

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI



KİRAZ MEYVELERİNİN BİYOAKTİF VE KALİTE
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE HASAT SONRASI OKSALİK ASİT
VE SİTRİK ASİT UYGULAMALARININ ETKİSİ

BAHÇE BİTKİLERİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERDANCAN ÇORUM

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. MUTTALİP GÜNDOĞDU

BOLU, TEMMUZ - 2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

Merdançan ÇORUM tarafından hazırlanan “**KİRAZ MEYVELERİNİN BİYOAKTİF VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE HASAT SONRASI OKSALİK ASİT VE SİTRİK ASİT UYGULAMARININ ETKİSİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği kabul edilmiştir. 28/07/2025

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Muttalip GÜNDOĞDU
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. İhsan CANAN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. Orhan KARAKAYA
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

.....

MERDANCAN ÇORUM

ÖZET

**KİRAZ MEYVELERİNİN BİYOAKTİF VE KALİTE ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE HASAT SONRASI OKSALİK ASİT VE SİTRİK ASİT
UYGULAMALARININ ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MERDANCAN ÇORUM
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
BAHÇE BİTKİLERİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. MUTTALİP GÜNDOĞDU)
BOLU, TEMMUZ - 2025
XII + 63 sayfa**

Bu araştırma, kiraz meyvelerinde hasat sonrası meydana gelen kalite kayıplarını azaltmak ve biyoaktif bileşenlerin korunmasını sağlamak amacıyla, 1 mM oksalik asit, 1 mM sitrik asit ve 1 mM oksalik & sitrik asit uygulamalarının etkilerini değerlendirmek üzere yürütülmüştür. Afyonkarahisar ilinden temin edilen 0900 Ziraat kiraz çeşidi meyveleri, her bir uygulama için üç tekerrürlü olacak şekilde 250 gramlık örnekler halinde hazırlanmış; 1 °C sıcaklık ve %90 bağıl nem koşullarında 30 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresince her 10 günde bir alınan örneklerle; ağırlık kaybı, çürüme oranı, meyve eti sertliği, suda çözünabilir kuru madde (SÇKM), pH, titre edilebilir asitlik (TEA), renk parametreleri (L^* , a^* , b^* , kroma, hue°), solunum hızı, toplam fenolik madde, DPPH indirgenme aktivitesi ve antosiyanin içerikleri analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, her üç uygulamanın da meyve kalitesinin korunmasında etkili olduğunu; özellikle oksalik & sitrik asit uygulamasının çürüme oranı ve ağırlık kaybını en düşük seviyelerde tuttuğunu ve meyve eti sertliği ile fenolik bileşik ve antioksidan kapasiteyi en yüksek düzeyde muhafaza ettiğini göstermiştir. Bu sonuçlar oksalik ve sitrik asitlerin bireysel veya kombine şekilde uygulanmasının, kiraz meyvesinin ticari kalitesini artırmak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla hasat sonrası süreçlerde doğal ve etkili bir strateji olabileceğini ortaya koymaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Kiraz, Oksalik Asit, Sitrik Asit, Biyoaktif Bileşikler, Raf Ömrü

ABSTRACT

EFFECT OF POST-HARVEST OXALIC ACID AND CITRIC ACID TREATMENTS ON BIOACTIVE AND QUALITY PROPERTIES OF CHERRY FRUITS

MSC THESIS

MERDANCAN ÇORUM

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

HORTICULTURAL DEPARTMENT

(SUPERVISOR: PROF. DR. MUTTALIP GUNDOGDU)

