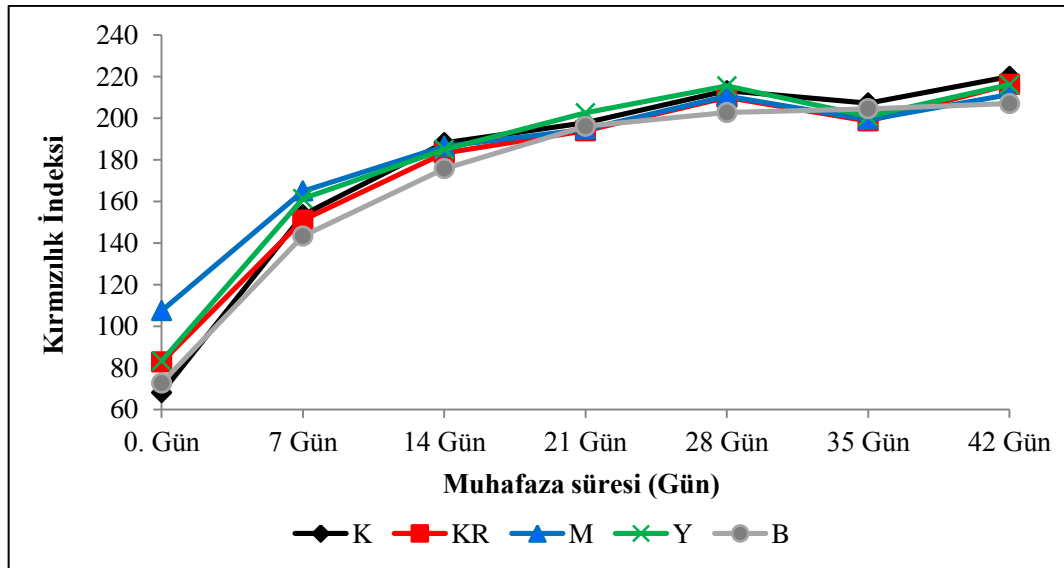
Buna göre, yapılan araştırmada tüm uygulamalardaki domates meyvelerinin KI değerleri depolama süresince artmasına karşılık, en yüksek KI değeri M uygulamasında (182,10); en düşük değer ise B uygulamasında (171,74) ölçölmüş olup, bu iki uygulama arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu, ancak B uygulaması ile diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak ($p>0,05$) anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Depolama başlangıcında 82,8 olan KI değerlerinin depolama süresince artarak 214,2'ye ulaştığı ve bu artışın deneme başlangıcına istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur.

Tablo 3.6. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde kırmızılık indeksi değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	68,0	153,6	188,2	197,9	213,2	207,3	220,0	178,3 ab
KR	82,8	151,0	183,3	194,0	210,1	198,6	216,2	176,6 ab
M	107,4	165,0	186,5	194,7	210,6	199,2	211,4	182,1 a
Y	83,2	161,4	185,0	202,6	215,5	200,9	216,1	180,7 a
B	72,7	143,3	175,7	196,1	202,8	204,5	207,1	171,7 b
Süre Ort.	82,8 f	154,9 e	183,7 d	197,1c	210,4 ab	202,1 bc	214,2 a	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.6. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde kırmızılık indeksi değerinde meydana gelen değişimler

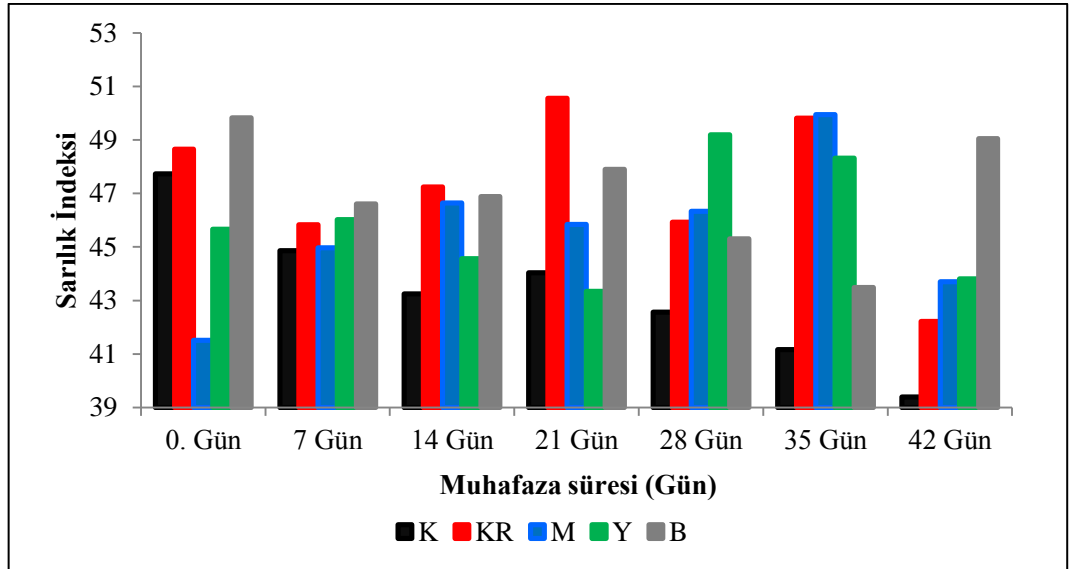
3.2.6. Sarılık indeksi (SI)

Araştırmada, Zahide çeşidi domates meyvelerinin muhafaza süresince SI değerleri, genel olarak tüm uygulamalarda azalmıştır (Şekil 3.7). Bununla birlikte en yüksek SI değeri KR uygulamasında elde edilirken (47,18); bu uygulamayı B (47,01); Y (45,80); M (45,56) uygulamalarının izlediği; en düşük değer ise K (43,28) uygulamasında olduğu belirlenmiştir. Nitekim, KR uygulaması ile K uygulaması arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu; buna karşılık bu uygulama ile diğer LED uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 3.7. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde sarılık indeksi değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	47,73	44,86	43,24	44,04	42,56	41,16	39,39	43,28 b
KR	48,65	45,83	47,24	50,56	45,93	49,82	42,22	47,18 a
M	41,51	44,97	46,64	45,84	46,33	49,95	43,70	45,56 ab
Y	45,66	46,02	44,56	43,34	49,20	48,32	43,81	45,80 a
B	49,83	46,61	46,89	47,90	45,30	43,48	49,05	47,01 a
Süre Ort.	46,68 a	45,66 a	45,72 a	46,34 a	45,87 a	46,55 a	43,63 a	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.7. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde sarılık indeksi değerinde meydana gelen değişimler

Ayrıca SI indeksinin depolama süresince azaldığı, ancak depolama günleri arasında istatistiki düzeyde anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$) da görülmüştür.

3.3. Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Miktarı (%)

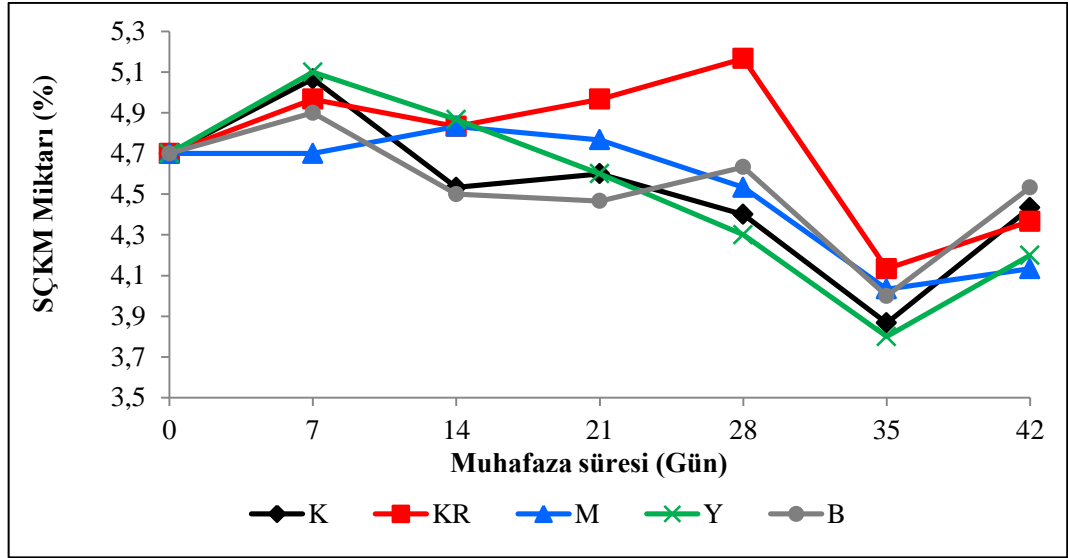
Denemede farklı renkte LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin muhafaza süresince SÇKM miktarları Tablo 3.8’de ve SÇKM miktarlarında oluşan değişimler Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Buna göre çalışmada M uygulaması dışında tüm uygulamalarda depolamanın 7. günü artış gösteren SÇKM miktarının, bu dönemden muhafazanın 28. gününe kadar tüm uygulamalarda azalma gösterirken, KR uygulamasında artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3.8). Araştırmada, başlangıçta 4,7 olan SÇKM miktarının depolama süresinin sonunda 4,1-4,5 arasında değiştiği ancak, bu açıdan uygulamalar arasında istatistiki düzeyde anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Ayrıca, depolama süresi boyunca en yüksek SÇKM miktarı 7. günde (%4,9) ölçülmüş olup 0, 7, 14 ve 21. günlerde ölçülen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmediği ($p>0,05$), buna karşılık 7. gün ile 28, 35 ve 42. günlerde elde edilen değerler arasında istatistiksel düzeyde anlamlı ($p<0,05$) farklılıklar bulunduğu da görülmüştür (Tablo 3.8).

Tablo 3.8. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde SÇKM miktarları

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	4,7	5,1	4,5	4,6	4,4	3,9	4,4	4,5 a
KR	4,7	5,0	4,8	5,0	5,2	4,1	4,4	4,7 a
M	4,7	4,7	4,8	4,0	4,5	4,0	4,1	4,5 a
Y	4,7	5,1	4,9	4,6	4,3	3,8	4,2	4,5 a
B	4,7	4,9	4,5	4,5	4,6	4,0	4,5	4,5 a
Süre Ort.	4,7 ab	4,9 a	4,7 ab	4,7 ab	4,6 b	4,0 d	4,3 c	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.8. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin SÇKM miktarlarında meydana gelen değişimler

3.4. Şeker Ölçümleri

3.4.1. Fruktoz miktarı (%)

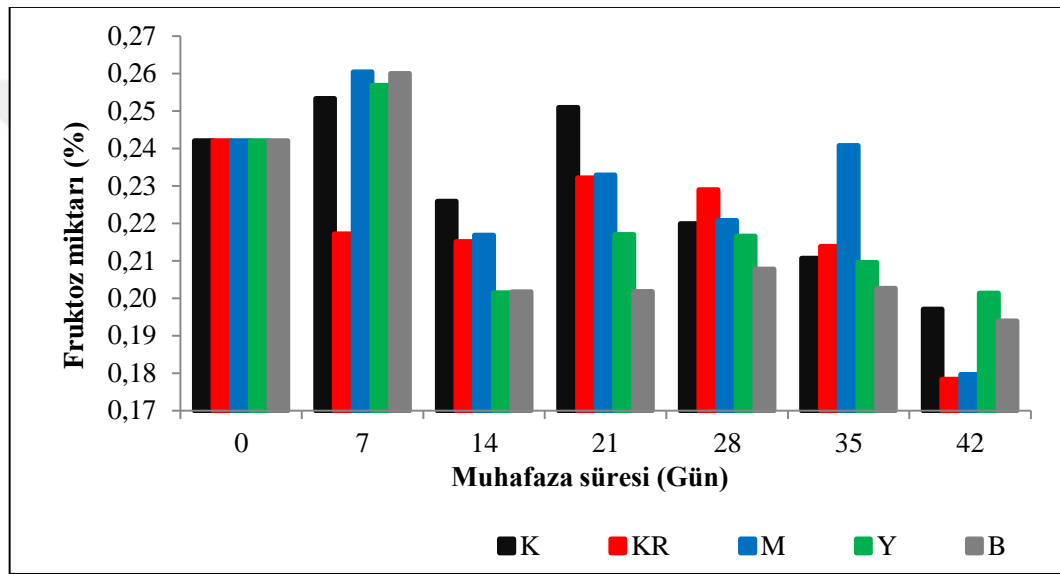
Çalışmada fruktoz miktarı KR uygulaması dışındaki uygulamalarda depolamanın 7. gününde artış gösterirken, bu dönemden sonra depolamanın 14.gününe kadar tüm uygulamalarda azalmış; ardından 21. güne kadar arttıktan sonra deneme sonuna kadar tekrar azalmıştır (Şekil 3.9). Bununla birlikte en yüksek fruktoz miktarı kontrol grubunda elde edilmiş olup (%0,229) , bu uygulamayı M (%0,228), Y (%0,221), KR (%0,218) ve B (%0,216) uygulamalarının izlediği tespit edilmiştir. Ayrıca K, M ve Y uygulamaları arasında istatistiki düzeyde önemli bir farklılık olmadığı, ancak bu uygulamalar ile KR ve B uygulamaları arasında istatistiki olarak ($p < 0,05$) önemli farklılık olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.9).

Ek olarak fruktoz miktarının depolama süresinin 7. gününde en yüksek olduğu (% 0,250) belirlenmiş olup, bu dönemden depolama süresi sonuna kadar azaldığı ve bu açıdan 7. gün ile diğer günler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak ($p < 0,05$) anlamlı olduğu bulunmuştur.

Tablo 3.9. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde fruktoz miktarları

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	0,242	0,253	0,226	0,251	0,220	0,211	0,197	0,229 a
KR	0,242	0,217	0,215	0,232	0,229	0,214	0,178	0,218 b
M	0,242	0,260	0,217	0,233	0,221	0,241	0,180	0,228 a
Y	0,242	0,257	0,201	0,217	0,217	0,210	0,201	0,221 ab
B	0,242	0,260	0,202	0,202	0,208	0,203	0,194	0,216 b
Süre Ort.	0,242 a	0,250 a	0,212 c	0,227 b	0,219 bc	0,216 c	0,190 d	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.9. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin fruktoz miktarlarında meydana gelen değişimler

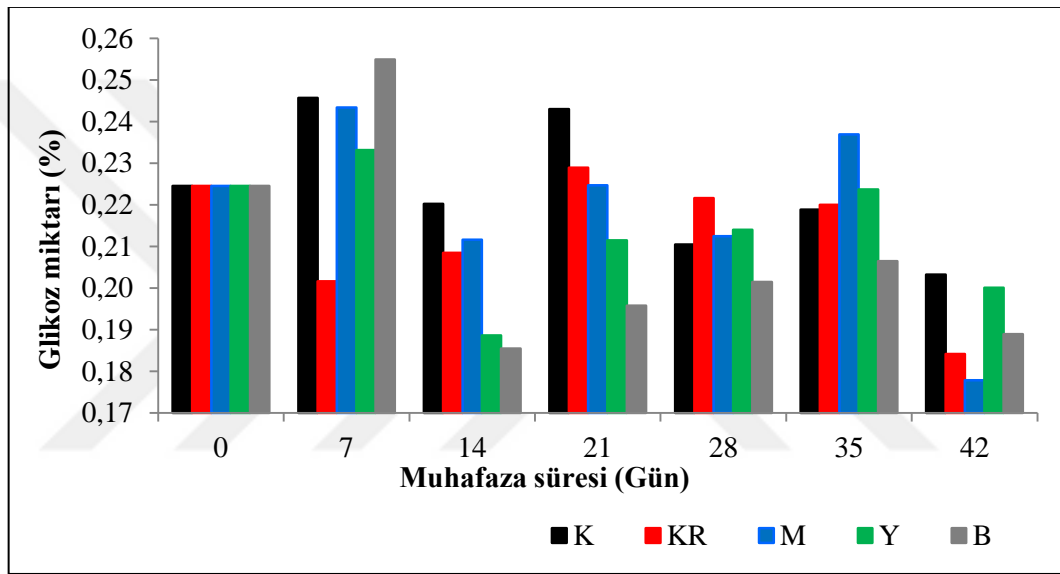
3.4.2. Glikoz miktarı (%)

Çalışmada, farklı LED aydınlatma uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin muhafaza süresince glikoz miktarları Tablo 3.10 ve glikoz miktarlarının değişimi Şekil 3.10'da verilmiştir. Yapılan çalışmada en yüksek glikoz miktarı kontrol grubundaki domates meyvelerinde elde edilmiş olup (%0,224); bunu M (0,219), Y (0,214); KR (0,213) ve B (%0,208) uygulamalarının takip ettiği görülmüştür. Ek olarak, K ve M uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,05$) farklılığın bulunduğu, buna karşın bu uygulamalar ile KR, Y ve B uygulamaları arasında istatistiki olarak önemli bir farklılığın bulunmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 3.10. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde glikoz miktarları

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	0,225	0,246	0,220	0,243	0,211	0,219	0,203	0,224 a
KR	0,225	0,202	0,208	0,229	0,222	0,220	0,184	0,213 bc
M	0,225	0,243	0,212	0,225	0,213	0,237	0,178	0,219 ab
Y	0,225	0,233	0,189	0,211	0,214	0,224	0,200	0,214 bc
B	0,225	0,255	0,186	0,196	0,202	0,207	0,189	0,208 c
Süre Ort.	0,225 b	0,236 a	0,203 d	0,221 bc	0,212 cd	0,221 bc	0,191 e	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.10. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinin glikoz miktarlarında meydana gelen değişimler

Ayrıca depolama süresi boyunca glikoz miktarının artış-azalış şeklinde bir seyir izlediği, ancak genel olarak başlangıça göre azalma gösterdiği ek olarak depolamanın 7. günü ile diğer günler arasındaki farklılığın istatistiki olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

3.4.3. Sakkaroz miktarı (%)

Çalışmada tüm uygulamalardaki Zahide çeşidi domates meyvelerinin depolama başlangıcında %0,51 olan sakkaroz miktarının depolamanın yedinci gününde M uygulaması dışındaki tüm uygulamalarda artış göstererek %0,052-%0,055 arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.11). Bu dönemden sonra ise depolama süresinin sonuna kadar azalarak başlangıç değerlerine düştüğü bulunmuştur. Bununla birlikte

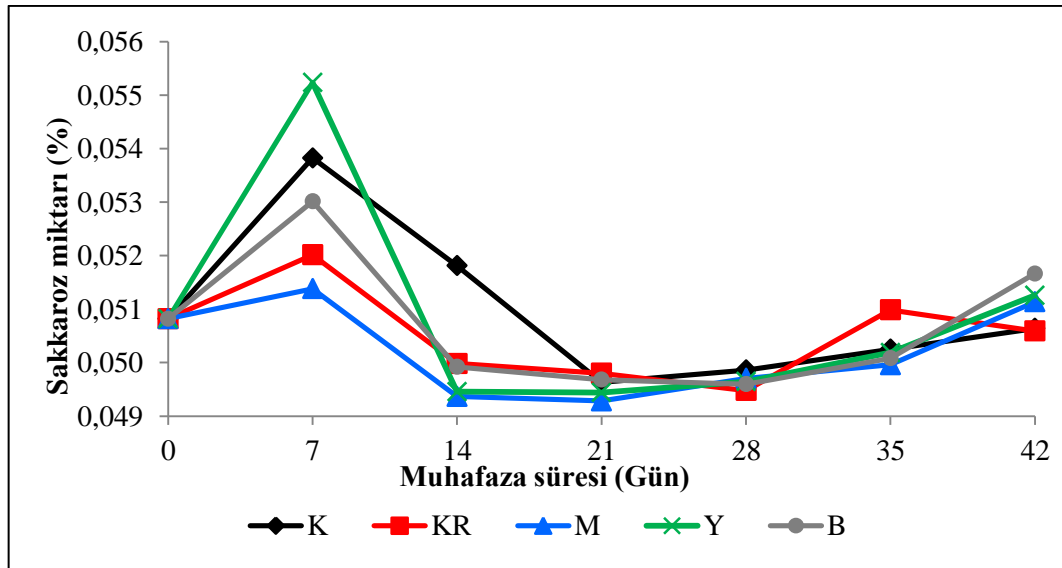
deneme sonunda en yüksek sakkaroz miktarı K uygulamasında (%0,0510) ölçülürken en düşük değerin ise M (%0,502) uygulamasında olduğu ve bu iki uygulama arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu ancak diğer tüm uygulamalar arasındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) saptanmıştır (Tablo 3.11).

Ayrıca depolama süresinin sakkaroz miktarı üzerindeki etkisi incelendiğinde en yüksek değer 7. günde (0,531) ölçülmüş olup bu değer ile diğer tüm depolama sürelerinde elde edilen değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.11. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde sakkaroz miktarları

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	0,051	0,054	0,052	0,050	0,050	0,050	0,051	0,051 a
KR	0,051	0,052	0,050	0,050	0,050	0,051	0,051	0,051 ab
M	0,051	0,051	0,049	0,049	0,050	0,050	0,051	0,050 b
Y	0,051	0,055	0,050	0,049	0,050	0,050	0,051	0,051 ab
B	0,051	0,053	0,050	0,050	0,050	0,050	0,052	0,051 ab
Süre Ort.	0,051 bc	0,053 a	0,050 cd	0,050 d	0,050 d	0,050 bcd	0,050 b	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.11. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin sakkaroz miktarlarında meydana gelen değişimler

3.5. Titrasyon asitliği (TA, %)

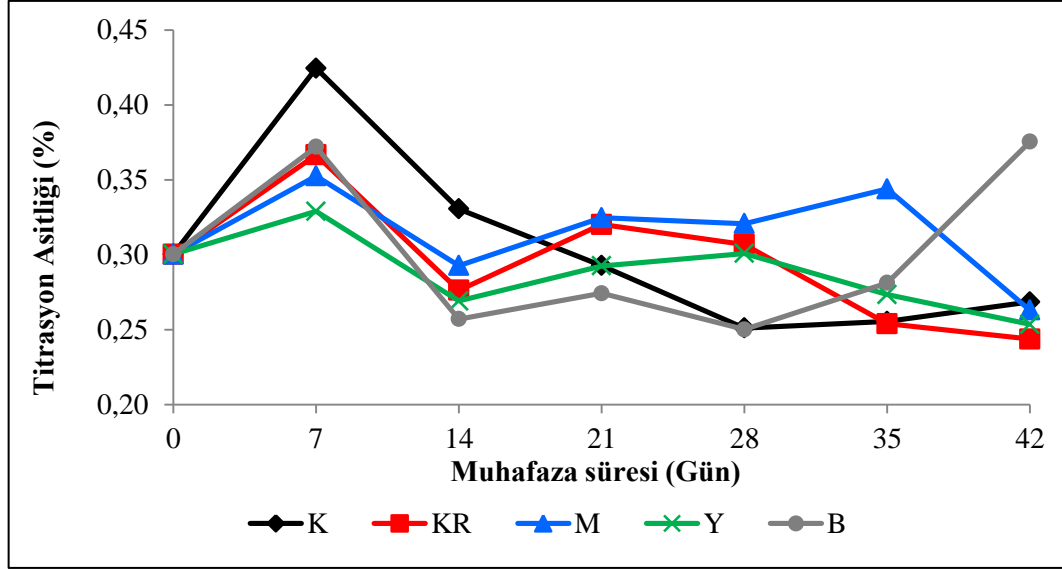
Araştırma başlangıcında, Zahide eşidi domates meyvelerinin %0,30 olan titrasyon asitliği miktarı tüm uygulama gruplarında depolamanın 7. gününde artmakla birlikte en fazla artışın K uygulamasında (%0,43); en düşük artışın ise Y uygulamasında (%0,33) olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.12 ve Tablo 3.12). Bu dönemden sonra ise titrasyon asitliğinin 14. güne kadar bütün uygulama gruplarında azaldıktan sonra K uygulaması dışındaki diğer uygulamalarda depolama süresinin sonuna doğru tekrar artış gösterdiği de bulunmuştur. Buna karşılık titrasyon asitliği açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir farklılığın bulunmadığı ($p>0,05$) tespit edilmiştir.