BOLU, JULY 2025

XII + 63 pages

This study aimed to evaluate the effects of post-harvest applications of 1 mM oxalic acid, 1 mM citric acid and a combination of both on quality and bioactive properties of sweet cherry fruits. The 0900 Ziraat cultivar was harvested from Afyonkarahisar, Türkiye. Fruits were divided into 250 g samples with three replications and stored at 1 °C and 90% relative humidity for 30 days. At 10 day intervals, physical, chemical and biochemical parameters were analyzed, including weight loss, decay rate, fruit firmness, soluble solids content (SSC), pH, titratable acidity (TA), color attributes (L^* , a^* , b^* , chroma, hue°), respiration rate, total phenolic content, DPPH scavenging activity and anthocyanin content. All treatments reduced quality losses during storage. The oxalic acid & citric acid combination was the most effective, providing the lowest weight loss and decay rates and highest retention of firmness, phenolic compounds and antioxidant activity. The findings demonstrated that post-harvest organic acid applications improve storage performance and help preserve the commercial quality of sweet cherry fruits.

KEYWORDS: Sweet cherry, Oxalic acid, Citric acid, Bioactive compounds, Shelf life,

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ	ix
FOTOĞRAF LİSTESİ	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xi
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özetleri	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	16
2.1 Bitki Materyali.....	16
2.2 Metot.....	17
2.2.1 Ağırlık Kaybı (%).....	18
2.2.2 Solunum Hızı ($\text{mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$).....	18
2.2.3 Meyve Eti Sertliği (kg cm^{-2}).....	19
2.2.4 pH	20
2.2.5 Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM) (%).....	21
2.2.6 Titre Edilebilir Asitlik (TEA) (%).....	21
2.2.7 Meyve Kabuk Rengi (L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue).....	21
2.2.8 Çürüme Oranı (%)	22
2.2.9 Toplam Fenolik (mg GAE kg^{-1})	22
2.2.10 DPPH İndirgenme Aktivitesi (mmol TE kg^{-1})	23
2.2.11 Toplam Antosiyanin Miktarı (mg cyn-3-gluc/ kg)	24
2.2.12 İstatiksel Analizler	25
3. BULGULAR	26
3.1 Ağırlık Kaybı	26
3.2 Çürüme Oranı	27
3.3 SÇKM.....	28
3.4 pH	29
3.5 Titre Edilebilir Asitlik.....	31
3.6 Meyve Eti Sertliği.....	32
3.7 Solunum Hızı	33
3.8 Meyve Eti Rengi	35
3.8.1 L^* Değeri.....	35
3.8.2 a^* Değeri	35

3.8.3 b* Değeri	36
3.8.4 c Değeri (Chroma).....	36
3.8.5 Hue Değeri	37
3.9 Toplam Antosiyanin	39
3.10 Toplam Fenolik	39
3.11 DPPH.....	40
3.12 Biyokimyasal Özelliklerin Temel Bileşen Analizi.....	43
3.13 Biyokimyasal Özelliklerin Isı Haritası Analizi	44
4. TARTIŞMA	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	59



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Renk ölçümünde kullanılan L*, a*, b*, Hue ve Kroma (Chroma) değerlerinin diyagramı (Kulcu, 2018).....	22
Şekil 3.1. Depolama süresince asit uygulamalarının ağırlık kaybı üzerine etkisi.	26
Şekil 3.2. Depolama süresince asit uygulamalarının çürüme oranı üzerine etkisi.	27
Şekil 3.3. Depolama süresince asit uygulamalarının SÇKM üzerine etkisi.	28
Şekil 3.4. Depolama süresince asit uygulamalarının pH üzerine etkisi.	29
Şekil 3.5. Depolama süresince asit uygulamalarının TEA üzerine etkisi.	31
Şekil 3.6. Depolama süresince asit uygulamalarının meyve eti sertliği üzerine etkisi.	32
Şekil 3.7. Depolama süresince asit uygulamalarının solunum oranı üzerine etkisi.	33
Şekil 3.8. Depolama süresince sitrik asit ve oksalik asittin meyvelerin biyokimyasal özellikleri üzerine etkisinin PCA (Temel Bileşen Analizi) ile tanımlanması.	44
Şekil 3.9. Depolama süresince sitrik asit ve oksalik asittin meyvelerin biyokimyasal özellikleri üzerine etkisinin Heatmap analizi ile tanımlanması.	45