Ayrıca depolama süresinin titrasyon asitliği üzerindeki etkisi incelendiğinde en yüksek titrasyon asitliği değerinin 7. günde (% 0,37) lldğ ve bu değer ile diğer depolama sürelerinde elde edilen değerler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.12. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide eşidi domates meyvelerinde titrasyon asitliği değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	0,30	0,43	0,33	0,29	0,25	0,26	0,27	0,30 a
KR	0,30	0,37	0,28	0,32	0,31	0,25	0,24	0,30a
M	0,30	0,35	0,29	0,33	0,32	0,34	0,26	0,31 a
Y	0,30	0,33	0,27	0,29	0,30	0,27	0,25	0,29 a
B	0,30	0,37	0,26	0,27	0,20	0,28	0,38	0,30 a
Süre Ort.	0,30 b	0,37 a	0,29 b	0,30 b	0,29 b	0,28 b	0,28 b	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.12. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin titrasyon asitliğinde meydana gelen değişimler

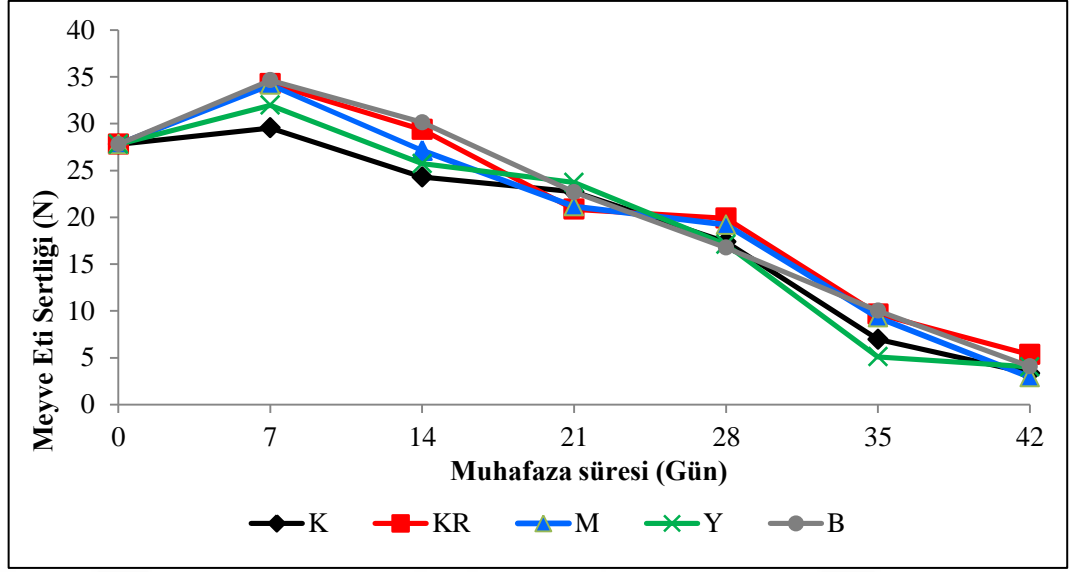
3.6. Meyve eti sertliği (N)

Denemede; farklı LED uygulaması yapılmış olan Zahide çeşidi domates meyvelerinde meyve eti sertliği genel olarak, tüm uygulamalarda ilk hafta yükselmekle birlikte bunu takip eden haftalarda sürekli azaldığı görülmüştür (Şekil 3.13). Buna karşın, çalışmada en yüksek meyve eti sertliği değeri KR uygulamasında (21,03 N) elde edilmiş, bu uygulamayı B (20,87 N), M (20,24 N), Y (19,35 N) ve K (18,86 N) uygulamalarının takip ettiği tespit edilmiştir (Tablo 3.13). Ayrıca K uygulaması ile LED uygulamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunurken, LED uygulamaları arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir.

Tablo 3.13. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinin meyve eti sertliği değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	27,79	29,54	24,30	22,72	17,37	6,97	3,33	18,86 b
KR	27,79	34,27	29,37	20,86	19,91	9,67	5,34	21,03 a
M	27,79	34,16	27,15	21,17	19,19	9,29	2,93	20,24 ab
Y	27,79	31,97	25,74	23,72	17,09	5,10	4,02	19,35 ab
B	27,79	34,65	30,14	22,68	16,75	10,02	4,06	20,87 a
Süre Ort.	27,79 b	32,92 a	27,34 b	22,23 c	18,06 d	8,21 d	3,94 e	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.13. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin meyve eti sertliği değerlerinde meydana gelen değişimler

Ayrıca depolama süresi boyunca en en yüksek meyve eti sertliği değeri 7. günde ve 32,92 N olarak ölçülmüş olup, bu dönemden sonra meyve eti sertliğinin depolama süresi sonuna kadar azaldığı ve aradaki farklılıkların da istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu saptanmıştır.

3.7. Elektrolit sızıntısı (ES, %)

Yapılan çalışmada Zahide domates çeşidi meyvelerinin muhafaza süresince elektrolit sızıntısı miktarları Tablo 3.14 ve ES miktarında meydana gelen değişimler Şekil 3.14'de gösterilmiştir. Buna göre çalışmada genel olarak elektrolit sızıntısı miktarı tüm uygulamalarda depolama süresince artmakla birlikte; en yüksek elektrolit sızıntısı miktarının kontrol grubundaki domates meyvelerinde elde edildiği (%60,76), bu uygulamayı Y (%60,19), B (%59,14), KR (%58,31) ve M (%56,29) uygulamalarının izlediği tespit edilmiştir. Ancak elektrolit sızıntısı açısından uygulamalar arasındaki farklılığı istatistiksel düzeyde önemli olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir.

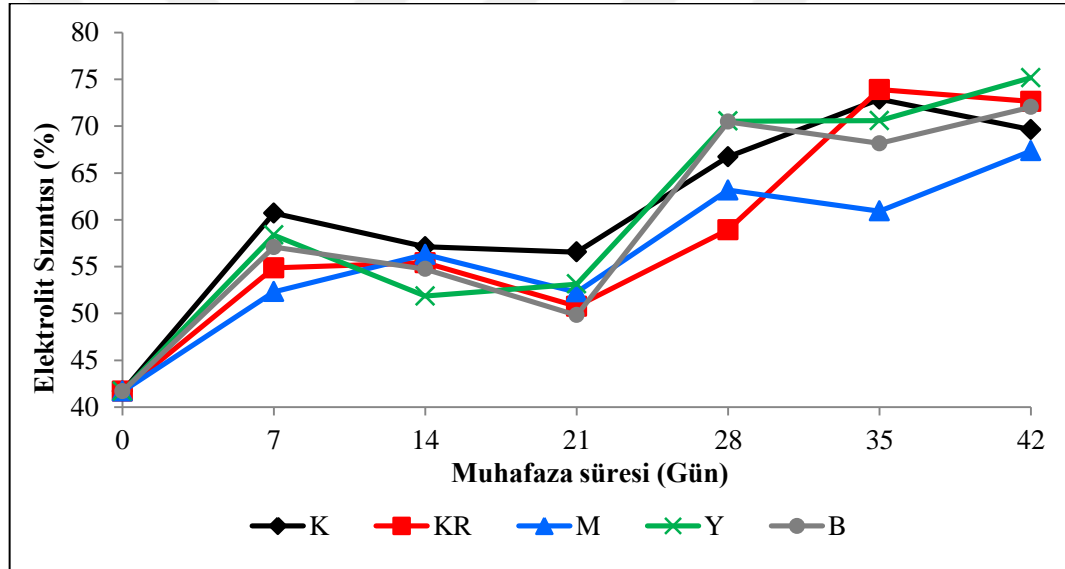
Ayrıca depolama süresinin elektrolit sızıntısı miktarı üzerindeki etkisi incelendiğinde depolama süresi arttıkça elektrolit sızıntısı miktarının arttığı, bununla birlikte en düşük ES miktarının 0. günde (%41,68), en yüksek ES değerinin ise 42. gün sonunda

(%71,3672) ölçüldüğü ve bu iki grup arasındaki farklılığın istatistiki düzeyde anlamlı ($p < 0,05$) olduğu saptanmıştır.

Tablo 3.14. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinin elektrolit sızıntısı değerleri

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	41,68	60,70	57,11	56,55	66,73	72,88	69,63	60,76 a
KR	41,68	54,86	55,41	50,76	58,92	73,91	72,65	58,31 a
M	41,68	52,31	56,29	52,27	63,16	60,93	67,36	56,29 a
Y	41,68	58,36	51,85	53,13	70,54	70,59	75,16	60,19 a
B	41,68	57,09	54,74	49,81	70,47	68,16	72,04	59,14 a
Süre Ort.	41,68 c	56,66 b	55,08 b	52,50 b	65,96 a	69,30 a	71,37 a	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.14. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinin elektrolit sızıntısı değerlerinde meydana gelen değişimler.

3.8. Ağırlık kaybı (%)

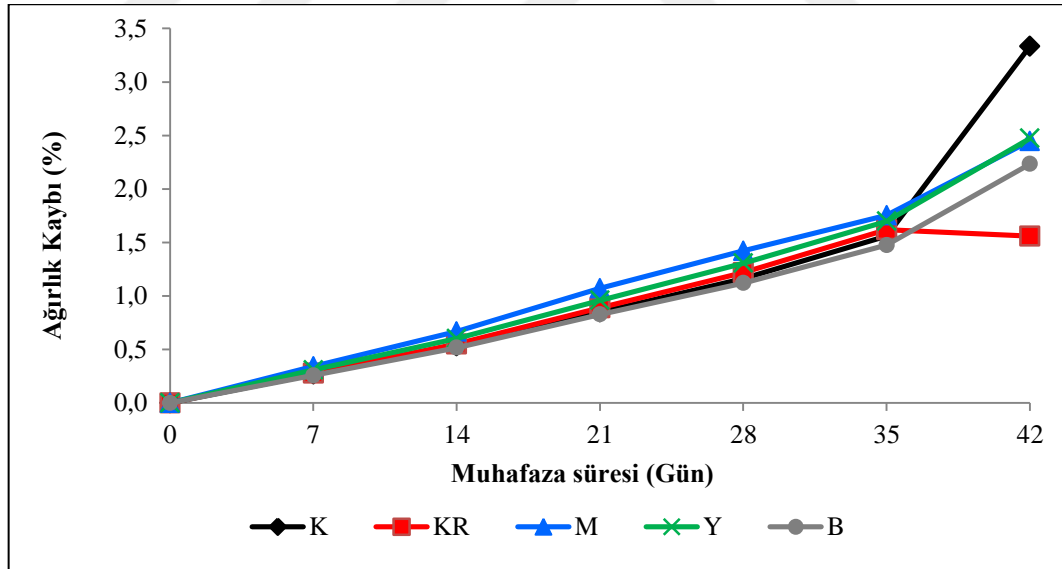
Araştırmada genel olarak ağırlık kaybının tüm uygulama gruplarında arttığı; buna karşılık Tablo 3.15'ten de anlaşılacağı gibi ağırlık kaybı konusunda uygulamalar arasında istatistiki düzeyde anlamlı bir fark olmadığı ($p > 0,05$) tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ağırlık kaybının özellikle 42. günde oldukça arttığı; en büyük ağırlık kaybının %3,33 ile kontrol grubunda gözlenirken, bunu %2,23 ile B uygulamasının takip ettiği ve en az ağırlık kaybının ise %1,56 ile KR uygulamasında yaşandığı belirlenmiştir (Şekil 3.15).

Buna karşın depolama süresinin ağırlık kaybı üzerine etkisi incelendiğinde, sürenin ağırlık kaybı üzerine istatistiki düzeyde anlamlı farklar oluşmasına sebep olduğu ($p<0,05$); depolama süresi uzadıkça ağırlık kaybının arttığı görülmüştür. Depolamanın 7. gününün sonunda ortalama ağırlık kaybı %0,29 ölçülmüş ve 42. güne kadar linear bir trend göstermekle birlikte, 42. günde ağırlık kaybının oransal olarak arttığı ve %2,41'a ulaştığı bulunmuştur.

Tablo 3.15. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde oluşan ağırlık kayıpları (%)

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	0,00	0,27	0,53	0,85	1,16	1,56	3,33	1,10 a
KR	0,00	0,28	0,55	0,89	1,22	1,62	1,56	0,87 a
M	0,00	0,34	0,67	1,07	1,42	1,75	2,45	1,10 a
Y	0,00	0,31	0,60	0,96	1,31	1,70	2,47	1,05 a
B	0,00	0,26	0,52	0,83	1,12	1,47	2,23	0,92 a
Süre Ort.	0,00 f	0,29 ef	0,57 de	0,92 cd	1,25 c	1,62 b	2,41 a	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



Şekil 3.15. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde ağırlık kaybı (%) değişimleri

3.9. Çürüme oranı (%)

Çalışmada Zahide domates çeşidinin muhafaza süresince çürüme miktarları Tablo 3.16 ve çürüme oranlarında meydana gelen değişimler Şekil 3.16'da verilmiştir. Buna göre, depolamanın 14. gününe kadar tüm uygulama gruplarındaki domates

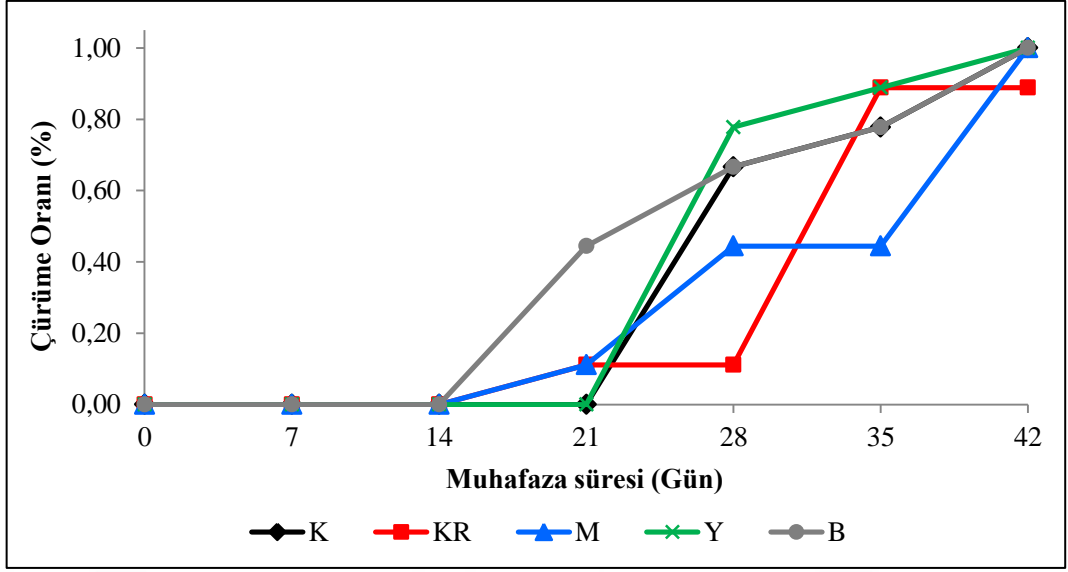
meyvelerinde hiç çürüme meydana gelmediği, 21. günden itibaren ise K ve Y uygulamaları dışındaki uygulamalardaki meyvelerde çürümelerin başladığı, bu dönemden sonra ise uygulamaların hepsinde çürümelerin oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 3.16). Buna karşılık, en yüksek çürüme oranı B uygulamasında (%0,41) gözlenirken, bunu sırasıyla Y (%0,38), K (%0,35), KR ve M (%0,28) uygulamalarının takip ettiği saptanmıştır. Ek olarak, B, Y ile K uygulamaları arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemli olmadığı ancak bu uygulamalar ile KR ile M uygulamaları arasındaki farklılığın ise istatistiki düzeyde anlamlı olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

Depolama süresi açısından incelendiğinde, ilk 14 gün hiç çürüme gözlenmemiş olup 21. günden itibaren depolama süresinin artması ile meyvelerde çürüme oranları arttığı, ve süreler arasındaki farklılığın da istatistiki olarak $p<0,05$ düzeyinde anlamlı olduğu bulunmuştur.

Tablo 3.16. Farklı renklerde LED uygulanan Zahide çeşidi domates meyvelerinde oluşan çürüme oranları (%)

Uyg.	Muhafaza Süresi (Gün)							Uyg. Ort.
	0	7	14	21	28	35	42	
K	0,00	0,00	0,0	0,00	0,67	0,78	1,00	0,35 ab
KR	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11	0,89	0,89	0,29 b
M	0,00	0,00	0,00	0,11	0,44	0,44	1,00	0,29 b
Y	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,89	1,00	0,38 a
B	0,00	0,00	0,00	0,44	0,67	0,78	1,00	0,41 a
Süre Ort.	0,00 e	0,00 e	0,00 e	0,13 d	0,53 c	0,76 b	0,98 a	

K: Kontrol, KR: Kırmızı LED, M: Mavi LED, Y: Yeşil LED, B: Beyaz LED uygulamalarını ifade etmektedir.



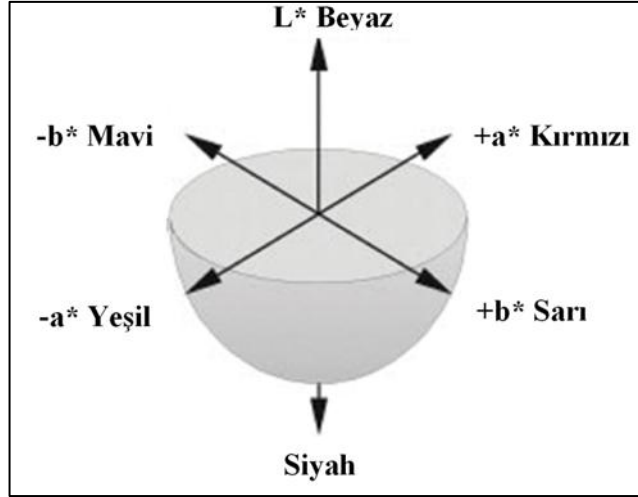
Şekil 3.16. Farklı renklerde LED uygulanmış Zahide çeşidi domates meyvelerinde çürüme oranlarının (%) değişimi

4. TARTIŞMA

Bitkideki fenolik bileşikler ve polifenoller; ikincil doğal metabolitler olup, polimerik fenoller ve polifenoller, bitkilerde çok çeşitli fizyolojik rolleri yerine getirmektedir. Fenolik bileşiklerin bitkilerde; yüksek ışık, düşük sıcaklık, patojen enfeksiyonu ve besin eksikliği gibi çevresel streslere karşı savunma bileşikleri olarak anahtar role sahip olduğu düşünülmektedir (Lattanzio, 2013). Fenolik bileşikler genellikle basit fenoller ve daha kompleks türevleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Basit fenoller; bitkilerin hemen hepsinin metabolizmasında oluşturulmakta olup, sebze ve meyvelerdeki tat, koku ve aroma oluşumundan sorumludurlar. Ayrıca, antioksidan özelliği de bulunmaktadır (Kulbat, 2016). Yapılan bir çalışmada ışık yoğunluğunun artması ile fenolik madde miktarı arasında pozitif ilişki olduğu bulunmuştur (Chalker-Scott ve diğ., 1989). Bu tez çalışmasında; kırım döneminde hasat edilen domates meyvelerinin depolanması süresince kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz olmak üzere dört farklı LED ışık uygulamasının TÇF miktarına etkisi incelendiğinde, genel olarak TÇF miktarının tüm uygulamalarda depolama süresince artış gösterdiği bulunmuştur. Bu artış, depolamanın 35. gününe kadar kırmızı ışık (KR) uygulanan domateslerde diğer uygulamalara göre daha yüksek olmuştur. Nitekim, KR uygulamasındaki domateslerin TÇF miktarı başlangıca göre %56 oranında artarken, M, K, Y ve B uygulamalarında sırasıyla %36, %30, %24 ve %12 olmuştur. Buna karşın muhafazanın 42. gününde K uygulamasındaki domateslerin TÇF miktarı diğer uygulamalardan yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte ışık uygulamaları arasında; mavi ışığın TÇF miktarının korunmasında diğer uygulamalardan daha etkili olduğu söylenebilir. Lattanzio (2013) fenolik bileşiklerin bitkilerde yüksek ışık gibi abiyotik streslere karşı savunma bileşikleri olarak anahtar role sahip olduğunu belirtmiştir. Araştırmamızda da genel olarak tüm uygulamalarda TÇF miktarının artması, bu sonucu doğrulamaktadır. Ayrıca çalışmamıza benzer şekilde, sarı LED (590 nm) uygulamasının domateslerde toplam fenolik bileşik miktarını arttırdığı, yine yeşil-olgun aşamada hasat edilen domateslerde kırmızı LED, ultraviyole ışık ile kısmen aydınlatma ve bu iki uygulamanın kombinasyonunun depolama süresince domates

meyvelerinde fenolik madde miktarını arttırdığı tespit edilmiş olup, elde edilen sonuçlar araştırmacıların bulguları ile uyumludur (Kokalj ve diğ., 2016; Panjai ve diğ., 2017). Mevcut araştırmada LED aydınlatma ile domates meyveleri üzerinde abiyotik stres şartları oluşturulmuş olup, meyvelerde buna karşılık TÇF miktarının arttığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda LED aydınlatma dışında ultraviyole ışık ile oluşturulan abiyotik stres şartlarına maruz bırakılan domates meyvelerinde de fenolik madde miktarında artışlar olduğu belirlenmiştir. Örneğin; Pataro ve diğ. (2015); aralıklı aydınlatma (PL) veya farklı dozlarda UV-C ışını ($1-8 \text{ J/cm}^2$) uygulayıp $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 21 gün süreyle depolanmış depoladıkları yeşil domateslerde, fenolik bileşik miktarının kontrole göre 1,3 kat arttığını; Mansourbahmani ve diğ. (2017) 3 ve $4,5 \text{ kJm}^{-2}$ UV-C ve %2 CaCl_2 uygulanan domates meyvelerinde fenol miktarının kontrol grubuna göre yüksek olduğunu; Pristijono ve diğ. (2017), yeşil-olgun domates (*Solanum lycopersicum* L. cv Neang Pich) meyvelerine $13,6 \text{ kJ/m}^2$ UV-C veya $0,5 \text{ } \mu\text{L/L}$ 1-MCP ya da $13,6 \text{ kJ/m}^2$ UV-C ve $0,5 \text{ } \mu\text{L/L}$ 1-MCP uygulamalarının meyvelerin toplam fenolik madde miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda da mavi LED ışık ile oluşturulan abiyotik stres şartları domates meyvelerinde muhafaza süresince, TÇF miktarında diğer LED ışıklara göre daha fazla artışlara neden olmuştur.

Renklerin insanlar tarafından tanımlanması; parlaklık, yoğunluk, açıklık, canlılık ve diğer kavramlar nedeniyle karmaşıktır. Çünkü bu olgular ana renkler (kırmızı, mavi, sarı) ve bunların kombinasyonu (turuncu, yeşil, mor vb.) ile oluşturulduğundan çoğu durumda renklerin objektif olarak tanımlanması oldukça zordur. 18. yy'ın sonunda, CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından 1931'de NORM renk sisteminin girişi ile renkleri yaklaşık olarak sayısal sistemle tanımlamak mümkün olmuştur. Bu sistem 1976 yılında (CIELAB renk koordinat sistemi) geliştirilmiş ve renklerin insan algısı ile ilişkili olarak en iyi şekilde tanımlanarak, renk küresi üzerinde L^* (beyaz-siyah), a^* (yeşil-kırmızı) ve b^* (mavi-sarı) olmak üzere üç eksen (Şekil 4.1) üzerine yerleştirilmiştir (López Camelo ve Gómez, 2004).