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Kiraz üretiminde ilk 7 ülke, üretim miktarları ve alanları (FAO, 2022).	2
Tablo 1.2. Türkiye kiraz üretiminde ilk 7 il, üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2023).	2
Tablo 1.3. Dünya kiraz ihracatında öncü ülkeler (OEC, 2022).	3
Tablo 3.1. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi..	30
Tablo 3.2. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin TA (toplam asitlik), MES (meyve eti sertliği) ve solunum oranı üzerine etkisi.	34
Tablo 3.3. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin renk özellikleri üzerine etkisi.	38
Tablo 3.4. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi.....	42

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1. Bitki materyalinin hasat sonrası laboratuvarda görünümü.....	16
Fotoğraf 2.2. Farklı uygulamalara ait kiraz meyvelerinin polietilen delikli kaplara yerleştirilmiş görünümü.	17
Fotoğraf 2.3. Hassas terazi ile ağırlık kaybı ölçümü.....	18
Fotoğraf 2.4. CO ₂ solunum ölçümü.	19
Fotoğraf 2.5. Meyve eti sertliği ölçümü.....	20
Fotoğraf 2.6. pH Ölçümü.	20
Fotoğraf 2.7. Titre edilebilir asitlik (TEA) ölçümü.	21
Fotoğraf 2.8. Toplam fenolik madde analizi öncesi santrifüjleme işlemi.....	23
Fotoğraf 2.9. Dpph indirgenme aktivitesi analizi için hazırlanan numuneler..	24
Fotoğraf 2.10. pH diferansiyel yöntemiyle antosiyanin tayini öncesi pipetleme işlemi.	25

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
ASA	: Asetilsalisilik Asit
CO₂	: Karbondioksit
DPPH	: 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (radikal giderme kapasitesi belirteci)
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
FW	: Taze Ağırlık (Fresh Weight)
g	: Gram
H₂SO₄	: Sülfürik Asit
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
kg	: Kilogram
MAP	: Modifiye Atmosfer Paketleme
MES	: Meyve Eti Sertliği
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
NaOH	: Sodyum Hidroksit
Nm	: Nanometre
OA	: Oksalik Asit
µL	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
PCA	: Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis)
PE	: Polietilen
ppm	: Milyonda Bir (Part Per Million)
Put	: Putresin
SA	: Salisilik Asit
SÇKM	: Suda Çözünür Kuru Madde
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
TEA	: Titre Edilebilir Asitlik
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında bilgi birikimi, akademik rehberliği ve yol göstericiliğiyle bana büyük katkı sağlayan, aynı zamanda lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince gelişimime öncülük eden değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Muttalip GÜNDOĞDU'ya,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında her zaman yapıcı yaklaşımı ve teknik destekleriyle yanımda olan Dr. Akgül TAŞ ve Doç. Dr. Emrah GÜLER'e,

Çalışmam süresince bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, öneri ve katkılarıyla bana değerli destekler sunan Dr. Selma KURU BERK'e,

Meyve materyalinin temininde ve sonraki süreçte verdikleri destekten dolayı Ziraat Yüksek Mühendisi Ertürk İnce ve Ziraat Yüksek Mühendisi Onur Düzen'e,

Her koşulda yanımda olan, sevgisi ve desteğiyle bana güç veren aileme ve bu süreci benimle birlikte sabırla ve inançla paylaşan eşim Aslı'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Kiraz (*Prunus avium* L.), ılıman iklimlerde yetişen ve hem gösterişli meyveleri hem de eşsiz aromasıyla tüketicilerin ilgisini çeken önemli bir sert çekirdekli meyve türüdür. Bu tür, botanik taksonomisinde *Rosaceae* familyasına, *Prunoideae* alt familyasına ait olup *Prunus* cinsinde sınıflandırılmaktadır. Kirazın kökeni, biyolojik çeşitliliğin zengin olduğu Güney Kafkasya, Hazar Denizi çevresi ve Kuzey Doğu Anadolu'ya dayanmaktadır; bu bölgeler, türün genetik ve ekolojik özelliklerinin şekillenmesinde önemli rol oynamıştır (Özbek, 1978; Mete, 2017). Türkiye'de ise yabani kiraz türlerinin, özellikle Toroslar ve Kuzey Anadolu Dağları'nda yaygın olarak bulunduğu gözlemlenmektedir (Webster ve Looney, 1996; Özçağırın vd., 2003; Artık, 2024)

Kiraz, yüksek besin değeri, güçlü bir antioksidan kaynağı olması ve A, K, C, B6 vitaminleriyle magnezyum (Mg) ve potasyum (K) mineralleri bakımından zengin içeriğiyle öne çıkan bir meyvedir (Özçağırın vd., 2011). Taze tüketiminin yanı sıra, sanayi alanında da geniş bir kullanım yelpazesi bulunmaktadır. Sanayide kiraz; şarap, meyve suyu, konserve, dondurulmuş veya kurutulmuş ürünler, şekerleme, pastacılık ve reçel üretimi gibi çeşitli alanlarda işlenmektedir (Küçükçongar ve ark., 2015).

Türkiye'de kiraz üretiminde önemli bir yere sahip olan 0900 Ziraat çeşidi, dünya genelinde en değerli kiraz çeşitlerinden biri olarak öne çıkmakta ve Avrupa'da Türk Kirazı adıyla tanınmaktadır. Pomolojik olarak geniş kalp şekline sahip, iri ve parlak koyu kırmızı renkte olan bu çeşidin uzun ve ince bir sap yapısı bulunmaktadır. Meyve eti, pembemsi kırmızı renkte olup sert, gevrek ve sulu yapısıyla kalite açısından dikkat çekicidir. İri çekirdekleri meyve etine zayıf bir bağla tutunur, meyve çatlamasına karşı dayanıklıdır ve uzun mesafelerde taşımaya son derece elverişlidir (Gerçekçioğlu, 2008).

Tablo 1.1. Kiraz üretiminde ilk 7 ülke, üretim miktarları ve alanları (FAO, 2022).

Ülkeler	Ürün Miktarı (Ton)	Üretim Alanı (Ha)
1. Türkiye	656041	80482
2. Şili	443067	61559
3. Özbekistan	216866	15241
4. ABD	210190	34196
5. İspanya	116070	29310
6. İtalya	107910	28610
7. İran	105389	14589

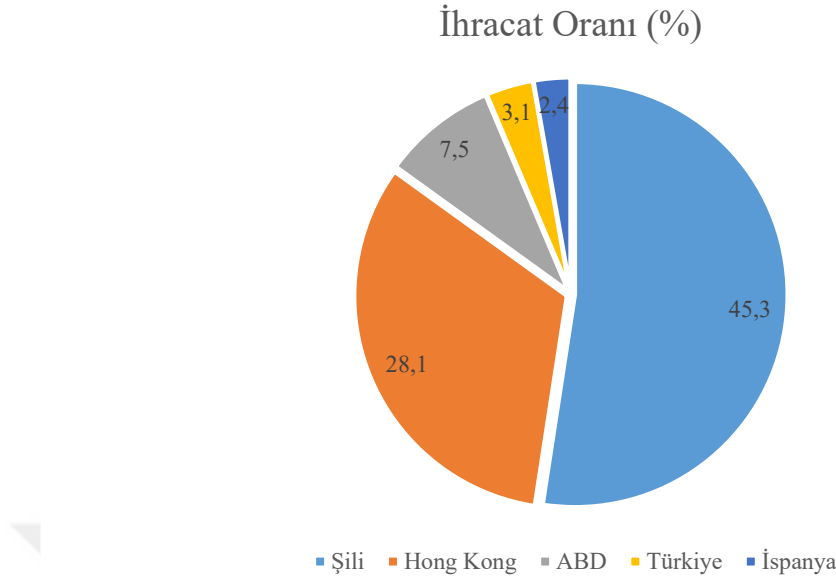
Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2022 yılına ait verilerine dayanarak, Türkiye'nin 656,041 ton üretim miktarı ve 80492 hektarlık üretim alanı ile global kiraz üretiminde lider konumda olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, Türkiye'yi üretim miktarına göre sırasıyla; Şili (443 067 ton), Özbekistan (216 866 ton), Amerika Birleşik Devletleri (210 190 ton), İspanya (116 070 ton), İtalya (107 910 ton) ve İran (105 389 ton) takip etmektedir. Bu veriler, söz konusu ülkelerin kiraz yetiştiriciliğindeki önemli rollerini ve küresel üretimdeki sıralamalarını ortaya koymaktadır (Tablo 1.1).