Şekil 4.1. CIELAB renk koordinat sistemi

Yapılan çalışmada da domates meyvelerinde parlaklık, kırmızılık, sarılık ve hue açı değerlerinin belirlenmesinde CIELAB renk koordinat sistemine göre çalışan renk ölçerden yararlanılmıştır. Buna göre meyve üzerinde L^* , a^* ve b^* renk değerleri haftalık aralıklarla ölçülmüş ve bu değerlerden hue açısı ile sarılık ve kırmızılık indeksleri hesaplanmıştır. Çalışmamızda genel olarak L^* renk değerinin tüm uygulamalarda başlangıca göre depolama süresince azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşılık araştırmamızda L^* renk değerlerinin K ve B uygulamalarında diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu, en düşük değer ise Y uygulamasından elde edildiği görülmüştür. L^* renk değerinin artışı ürünlerin parlaklığının arttığını göstermekle birlikte, aynı zamanda rengin diğer uygulamalara göre daha açık olduğuna da işaret etmektedir. Çünkü renk koyulaştıkça L^* değerlerinin de azaldığı gözlenmiştir. Nitekim çalışmada elde edilen a^* renk değerlerinin K ve B uygulamalarında diğer uygulamalardan düşük olması da bu gözlemi desteklemektedir. Yapılan bir çalışmada Kasım ve Kasım (2015), kırılma dönemi, pembe ve kırmızı olum aşamasında hasat ederek, iki farklı dozda ($0,564 \text{ kJ/m}^2$, $1,128 \text{ kJ/m}^2$) UV-B uyguladıkları domateslerde L^* renk değerlerinin depolama süresince azaldığını belirlemişlerdir. Elde edilen sonuç araştırmacıların bulguları ile uyumludur. CIELAB renk koordinat sisteminde $+a^*$ renk değerleri kırmızı rengi ifade etmektedir. Araştırmamızda, depolama başlangıcında 5,19-7,02 arasında değişen a^* renk değerlerinin genel olarak tüm uygulamalarda 28. güne kadar arttıktan sonra depolama süresinin sonuna kadar azaldığı belirlenmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde, yarı-kırmızı olgun aşamada hasat edilen ve 28 gün süreyle 5°C ve 10°C

sıcaklıkta depolanan Belle çeşidi domates meyvelerinin her iki sıcaklıkta ve depolama süresi boyunca a^* renk değerinin arttığı, yine pembe aşamada hasat edilip, 28 gün süreyle depolanan Tayfun F1 domates çeşidi meyvelerinde de depolama süresince a^* renk değerinin arttığı tespit edilmiştir (Žnidarčič ve diğ., 2010; Kasım ve Kasım 2015). Araştırmamızda ayrıca kırmızı ve mavi LED ışık altında depolanan domateslerin a^* renk değerlerinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir. Liu ve diğ. (2009) kırılma döneminde hasat edip, 21 gün süreyle, günlük olarak UV-C, kırmızı ışık ya da güneş ışığının kısa süreli yanıp-sönme şeklinde uygulandığı domateslerde a^* ve b^* değerlerinin, ışık uygulamalarından az fakat önemli miktarda etkilendiğini saptamışlardır. Çalışmamızda, b^* renk değerleri genel olarak depolama süresince tüm uygulamalarda azalmış; benzer sonuç hue açısı (h°) renk değerlerinden de elde edilmiştir. Hue açısı domates meyvelerinden ölçülen a^* ve b^* renk değerlerinden hesaplanan bir değer olup, ürünlerin gerçek rengini gösterdiği kabul edilmektedir. Araştırmamızda KR ve B uygulamalarındaki domateslerin hue açısı ile b^* renk değerlerinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla bu uygulamalardaki domateslerde kırmızı renk oluşumunun diğer uygulamalara göre geciktirildiği düşünülmektedir. Çünkü, KR ve B uygulamalarındaki domates meyvelerinin kırmızılık indeksi değerlerinin diğer uygulamalardan daha düşük ve ayrıca sarılık indeksi değerlerinin diğer uygulamalardan yüksek çıkması da bu düşüncüyü desteklemektedir. Meyvelerin renk oluşumu üzerine abiyotik stres şartları etkili olmaktadır. Yapılan bir çalışmada 4, 20 ve 30 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta depolanan domateslerin, hue açısı değerlerindeki azalma oranının 4 °C sıcaklıkta depolanan meyvelerde daha düşük olduğu, dolayısıyla düşük sıcaklık uygulamasının kırmızı renk oluşumunu geciktirdiği bulunmuştur (Tadesse ve diğ., 2015). Araştırmamızda da mavi ve yeşil LED ışık uygulamalarının kırmızı renk oluşumunu, karanlık şartlara benzer şekilde hızlandırdığı, buna karşılık kırmızı ve beyaz LED uygulamalarının ise kırmızı renk oluşumunu geciktirdiği tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen bu sonuçlar, sarı (590 nm) LED ile 7 gün süreyle aydınlatılan domates meyvelerinde, sarı LED ışığın renk oluşumunu hızlandırma eğiliminde olduğunun belirlendiği araştırma sonucu ile uyumludur (Kokalj ve diğ., 2016).

SÇKM miktarı, meyve ve sebzelerde bulunan şekerlerin kabaca indeksini veren bir kriter olup, meyve ve sebzelerde mevcut çözünür şeker ve minerallerin miktarını ifade etmektedir. Genel olarak SÇKM, olgunlaşma ve depolama süresince artmaktadır. Olgunlaşma süresince hücre duvarı polisakkaritleri olan hemiselüloz ve pektinler parçalanarak, basit şekerler olarak adlandırılan oligosakkaritlerin açığa çıkmasını sağlamaktadır (Dumville ve Fry, 2000). Azzolini (2002)'de SÇKM miktarının olgunlaşma aşamasına bağlı olduğunu ve genel olarak olgunlaşma süresince, solunumun korunması için polisakkaritlerin hidrolizi nedeniyle miktarlarının arttığını ifade etmiştir. Çalışmamızda kırılma döneminde hasat edildikten sonra, farklı renkte LED ışık altında karanlıkta (kontrol) depolanan domates meyvelerinde; depolama başlangıcında %4,7 olan SÇKM miktarı, depolamanın 7. gününde M uygulamasında sabit kalırken diğer uygulamalarda artarak %4,9-5,1 aralığında değişmiştir. Bu dönemden sonra SÇKM miktarı KR uygulamasında 21. güne kadar artış gösterdikten sonra azalmış, diğer uygulamalarda ise 7. günden sonra depolama süresince azalmıştır. İslam ve diğ. (2012), domateslerin SÇKM miktarının oda sıcaklığında 7 gün bekletildikten sonra %4,20'den 5,00'a yükseldiğini, düşük enerjili soğutma çemberi içerisindeki domateslerde ise 17 günlük depolama süresince %4,10'dan %4,90'a çıktığını belirlemiştir. Çalışmamızda ise SÇKM miktarı KR uygulamasında İslam ve diğ. (2012)'nin çalışmasına benzer şekilde 28. güne kadar; Y uygulamasında Y ve M uygulamasında ise 14. güne kadar arttıktan sonra depolama süresinin sonuna kadar azalmıştır. Çalışmada kullanılan domateslerin kırılma döneminde hasat edilmesi nedeniyle depolama başlangıcında olgunlaşmaya bağlı olarak SÇKM miktarlarında artış meydana geldiği, bu dönemden sonra ise yaşlanma ve solunumda kullanılma sonucu azaldığı düşünülmüştür. Javanmardi ve Kubota (2006), Clermon çeşidi salkım domateslerini 5, 7 ve 12 °C sıcaklıklarda 2 hafta süreyle depolamış, 5 °C sıcaklıkta depolamanın 12 °C sıcaklıkta depolamaya göre SÇKM artışını önlediğini, oda sıcaklığında veya 5 °C'de depolamanın SÇKM üzerinde etkisi olmadığını belirtmiştir. Tadesse ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada da benzer şekilde 4, 20 ve 30 °C sıcaklıklarda depolanan domateslerin SÇKM miktarının yüksek veya düşük depolama sıcaklıklarından etkilenmediği tespit edilmiştir. Araştırmamızda ise kırılma dönemindeki domates meyveleri düşük sıcaklıkta depolanmasına karşılık; kırmızı, mavi ve yeşil LED ışık uygulamalarının, beyaz LED ve kontrol grubuna

göre SÇKM miktarının artmasına neden olduğu görülmüştür. Bununla birlikte; kırılma döneminde hasat edilen domateslere hasattan sonra 21 gün süreyle, günlük olarak UV-C, kırmızı ışık ya da güneş ışığının kısa süreli yanıp-sönme şeklinde uygulandığı çalışmada toplam suda çözünebilir kurumadde (SÇKM) miktarının depolama boyunca değişmediği bulunmuştur (Liu ve diğ., 2009). Benzer şekilde olgun domateslere ultraviyole-C (UV-C) ışık uygulaması ile birlikte modifiye atmosfer paketlemenin etkisinin araştırıldığı çalışmada, domates meyvelerinin SÇKM miktarının çok az değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Vunnam ve diğ., 2014). Çalışmamızda da benzer şekilde SÇKM miktarı; depolama süresince, başlangıç değerine göre çok az değişim göstermiştir. Buna karşılık, Lei ve diğ. (2016) kırılma aşamasında hasat edilen kiraz domatesi meyvelerine 4 °C sıcaklıkta 20 gün süreyle sürekli olarak kırmızı ve mavi LED ışık uygulamalarının: domates meyvelerinin SÇKM miktarının 10. günde en yüksek seviyeye ulaşmasına neden olduğu ve kiraz domatesindeki SÇKM içeriğinin azalmasını önemli ölçüde geciktirebildiğini saptamışlardır. Araştırmamızda elde edilen sonuçlar, Lei ve diğ. (2016) ile uyumludur. Çünkü araştırmamızda da özellikle kırmızı ışık uygulanan domateslerde SÇKM miktarı depolamanın 28. gününe kadar artarak %5,2 seviyesine ulaşmış, daha sonra azalarak depolama süresi sonunda %4,4'e düşmüş, dolayısıyla çok az kayıp meydana gelmiştir. Mavi ışık altında depolanan domateslerde ise depolamanın 7. gününde %5,1 olarak ölçülmüş, 14. gününde %4,9'a düşmekle birlikte başlangıç değerinin üzerinde korunmuştur.

Çalışmamızda; fruktoz miktarı, 21. güne kadar artış-azalış şeklinde değiştikten sonra, depolama sonuna kadar azalmıştır. Bununla birlikte kontrol grubundaki domateslerin fruktoz miktarı tüm ışık uygulamalarındakilere göre daha yüksek olmuştur. Dolayısıyla LED ışık uygulamaları fruktoz miktarında azalmaya sebep olmakla birlikte en fazla etki B uygulamasında görülmüş, bu uygulamadaki fruktoz miktarı tüm uygulamalara göre daha düşük bulunmuştur. Benzer sonuçlar glikoz miktarında da elde edilmiş olup, en fazla glikoz miktarı kontrol grubundaki domateslerde ölçülürken, beyaz LED uygulamasındaki domateslerin glikoz içeriğinin en düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırmamızda fruktoz ve glikoz miktarı depolama süresince azalıp, başlangıç değerinin altına düşerken, sakkaroz miktarı tüm uygulamalarda başlangıç değerine yakın olarak korunmuştur. Bununla birlikte en

fazla sakkaroz miktarı glikoz ve fruktoza benzer şekilde kontrol grubunda elde edilirken, en düşük miktar mavi LED uygulanan domateslerde saptanmıştır. Dolayısıyla araştırmamızda farklı renklerdeki LED ışık uygulamalarının glikoz ve fruktozda parçalanmaya neden olurken, sakkaroz üzerinde böyle bir etki göstermediği söylenebilir. LED ışık uygulamalarının domateslerin şeker içeriği üzerindeki etkisi ile ilişkili daha önce yapılmış çalışma bulunmamakla birlikte Kasım ve Kasım (2015), hasattan sonra 1,128 kJ/m² dozunda UV-B uygulamasının depolama süresince Tayfun F1 domates çeşidi meyvelerinin fruktoz miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ise yapılan LED aydınlatma uygulaması, domates meyvelerinde, UV-C uygulamasının oluşturduğu düzeyde bir stres etkisi yaratmamış olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca çalışmamızda kullanılan Zahide F1 domates çeşidinin, araştırmacıların kullandıkları çeşitten farklı olmasının da elde edilen sonuçta etkili olduğu söylenebilir.

Araştırmada, domates meyvelerinin titrasyon asitliği; depolamanın yedinci gününde başlangıç değerine göre, kontrol grubunda %43, kırmızı ve beyaz LED uygulamalarında %23, mavi LED uygulamasında %17 ve yeşil LED uygulamasında %10 artış göstermesine karşılık, bu dönemden sonra tekrar azalarak, depolama süresinin sonunda başlangıç değerinin altına düşmüştür. Bununla birlikte titrasyon asitliği bakımından uygulamalar arasında önemli farklılıklar bulunmadığından, LED aydınlatma uygulamalarının domates meyvelerinin titrasyon asitliği üzerinde etkili olmadığı düşünülmüştür. LED uygulamalarının domateslerin titrasyon asitliği üzerindeki etkilerini gösteren bir çalışma bulunmamakla birlikte, yapılan değişik çalışmalarda; Moneruzzaman ve diğ. (2009); Roma VF domates çeşidini yeşil olgun (olgun ama yeşil renkte), yarı olgun (meyvenin sarıya döndüğü kırım aşaması) ve tam olgun (sarı ve yumuşak, yenilebilir aşama) aşamada hasat ederek açıkta (kontrol), beyaz polietilen ile kaplanmış olarak ve CaCl₂+polietilen kaplanmış olarak üzere üç farklı ortamda depoladıklarında, yarı olgun domatesin titrasyon asitliğinin diğer olgunluk aşamalarına göre daha yüksek olduğunu, ayrıca, kontrol meyvelerinin titrasyon asitliğinin diğer uygulamalardan yüksek olduğunu bulmuşlardır. Buna karşılık Gharezi ve diğ. (2012), pembe aşamada hasat ettikleri Marilee red kiraz domatesi meyvelerine; 5 dakika soğuk suya daldırma (Kontrol), %2 CaCl₂'e daldırma, ve % 5 asetik asit çözeltisine daldırma şeklinde 3 hasat sonrası uygulama

yaptıktan sonra $25 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklık ve $\% 75 \pm 5$ oransal nemde ve soğuk ($10 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$) ortamda depolamışlar ve çalışma sonucunda asetik asit uygulanan meyvelerin titrasyon asitliğinin her iki depolama sıcaklığında da yüksek olduğunu buna karşılık kontrol meyvelerinin titrasyon asitliği miktarının ise en düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Sing ve diğ. (2016); 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, 3,0 ve 4,0 kGy'lik gama radyasyonu uyguladıkları domatesleri, oda sıcaklığı (sıcaklık $25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ve soğuk depolama (sıcaklık $4 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) şartları altında çürümenin kontrolü için optimum dozun belirlenmesini amacıyla incelediklerinde, 0,75-1,0 kGy arasındaki radyasyon dozlarının, titrasyon asitliği miktarı üzerinde etkili olmadığını tespit etmişlerdir. Dolayısıyla çalışma sonuçlarına göre değişik domates çeşitlerinin titrasyon asitliği, yapılan uygulamalara göre artmakta, uygulamalara karşılık azalma gösterebilmekte veya uygulamalar titrasyon asitliğini etkilememektedir. İncelenen çalışma sonuçları, araştırmamız sonucunda elde edilen Zahide domates çeşidi meyvelerinin titrasyon asitliği üzerine LED aydınlatma uygulamasının etkisi olmadığı düşüncemizi desteklemektedir.

Denemede; kırılma döneminde hasat edilip, 42 gün süreyle depolanan Zahide domates çeşidi meyvelerinin meyve eti sertliği genel olarak, tüm uygulamalarda denemenin ilk haftasında başlangıç değerlerine göre yükselmekle birlikte depolama süresince azalmıştır. Bununla birlikte, meyve eti sertliğinin en fazla kontrol grubundaki domateslerde azaldığı, LED uygulanan örneklerde kontrole göre daha yüksek olduğu, özellikle kırmızı, beyaz ve mavi LED ışık altında depolanan domates meyvelerinin diğer uygulamalara göre daha sert kaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla yapılan LED aydınlatma uygulamalarının meyve eti sertliğinin korunmasında etkili olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada 7 gün boyunca mavi (440-450 nm) ve kırmızı ışıkla (650-660 nm) aydınlatılmış yeşil-olgun domateslerde, mavi ışık uygulanan domateslerin daha sert olduğu, bu nedenle, mavi LED uygulamasının, domateslerin olgunlaşmasını geciktirmek için uygun bir yol olduğu ve böylece hasat sonrası ticari değerinin uzatılabileceği belirtilmiştir (Gupta, 2017). Elde edilen bu sonuç, mevcut çalışmamızda elde edilen sonucu destekler niteliktedir. Daha önce yapılan çalışmalarda, yarı-kırmızı olgun aşamada hasat edilen ve 28 gün süreyle $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta depolanan domates meyvelerinde (cv. Belle) düşük sıcaklığın meyve eti sertliğini azalmasını geciktirdiği, CaCl_2 uygulanan ve MAP ortamında

veya MAP olmadan depolanan domates meyvelerinde, CaCl_2 'nin etilen emici maddelere benzer özellik gösterdiği dolayısıyla meyve eti sertliğini arttırdığı UV-C ve CaCl_2 uygulanan domates meyvelerinin, meyve eti sertliğinin kontrole göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Žnidarčič ve diğ., 2010; Genanew, 2013; Mansourbahmani ve diğ., 2017). Araştırmamızda da önceki çalışmalara benzer şekilde farklı renkte LED ışık uygulamalarının, kırılma döneminde hasat edilen domateslerin yumuşamasını geciktirdiği, dolayısıyla kalitesinin korunmasında etkili olduğu belirlenmiştir.

Meyve ve sebzelerde yaşlanmanın veya oluşturulan abiyotik stres şartlarının, dokular üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik olarak yapılan elektrolit sızıntısı ölçümlerinde, tüm uygulamalardaki domates meyvelerinde depolama süresince elektrolit sızıntısının arttığı, buna karşılık en fazla sızıntının kontrol grubunda; en düşük sızıntının ise mavi LED uygulamasındaki domateslerde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yapılan LED ışık uygulamalarından özellikle mavi ve kırmızı LED aydınlatmalarının, meyvelerin yaşlanmasını geciktirdiği bu nedenle elektrolit sızıntısının diğer uygulamalardan daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Beyaz ve yeşil aydınlatma altındaki domateslerin elektroliz sızıntısı kontrole çok yakın bulunmuştur.

Tüm meyve ve sebzelerde depolama süresince su kayıplarına bağlı olarak ağırlık kayıpları meydana gelmektedir. Dolayısıyla, depolama süresince ağırlık kaybının azaltılması son derece önemlidir. Araştırmamızda genel olarak tüm uygulama gruplarında ağırlık kaybında artış olmakla birlikte bu ağırlık kayıplarının önemsenmeyecek düzeyde az olduğu ve depolama sonunda %1,56 (KR) ile %3,33 (K) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca LED uygulamaları arasında özellikle KR ve B uygulamalarının ağırlık kaybının azaltılmasında diğerlerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda domateslerdeki ağırlık kayıplarının oda sıcaklığında bekletilen domateslerde daha yüksek olduğu (Javanmardi, 2006); 28 gün süreyle 5 °C ve 10 °C sıcaklıkta depolanmış yarı-kırmızı domates (cv. Belle), meyvelerinde ağırlık kayıplarının, 10°C'de sıcaklıkta %18,7 iken, 5 °C'deki meyvelerde %9,6 olduğu 4, 20 ve 30 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta depolanan domates meyvelerinde ise 4 °C depolamanın, 20 ve 30 °C sıcaklıklarda depolamaya göre ağırlık kaybını önemli oranda önlediği, 20 ve 30 °C'de

saklanan domates meyvelerinin ağırlık kaybının önemli oranda arttığı tespit edilmiştir (Žnidarčič ve diğ., 2010; Tadesse ve diğ., 2015). Buna karşılık Okolie ve Sanni (2012) domateslere sodyum metabisülfid, kalsiyum klorüre daldırma, sitrik asite daldırma, limon suyuna daldırma, Shea yağı ile kaplama, sıcak su daldırma uygulamaları yapılarak; normal ortam ve soğuk depo olmak üzere iki depolama ortamında 28 günden daha fazla depolanan domateslerde, fizyolojik ağırlık kaybının (PLW), tüm uygulamalarda normal atmosferde depolamaya kıyasla, soğukta depolanan domateslerde daha az olduğu; sodyum metabisülfid daldırma (SMB 0,73) uygulamasındaki domateslerin ağırlık kaybının en az olduğu ve bunun hem soğuk (0,31) hem de normal atmosfer (1,15) saklama koşulları altında; diğer tüm uygulamalara göre önemli ölçüde daha düşük olduğu belirtilmiştir (Okolie ve Sanni, 2012). Araştırmamızda da ağırlık kayıplarının oldukça düşük olması düşük sıcaklıkta depolamadan kaynaklanmaktadır. Moneruzzaman ve ark. (2009), değişik aşamalarda hasat ettikleri Roma VF domates (*Lycopersicon esculentum* Mill) çeşidi meyvelerinde en yüksek ağırlık kaybının yeşil olgun domateslerde görüldüğünü, yarı-olgun domatesin ağırlık kaybının, olgunluk aşamaları arasında fark olmaksızın, depolama süresinin artışı ile arttığını ayrıca kontrol meyvelerinin ağırlık kaybının diğer uygulamalardan yüksek olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde Gharezi ve diğ. (2012) pembe aşamada hasat ettikleri ve %2 CaCl₂ ile %5 asetik asit uyguladıkları Marilee red (*Lycopersicon esculentum* Mill) domates çeşidinde; CaCl₂ uygulanan meyvelerin ağırlık kaybının, kontrol ve asetik asit uygulanan meyvelerden daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Ali ve diğ. (2010); % 10 arap sakızı ile kaplanan meyvelerin ağırlık kaybının, kontrol meyvelerine göre önemli oranda gecikme gösterdiğini, Dilmaçunal ve diğ. (2011) domates mumu (Domates balmumu, %99 gıda sınıfı mineral yağ ve %1 sudan formüle edilmiş bir mumdur), besin çözeltisi (% 1 potasyum nitrat+%0,5 çinko sülfat+%1 kalsiyum klorür +%0,1 bor +%0,2 bakır sülfat+%0,5 askorbik asit +%0,1 salisilik asit) ve bitkisel yağ (Yüksek düzeyde antioksidan içeren fındık meyve zarından elde edilen doğal bir yağdır) uyguladıkları salkım domates meyvelerinde; domates mumu uygulamasının, diğer uygulamalara göre ağırlık kaybını sınırladığını saptamışlardır. Liu ve Jahangir (2012) yeşil-olgun domates meyvelerine 4 kJ/m² UV-C veya 20 kJ/m² UV-B ışını uyguladıktan sonra 2 °C'de 20 gün, ardından 20 °C'de 10 gün depolamışlar ve UV ışınlanmasının, 20 °C sıcaklıkta depolama sırasında; ağırlık kaybını azalttığı tespit etmişlerdir. Mevcut

çalışmada da LED ışık altında düşük sıcaklıkta depolanan domates meyvelerinde ağırlık kayıplarının kontrol grubuna göre daha az bulunması, LED aydınlatmanın ağırlık kaybının azaltılmasında etkili olduğu kanısını uyandırmıştır.