Tablo 1.2. Türkiye kiraz üretiminde ilk 7 il, üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2023).

İller	2019	2020	2021	2022	2023
1. İzmir	66136	108495	87667	83383	101830
2. Afyonkarahisar	37282	41329	50793	11478	63772
3. Konya	68213	64086	51942	46750	58680
4. Isparta	36533	40746	50281	42813	46565
5. Manisa	48465	50934	49343	48832	44809
6. Bursa	60854	55652	52971	54485	44443
7. Niğde	28458	32887	20068	11397	41710

TÜİK'in 2023 yılı istatistik verilerine göre, Türkiye'de kiraz üretimi önemli ölçüde gerçekleşen iller; İzmir, Afyonkarahisar, Konya, Isparta, Manisa, Bursa ve Niğde'dir (Tablo 1.2).

Tablo 1.3. Dünya kiraz ihracatında öncü ülkeler (OEC, 2022).



Sert çekirdekli meyveler arasında önemli bir konumda olan kiraz, Türkiye'nin yaş meyve üretimi ve ihracatında kayda değer paya sahiptir. Türkiye, dünya kiraz üretiminde lider konumda olup önemli bir üretim kapasitesine sahipken (Tablo 1.1), ürettiği kirazların ihracat standartlarına yeterli uygun kalitede olmaması nedeniyle dünya kiraz ihracatında dördüncü sırada yer almaktadır (Tablo 1.1; Öztürk ve ark., 2013; Özçelik, 2019). Bu durum, Türkiye'nin yüksek üretim potansiyeline rağmen, kalite odaklı ihracat stratejilerinde iyileştirmeler yapılması gerektiğini göstermektedir.

Kiraz çeşitlerinin kısıtlı bir olgunlaşma zamanı bulunması ve hassas yapısı nedeniyle, hasat sonrası kısa sürede piyasaya sürülmesini gerektir; aksi takdirde, meyvede hızla bozulma görülmektedir. Piyasada kirazın sunulduğu dönemlerde meydana gelen arz yoğunluğu nedeniyle, ürünün muhafaza süresini uzatabilmek ve fiyat dengesini sürdürebilmek amacıyla, kirazlar soğuk hava depolarında birkaç gün veya hafta süresince muhafaza edilmektedir (Akbulut ve Özcan, 1997; Özçelik, 2019). Bu bağlamda artan kiraz üretimi ve ihracat talebi, hasat sonrası dönemde kalitenin korunması, meyvenin depolama ve raf ömrünün uzatılması ihtiyacını yansıtmaktadır. Bu nedenle hasat sonrası yeni teknolojilerin ve uygulamaların geliştirilmesi daha fazla önem kazanmaktadır (İşlek ve ark., 2023).