Araştırmamızda; bütün uygulama gruplarında depolamanın 14. gününe kadar hiç çürüme oluşmazken, 21. günden itibaren ise K ve Y uygulamaları dışındaki uygulamalarda meyvelerde çürümelerin başladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte çalışmada mavi LED uygulanan domateslerin çürüme oranının en düşük olduğu, bu uygulamayı KR, K, Y ve B uygulamalarının izlediği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çürümelerin azaltılmasında özellikle mavi ve kırmızı ışığın etkili olduğu görülmüştür. Lei ve diğ. (2016), yeşil-olgun (kırılma aşaması) aşamada hasat ettikleri ve 4 °C sıcaklıkta 20 gün süreyle sürekli olarak kırmızı ve mavi LED ışık uyguladıkları depoladıkları kiraz domatesi meyvelerinin kalitesinin kontrol grubuna göre daha iyi korunduğunu, kontrol grubundaki meyvelerin ise şiddetli şekilde yumuşadığını, kabukta belirgin kara benekler ve mantar çürüme lekeleri şeklinde kalite kayıplarının ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen sonuç, araştırmacıların sonuçları ile uyumludur. LED ışıkların farklı ürünlerde yüzey dezenfeksiyonu sağladığı yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Buna göre LED ışık uygulamaları ile ürünlerin yüzeyindeki mikroorganizma miktarı azaltılarak ürünün muhafaza süresi uzatıldığı, örneğin *Penicillium italicum* ile inoküle edilen Satsuma mandarinlerinde (*Citrus unshiu* Marc.), mavi LED ışık (465 nm, 80 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) uygulamasının, mavi küfe karşı antifungal etki gösterdiği belirlenmiştir (Yamaga ve diğ., 2015). Çalışmamızda da LED ışıkların çürümelerin azaltılmasında etkili olduğu bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Zahide çeşidi domates meyvelerine farklı renkte (kırmızı, mavi, yeşil ve beyaz) LED aydınlatmanın depolama süresince domates meyvelerinin kalitesi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

- Denemede elde edilen sonuçlara göre; toplam çözünür fenol miktarındaki artışın, kontrol grubunda en fazla olduğu gözlenmiş olup, KR ve Y LED uygulamalarındaki artışın, en az seviyede olduğu belirlenmiştir.
- LED uygulamalarının; L^* renk değeri üzerine olumsuz etki göstermiş olduğu tespit edilmiş olup, meyvelerin daha fazla matlaşmasına neden olmuştur.
- Yapılan uygulamaların a^* renk değeri üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiştir.
- Genel olarak tüm uygulamalarda b^* renk değeri, depolama süresine paralel olarak azalmış olmakla birlikte; bu azalmanın kontrol grubu dışındaki tüm uygulamalarda daha az olduğu görülmüştür.
- Domates meyvelerinin gerçek rengini oluşturan hue açısı değerinin, kırmızı ve beyaz LED uygulamalarında daha yüksek olduğu bulunmuştur.
- M ve Y LED uygulamalarının kırmızılık indeksi değerlerini diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı buna karşılık KR ve B LED uygulamalarının, sarılık indeksi değerinin yükselmesi üzerine diğer uygulamalara göre daha fazla etkili olduğu tespit edilmiştir.
- Kırılma döneminde hasat edilen domateslerde; depolamanın başlangıcında olgunlaşmaya bağlı olarak artan SÇKM, devamında yaşlanma ve solunum sebebiyle azalmış olup uygulamalar arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir.
- Araştırmada, LED ışık uygulamalarının fruktoz miktarının azalması yönünde etki ettiği, bu etkinin de B LED uygulamasında en yüksek değerde olduğu görülmüştür.
- Fruktoz ve glikoz miktarı; depolama süresince azalma gösterirken, sakkaroz miktarı tüm uygulamalarda başlangıç değerine yakın olarak korunmakla

birlikte, en düşük sakkaroz miktarının M LED uygulamasında olduğu saptanmıştır. Bütün bu sonuçlara göre farklı LED uygulamaları, glikoz ve früktozda parçalanmaya neden olduğu, sakkaroz üzerinde ise böyle bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

- Farklı renkteki LED uygulamaların domatesteki titrasyon asitliği değeri üzerine herhangi bir etkisi gözlemlenmemiştir.
- Meyve eti sertliği en fazla kontrol grubu meyvelerde azalmış olup, özellikle KR ve B LED uygulanan meyvelerde meyve eti sertliğinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla LED uygulamalarının meyve eti sertliğinin korunumunda etkili olduğu görülmüştür.
- Depolamanın sonunda en düşük elektrolit sızıntısı değeri M LED uygulamasında ölçülmüş olup, bunun da meyvenin yaşlanması üzerine geciktirici etkisi sözkonusudur.
- LED uygulamalarının ağırlık kaybı üzerine önemli bir etkisi tespit edilmemiş olmasına rağmen depolama süresinin sonunda en fazla ağırlık kaybının kontrol grubunda olduğu, en az ağırlık kaybının da KR LED uygulamasında olduğu tespit edilmiştir.
- Denemede, özellikle M ve KR LED ışık uygulamalarının çürümenin düşük seyretmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, mavi LED uygulamasının, kırılma döneminde hasat edilen domateslerin depoda olgunlaşması sırasında genel kaliteyi diğer uygulamalardan daha iyi koruduğu saptanmıştır. Ayrıca, özellikle çürümelerin azaltılmasında mavi ve kırmızı ışığın etkili olduğu da görülmüştür.

Bu nedenle daha sonraki çalışmalarda, domates meyvelerinin kalitesinin korunması açısından kırmızı ve mavi ışık ile birlikte kullanılacak diğer uygulamaların da denenmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

Aguayo E., Escalona V. H., Artes F., Effect of Cyclic Exposure to Ozone Gas on Physicochemical, Sensorial and Microbial Quality of Whole and Sliced Tomatoes, *Postharvest Biology and Technology*, 2006, **39**, 169-177.

Akbudak B., Akbudak N., Seniz V., Eris A., Sequential Treatments of Hot Water and Modified Atmosphere Packaging in Cherry Tomatoes, *Journal of Food Quality*, 2007, **30**, 896-910.

Ali A., Maqbool M., Ramachandran S., Alderson P. G., Gum Arabic as a Novel Edible Coating for Enhancing Shelf-life and Improving Postharvest Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 2010, **58**(1), 42-47.

Allende A., Tomas-Barberan F. A., Gil M. I., Minimal Processing for Healthy Traditional Foods, *Trends in Food Science & Technology*, 2006, **17**, 513-519.

Artes F., Gomez P. A., Artes-Hernandez F., Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables, *Stewart Postharvest Review*, 2006, **5**(2), 1-13.

Azzolini M., Fisiologiapós Colheita de Goiabas ‘Pedro Sato’: Estádios de Maturação e Padrões Piratório, Mestradoem Fisiologia e Bioquímica de Plantas, Piracicaba Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002, 112.

Baldwin E. A., Nisperos-Carriedo M. O., Baker R. A., Use of Edible Coatings to Preserve Quality of Lightly (and slightly) Processed Products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1995, **35**(6), 509-24.

Beaudry R. M., Future Trends and Innovations in Controlled Atmosphere Storage and Modified Atmosphere Packaging Technologies, *ISHS Acta Horticulturae 876 X International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference*, Antalya, Türkiye, 29 October 2010.

Beckles D. M., Factors Affecting The Postharvest Soluble Solids and Sugar Content of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 2012, **63**, 129-140.

Bruhn C., Gorny J. R., Kader A. A., Mitcham E. J., Produce Irradiation: Recommendations for Maintaining Produce Postharvest Quality, Safety & Marketability, Postharvest Technology Research & Information Center 2009, <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1208.pdf> (Ziyaret tarihi: 5 Aralık 2018).

Cantwell M., Suslow T. V., Tomato: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Safety & Marketability, Postharvest Technology Research & Information Center 2002, <http://postharvest.ucdavis.edu/files/259455.pdf> (Ziyaret tarihi: 5 Aralık 2018).

Chalker-Scott L., Fuchigami L. H., The Role of Phenolic Compounds in Plant Stress Responses, Editors: Li P. H., *Low Temperature Stress Physiology in Crops*, 1st ed., CRC Press, Boca Raton, 67-81, 1989.

Charles M. T., Kalantari, S., Corcuff R., Arul J., Postharvest Quality and Sensory Evaluation of UV-treated Tomato Fruit, *Acta Horticulturae*, 2005, **682**, 537-542.

Deng L., Hu C., Li J., Ritenour, M. A., Effects of Blue or Red LED Light Irradiation on Postharvest Degreening of Citrus Fruit, *American Society for Horticultural Science*, Atlanta, U.S.A., 11 August 2016.

Dhake R., Baek K. H., Metabolic Alteration in The Accumulation of Free Amino Acids and Y-aminobutyric Acid in Postharvest Mature Green Tomatoes Following Irradiation with Blue Light, *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 2014a, **55**, 36-41.

Dhake R., Baek K. H., Short Period Irradiation of Single Blue Wavelength Light Extends The Storage Period of Mature Green Tomatoes, *Postharvest Biology and Technology*, 2014b, **90**, 73-77.

Dilmaçunal T., Koyuncu M. A., Aktaş H., Bayındır D., The Effects of Several Postharvest Treatments on Shelf Life Quality of Bunch Tomatoes, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2011, **39**(2), 209-213.

Dumville J. C., Fry S. C., Uronic Acid Derived Oligosaccharides: Their Biosynthesis Degradation and Signaling Role in Non-diseased Plant Tissues, *Plant Physiology and Biochemistry*, 2000, **38**, 125-140.

El-Assi N., Huber D. J., Brecht J. K., Irradiation-Induced Changes in Tomato Fruit and Pericarp Firmness, Electrolyte Efflux, and Cell Wall Enzyme Activity as Influenced by Ripening Stage, *Journal of The American Society for Horticultural Science*, 1997, **122**(1), 100-106.

Genanew T., Effect of Post Harvest Treatments on Storage Behavior and Quality of Tomato Fruits, *World Journal of Agricultural Sciences*, 2013, **9**(1), 29-37.

Ghanem W., Verdonk J., Schouten R., Effect of Post-harvest LED Lighting on Colour Development in Tomato, Wageningen University & Research, <https://www.wur.nl/en/article/Effect-of-Post-harvest-LED-lighting-on-colour-development-in-tomato..htm> (Ziyaret tarihi: 10 Ocak 2019).

Gharezi M., Joshi N., Sadeghian E., Effect of Post Harvest Treatment on Stored Cherry Tomatoes, *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2012, **2**, 8.

Gong D., Cao S., Shenge T., Shaoa J., Song C., Wo F., Chena W., Yanga Z., Effect of Blue Light on Ethylene Biosynthesis, Signalling and Fruit Ripening on Postharvest Pecahees, *Scientia Horticulturae*, 2015, **197**, 657-664.

González- Aguilar G. A., Ruiz-Cruz S., Soto-Valdez H., Vázquez- Ortiz F., Pacheco-Aguilar, R., Wang C. Y., Biochemical Changes of Fresh-cut Pineapple Slices Treated with Antibrowning Agents, *International Journal of Food Science & Technol*, 2005, **40**(4), 377-383.

Gupta S. D., *Light Emitting Diodes for Agriculture, Smart Lighting*, 1st ed., Springer Nature, Singapore, 2017.

Gyimah L. A, Investigations into The Shelf Life and Nutritional Quality of Fresh Tomato Fruit (*Solanum lycopersicon*) Following Two Post-harvest Treatments, Master's Thesis, University of Ghana, School of Nuclear Agriculture and Radiation Processing, Legon, 2013, 45027085.

Javanmardi J., Kubota C., Variation of Lycopene, Antioxidant Activity, Total Soluble Solids and Weight Loss of Tomato during Postharvest Storage, *Postharvest Biology and Technology*, 2006, **41**(2), 151-155.

Kader A. A., Potential Applications of Ionizing Radiation in Postharvest Handling of Fresh Fruit and Vegetables, *Food Technology*, 1986, **40**(6), 117-121.

Kader A. A., Saltveit M. E., Respiration and Gas Exchange, Editors: Bartz J. A., Brecht J. K., *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, 2nd ed., Marcel Dekker, New York, 7-28, 2003.

Kanazawa K., Hashimoto T., Yoshida S., Sungwon P., Fukuda S., Short Photoirradiation Induces Flavonoid Synthesis and Increases its Production in Postharvest Vegetables, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, **60**(17), 4359-4368.