Sitrik asit ($C_6H_8O_7$), üç adet karboksil grubuna sahip olan, renksiz ve kristal görünümlü, zayıf bir organik asittir. Narenciye meyvelerinde doğal olarak yüksek miktarda bulunan bu bileşik, bitkisel metabolizmada enerji üretiminin gerçekleştiği Krebs döngüsünün temel ara ürünlerinden biri olarak görev yapar. Trikarboksilik asitler grubunda yer alan sitrik asit, başta gıda sektörü olmak üzere ilaç ve kozmetik gibi birçok endüstride geniş kullanım alanı bulmuştur. Metal iyonları ile güçlü şelat kompleksleri oluşturabilmesi sayesinde çeşitli sanayi uygulamalarında da önemli bir yere sahiptir. Aynı zamanda suda kolay çözünebilen yapısı ve tat profiline katkı sunma özelliği ile, asitlik düzenleyici bir katkı maddesi olarak da sıklıkla tercih edilmektedir (American Chemical Society, 2022). Bununla birlikte, sitrik asidin ekonomik olarak üretilebilir oluşu ve gıda ürünlerinde fiziksel-kimyasal stabiliteyi artırma potansiyeli, özellikle meyve temelli ürünlerde yaygın kullanımını desteklemektedir. Asitlik düzenleyici özelliği sayesinde yalnızca tat profiline katkı sağlamakla kalmamakta; aynı zamanda ürünün pH düzeyini dengeleyerek mikrobiyal bozulmalara karşı koruyucu bir etki oluşturmaktadır. Ayrıca iz elementlerle kompleks yapılar oluşturabilme kapasitesi, meyve dokularının yapısal bütünlüğünü korumasına ve bozulma süreçlerine karşı daha dirençli hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Bu etkileşimler, su tutma kapasitesini artırarak hem doku dayanımını sürdürmekte hem de ürünün raf ömrünü anlamlı düzeyde uzatmaktadır (Targan ve ark., 2008).

Oksalik asitin kimyasal formülü $(COOH)_2$ 'dir. Bitkilerin metabolik son ürünü olarak çeşitli önemli işlevlere sahiptir. Temel olarak; mantar, bakteri ve virüs kaynaklı hastalıklara karşı koruma sağlamak üzere savunma enzimleri ve fenolik gibi ikincil metabolitlerin aktivitelerini artırarak bitkilerde sistemik direnci teşvik etmektedir (Espla ve ark., 2014). Son dönemde yapılan çalışmalarda, hasat edilmiş meyvelere oksalik asit uygulaması ilgi görmektedir. Başta bitkiler olmak üzere çeşitli canlılarda doğal olarak bulunan ve antioksidan özellikler gösteren oksalik asit (Kostman ve ark., 2001; Munir ve ark., 2001; Huang ve ark., 2013), bitkilerde redoks dengesinin korunması, programlı hücre ölümü gibi süreçlerde kritik roller üstlenerek hasat edilmiş meyvelerin yaşlanma süreçlerini yavaşlatabilmektedir (Ding ve ark., 2007; Wu ve ark., 2011; Huang ve ark., 2013). Öte yandan meyvelerde hasat sonrası dışsal olarak uygulanan oksalik asitin, olgunlaşmayı geciktirerek ürünlerin raf ömrünü uzatıcı etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Zheng ve ark., 2007; Özgan ve ark., 2018).

Kiraz meyvesi, hasat sonrası dönemde hızlı kalite kaybı yaşaması nedeniyle kısa raf ömrüne sahip ürünler arasında yer almakta ve bu durum hem iç pazar hem de ihracat açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir. Özellikle çürüme, ağırlık kaybı, sertlik kaybı ve biyoaktif bileşenlerdeki azalma gibi kalite bozulmaları, muhafaza sürecini kısıtlayan temel faktörlerdir. Bu doğrultuda, doğal ve ekonomik uygulamalarla kirazın raf ömrünün uzatılması ve pazarlanabilirliğinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Literatürde, oksalik ve sitrik asit gibi doğal organik asitlerin meyve kalitesini koruma potansiyeli üzerine bazı araştırmalar bulunsada bu asitlerin kiraz meyvesinde bireysel ve birlikte uygulanmasının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, Afyonkarahisar ilinde yetiştirilen 0900 Ziraat kirazlarına hasat sonrası uygulanan 1 mM oksalik asit, 1 mM sitrik asit ve 1 mM oksalik & sitrik asit uygulamalarının, farklı muhafaza süreleri boyunca meyve kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiş; elde edilen verilerle hem bilimsel literatüre katkı sağlanması hem de uygulanabilir muhafaza stratejilerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