Kasım M. U., Kasım R., Postharvest UV-B Treatments Increased Fructose Content of Tomato (*Solanum lycopersicon* L. cv. Tayfun F1) Harvested at Different Ripening Stages, *Food Science and Technology*, 2015, **35**(4), 742-749.

Kasım R., Kasım M. U., Sebzelerde Etilenin Önemi ve 1-Metilsiklopropen (1-MCP)'in Kullanımı, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2007, **22**(2), 227-231.

Kasım R., Şanlıbaba P., Kasım M. U., The Antioxidant Effects of Berry Fruits, Conference: *I. International Congress on Medicinal and Aromatic Plants "Natural and Health Life"*, Konya, Türkiye, 10-12 Mayıs 2017.

Kim B., Lee H., Kim J., Kwon K., Cha H., Kim J., An Effect of Light Emitting Diode (LED) Irradiation Treatment on The Amplification of Functional Components of Immature Strawberry, *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 2011, **52**(1), 35-39.

Kokalj D., Hribar J., Gigić B., Slatić E., Demsar L., Sinković B., Sircilj H., Bizjak G., Vidrih R., Influence of Yellow Light-emitting Diodes at 590 nm on Storage of

Apple, Tomato and Bell Pepper Fruit, *Food Technology Biotechnology*, 2016, **54**(2), 228-235.

Kondo S., Tomiyama H., Rodyoung A., Okawa K., Ohara H., Sugaya S., Terahara N., Hirai N., Abscisic Acid Metabolism and Anthocyanin Synthesis in Grape Skin are Affected by Light-emitting Diode (LED) Irradiation at Night, *Journal of Plant Physiology*, 2014, **171**(10), 823-829.

Kulbat K., The Role of Phenolic Compounds in Plant Stress Responses, *Biotechnology and Food Science*, 2016, **80**(2), 97-108.

Lattanzio V., Phenolic Compound, Editors: Ramawat K., Mérillon J. M., *Natural Products*, 1st ed., Springer, Berlin, 1543-1580, 2013.

Lee Y. J., Ha J. Y., Oh J. E., Cho M. S., The Effect of LED Irradiation on The Quality of Cabbage Stored at a Low Temperature, *Food Science and Biotechnology*, 2014, **23**(4), 1087-1093.

Lei J., Zhang N., Yan R., Xu L., Li Y., Guan W., Red and Blue LED Weak Light Irradiation Maintaining Quality of Cherry Tomatoes during Cold Storage, *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, **32**(9), 248-254.

Li S., Schouten R. E., Verdonk J., The Influence of Postharvest Light Treatments on Strawberries Quality Aspects, Wageningen University & Research, <https://www.wur.nl/en/article/The-influence-of-postharvest-light-treatments-on-strawberries-quality-aspects..htm> (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2018)

Liu C., Jahangir M. M., Alleviation of Chilling Injury in Postharvest Tomato Fruit by Preconditioning with Ultraviolet Irradiation, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2012, **92**(15), 3016-3022.

Liu J., Stevens C., Khan V. A., Lu J. Y., Wilson C. L., Adeyeye O., Kabwe M .K., Pusey P. L., Chalutz E., Sultana T., Droby S., Application of Ultraviolet-C Light on Storage Rots and Ripening of Tomatoes, *Journal of Food Protection*, 1993, **56**(10), 868-873.

Liu L. H., Zabarás D., Bennett L. E., Aguas P., Woonton B. W., Effects of UV-C, Red Light and Sun Light on The Carotenoid Content and Physical Qualities of Tomatoes during Post-harvest Storage, *Food Chemistry*, 2009, **115**(2), 495-500.

López Camelo A. F., Gómez P.A., Comparison of Color Indexes for Tomato Ripening, *Horticultura Brasileira*, 2004, **22**, 3.

Lu S. W., Li T. L., Jiang J., Effects of Tomato Fruit under Na⁺-salt and Cl⁻-salt Stresses on Sucrose Metabolism, *African Journal of Agricultural Research*, 2010, **5**(16), 2227-2231.

Lurie S., Klein J. D., Ripening Characteristics of Tomatoes Stored at 12-Degrees-C and 2-Degrees-C Following a Prestorage Heat-treatment, *Scientia Horticulturae*, 1992, **51**(1-2), 55-64.

Ma G., Zhang L., Kato M., Yamawaki K., Kriiwa Y., Yahata M., Ikoma Y., Matsumoto H., Effect of Blue and Red LED Light Irradiation on β -cryptoxanthin Accumulation in The Flavedo of Citrus Fruits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, **60**(1), 197-201.

Ma G., Zhang L., Setiawan C. K., Yamawaki K., Asai T., Nishikawa F., Maezawa S., Sato H., Kanemitsu N., Kato M., Effect of Red and Blue LED Light Irradiation on Ascorbate Content and Expression of Genes Related to Ascorbate Metabolism in Postharvest Broccoli, *Postharvest Biology and Technology*, 2014, **94**, 97-103.

Majidi H., Minaei S., Almassi M., Mostofi Y., Tomato Quality in Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Packaging and Cold Storage, *Journal of Food Science and Technology*, 2014, **51**(9), 2155-2161.

Mansourbahmani S., Sepideh Kalatejari B. G., Vahid Zarinnia R. S., Effect of Post-harvest UV-C Irradiation and Calcium Chloride on Enzymatic Activity and Decay of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Fruit during Storage, *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, **16**(9), 2093-2100.

Meena O. P., Bahadur V., Jagtap A., Saini P., Genetic Analysis of Agronomic and Biochemical Variables Among Different Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Accessions, *Journal of Applied and Natural Science*, 2015, **7**(2), 806-816.

Moneruzzaman K. M., Hossain A. B. M. S., Sani W., Saifuddin M., Alenazi M., Effect of Harvesting and Storage Conditions on The Post Harvest Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Roma VF, *Australian Journal of Crop Science*, 2009, **3**(2), 113-121.

Okolie N. P., Sanni T. E., Effect of Post Harvest Treatments on Quality of Whole Tomatoes, *African Journal of Food Science*, 2012, **6**(3), 70-76.

Panjai L., Noga G., Fiebig A., Hunsche M., Effects of Continuous Red Light and Short Daily UV Exposure during Postharvest on Carotenoid Concentration and Antioxidant Capacity in Stored Tomatoes, *Scientia Horticulturae*, 2017, **226**, 97-103.

Pataro G., Sinik M., Capitoli M. M., Donsi G., Ferrari G., The Influence of Post-harvest UV-C and Pulsed Light Treatments on Quality and Antioxidant Properties of Tomato Fruits during Storage, *Innovative, Food Science & Emerging Technologies*, 2015, **30**, 103-111.

Pristijono P., Papoutsis K., Scarlett C. J., Golding J. B., Postharvest UV-C Treatment Combined with 1-Methylcyclopropene (1-MCP), Followed by Storage in Continuous Low-level Ethylene Atmosphere, Improves The Quality of Tomatoes, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2017, **92**(5), 521-529.

Saltveit M. E., Morris L. L., Overview on Chilling Injury of Horticultural Crops, Editors: Wang, C. Y., *Chilling Injury of Horticultural Crops*, 1st ed., CRC Press, Boca Raton, 1990.

Saltveit M. E., Temperature Extremes, Editors: Bartz J. A., Brecht J. K., *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, 2nd ed., CRC Press, 457-483, 2003.

Sandhya, Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs, *LWT - Food Science and Technology*, 2010, **43**, 381-392.

Sharma A., Postharvest Processing of Fruits and Vegetables by Ionizing Radiation, Editors: Dris R., Jain S. M., *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, 1st ed., Springer Netherlands, Dordrecht, 261-295, 2004.

Singh A., Singh D., Singh R., Shelf Life Extension of Tomatoes by Gamma Radiation, *Radiation Science and Technology*, 2016, **2**(2), 17-24.

Sood M., Kaul R. K., Singh A., Effect of Post Harvest Treatments on Changes in Sugar and Lycopene Content of Tomato (*Lycopersicon esculentum*), *World Journal of Agricultural Sciences*, 2011, **7**(5), 613-616.

Suslow T. V., Cantwell M., Tomato: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Postharvest Center University of California 2009, http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=36&ds=799 (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2018)

Tadesse T. G., Ibrahim A. M., Abteu W. G., Degradation and Formation of Fruit Color in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Response to Storage Temperature, *American Journal of Food Technology*, 2015, **10**(4), 147-157.

Tassoni A., Watkins C. B., Davies P. J., The Effect of 1-MCP Treatment on Ripening in Tomato Fruit: Changes in Ethylene, Polyamines, and Associated Gene Expression, *Journal of Experimental Botany*, 2006, **12**, 3313-3320.

URL – 1: <http://www.turkomp.gov.tr/food-168>, (Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2018).

URL – 2: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2018).

URL – 3: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27635>, (Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2018).

URL – 4: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, (Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2018).

URL – 5: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362004000300006, (Ziyaret tarihi: 29 Aralık 2018).

URL – 6: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11529?n1=%7BQv%3D1%7D&fgcd=&man=&facet=&count=&max=&sort=&qlookup=&offset=&format=Abridged&new=&measureby=&ds=&Qv=1&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>, (Ziyaret tarihi: 29 Aralık 2018).

Vargas M., Pastor C., Chiral, A., McClements D. J., Gonzalez-Martinez C., Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2008, **48**(6), 496-511.

- Vunnam R., Hussain A., Nair G., Bandla R., Garipey Y., Donnelly D. J., Kubow S., Raghavan G. S. V., Physico-chemical Changes in Tomato with Modified Atmosphere Storage and UV Treatment, *Journal of Food Science and Technology*, 2014, **51**(9), 2106-2112.
- Watkins C. B., The Use of 1-Methylcyclopropene (1- MCP) on Fruits and Vegetables, *Biotechnology Advances*, 2006, **24**, 389-409.
- Xu F., Cao S., Shi L., Yang Z., Blue Light Irradiation Affects Anthocyanin Content and Enzymes Activities Involved in Postharvest Strawberry Fruit, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014a, **62**(20), 4778-4783.
- Xu F., Shi L., Chen W., Cao S., Su X., Yang Z., Effect of Blue Light Treatment on Fruit Quality, Antioxidant Enzymes and Radical-scavenging Activity in Strawberry Fruit, *Scientia Horticulturae*, 2014b, **175**, 181-186.
- Yamaga I., Takahashi T., Ishii K., Kato M., Kobayashi Y., Antifungal Effect of Blue LED Irradiation on The Blue Mold *Penicillium italicum* in Satsuma Mandarin Fruits, *Horticultural Research (Japan)*, 2015, **14**(1), 83-87.
- Zhuang R. Y., Huang Y. W., Influence of Hydroxypropyl Methylcellulose Edible Coating on Fresh-keeping and Storability of Tomato, *Journal of Zhejiang University*, 2003, **4**(1), 109-113.
- Žnidarčič D., Ban D., Oplanić M., Karić L., Požrl T., Influence of Postharvest Temperatures on Physicochemical Quality of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.), *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 2010, **8**(1), 21-25.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kasım R., **Arslan T.**, Meyve ve Sebzelere Kalitenin Korunması için Hasat Sonrası Işık Uygulamaları (Postharvest Irradiation Treatments for Preservation Quality of Fresh Fruit and Vegetables), *TARGID İç Anadolu Bölgesi 3. Tarım ve Gıda Kongresi (Uluslararası Katılımlı)*, Sivas, Türkiye, 26-28 Ekim 2017.



ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Samsun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Samsun'da tamamladı. 1994 yılında başladığı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden 1998 yılında mezun oldu. 1998-2000 yılları arasında ücretli öğretmenlik yaptı. 2000-2001 yılları arasında Samsun Karadenizbirlik Genel Müdürlüğü'nde ziraat mühendisi olarak görev yaptı. 2004-2007 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Köy-Mer Projesi(1000 Köye 1000 Tarım Danışmanı Projesi) kapsamında İzmit'in Akmeşe Köyü'nde görev yaptı. 2007 yılından itibaren İzmit İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'nde ziraat mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve iki çocuk sahibidir.