1.1 Literatür Özeti

Taze meyve ve sebzeler, özellikle de hassas yapılı olanlar, hasattan sonra hızla çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal bozulmalara maruz kalmaktadır (Kader, 2002; Saltveit, 2019). Bu bozulmalar; meyvede çürüme, yumuşama, renk değişimi ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif maddelerde azalmalar şeklinde kendini göstermektedir. Dolayısıyla ürünün pazarlanabilirliğini ve tüketici nezdindeki tercih edilebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir (Gündoğdu, 2012). Bu kayıpları en aza indirmek amacıyla soğukta muhafaza, kontrollü atmosfer uygulamaları, modifiye atmosfer paketlenme (MAP), yenilebilir kaplama materyalleri ile doğal ve kimyasal koruyucu maddeler gibi çeşitli teknolojilerden yararlanılmaktadır (Wills ve ark., 2007; Gündoğdu, 2012). Ancak bu teknolojilerin bazıları uygulama zorluğu, ekonomik maliyet veya gıda güvenliği açısından çeşitli sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle son yıllarda hem çevre dostu hem de insan sağlığına uygun nitelikler taşıyan doğal bileşiklerin özellikle organik asitlerin hasat sonrası kaliteyi koruma potansiyeli, araştırmaların odak noktası haline gelmiştir (Alhaj Alali ve ark., 2023; Batool ve ark., 2021).

Valero ve ark. (2011), ticari olgunlukta hasat edilen Cristalina ve Prime Giant tatlı kiraz çeşitlerinde, hasat sonrası 1 mM salisilik asit (SA) ve 1 mM asetilsalisilik asit (ASA) çözeltilerine daldırma uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Meyveler, 0 °C'de 20 gün süreyle depolanmıştır. Bu uygulamalar, olgunlaşma sürecini geciktirmiş; SA ve ASA ile muamele edilen kirazlarda meyve yumuşamasının azaldığı, rengin korunduğu ve antioksidan bileşiklerdeki azalışın yavaşladığı saptanmıştır. Her iki asidin de solunum hızını düşürdüğü ve sonuç olarak kirazların raf ömrünü uzattığı belirtilmiştir. Özellikle salisilik asit uygulamasıyla kontrol meyvelerine göre daha yüksek fenolik madde ve antosiyanin içerikleri muhafaza edilmiş, böylece raf ömrü 10 günden 20 güne çıkmıştır.

Retamal-Salgado ve ark. (2023), farklı dozlarda oksalik asit (OA) ve salisilik asit (SA) uygulamalarının, yaban mersini (*Vaccinium corymbosum* L.) meyvesinin hasat öncesi dönemdeki fizyolojik ve kalite özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada Kirra çeşidine 2 ve 4 mM OA, Stella blue çeşidine ise aynı dozlarda SA uygulanmıştır. Uygulamalar hasattan 21, 14 ve 7 gün önce yapılmış ve meyve sertliği, fenolik bileşikler, antosiyanin ve antioksidan kapasite gibi parametreler değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre 2 mM SA uygulaması Stella blue meyvelerinde toplam fenolik bileşik içeriğini kontrol grubuna kıyasla %100

oranında artırmış (139 mg gallik asit 100 g⁻¹ FW), antosiyanin ve antioksidan kapasiteyi ise sırasıyla %160 ve %50 oranında yükseltmiştir. Benzer şekilde Kirra çeşidinde 4 mM OA uygulaması, meyve sertliğini %20 oranında artırırken, toplam antosiyanin içeriğini %100, antioksidan kapasiteyi ise %20 oranında artırmıştır. Her iki çeşit için de bu elicitor uygulamaları, bitkinin fizyolojik yanıtlarını iyileştirerek (özellikle stomatal iletkenlik ve fotosentetik verimlilik) meyve kalitesini olumlu yönde etkilemiştir. Bu çalışma oksalik ve salisilik asitlerin yaban mersini gibi yumuşak dokulu meyvelerde hasat öncesi dönemde uygulanmasının, hem meyve sertliği gibi fiziksel özellikleri korumada hem de fenolik ve antioksidan bileşiklerin düzeyini artırmada etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Yurt (2024), kiraz meyvelerinde hasat sonrası dönemde meydana gelen kalite kayıplarını azaltmak ve biyoaktif bileşenlerin korunmasını sağlamak amacıyla farklı konsantrasyonlarda (0.5, 1.0 ve 1.5 mM) putresin uygulamalarının etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, +4 °C sıcaklık ve %90 bağıl nem koşullarında 30 gün boyunca depolanan meyveler üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal kalite parametreleri her 10 günde bir analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre putresin uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla ağırlık kaybı, çürüme oranı, SÇKM, pH, titre edilebilir asitlik (TEA), renk özellikleri (L*, a*, b*, Chroma, Hue°), solunum hızı, organik asit ve fenolik bileşik içerikleri gibi pek çok kalite parametresini olumlu yönde etkilemiştir. Özellikle 1,5 mM putresin uygulaması, ağırlık kaybı (%2,15) ve çürüme oranı (%0,89) açısından en başarılı sonucu vermiştir. Benzer şekilde 0,5 mM putresin uygulaması en yüksek SÇKM (%19,52) ve en düşük solunum hızı (12,81 mg CO₂/kg/h) değerlerini sağlamıştır. Bu sonuçlar putresin uygulamalarının kiraz meyvelerinin depolama süresince ticari kalitesini koruyarak raf ömrünü uzatmada etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

İşlek ve Çakır (2025) tarafından yürütülen çalışmada, 0900 Ziraat kiraz çeşidinde hasat sonrası 1 mM salisilik asit (SA) ve %1 kitosan içeren yenilebilir kaplama uygulamalarının meyve kalitesi ve raf ömrü üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Kiraz meyveleri 0 °C sıcaklık ve %90–95 bağıl nem koşullarında 20 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresince, kalite değerlendirmeleri kapsamında ağırlık kaybı, pH, suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit (TEA), toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve antosiyanin içeriği aktivitesi ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre hem SA hem de kitosan uygulamaları meyve kalitesini korumada etkili olmuş, ancak kitosan

uygulaması daha yüksek koruma sağlamıştır. Depolama sonunda ağırlık kaybı kontrol grubunda %3,40, SA grubunda %2,20 ve kitosan grubunda %1,66 olarak ölçülmüştür. pH değerleri sırasıyla 4,54, 4,22 ve 4,10; SÇKM değerleri 17,84 °Brix, 17,12 °Brix ve 16,46 °Brix; TEA değerleri ise %0,60, %0,69 ve %0,79 olarak belirlenmiştir. Ayrıca toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve antosiyanin miktarı bakımından da kitosan uygulamasının üstünlüğü dikkat çekmiştir. Toplam fenolik madde içeriği kitosan grubunda 130,79 mg GAE/100 g FW ile en yüksek düzeyde bulunmuş, SA uygulamasında 119,58 mg ve kontrolde 108,46 mg değerleri ölçülmüştür. Benzer şekilde antioksidan kapasite değerleri 44,25, 38,33 ve 32,41 mg TE/g FW; antosiyanin içerikleri ise 43,32, 33,85 ve 24,38 mg/100 g FW olarak sıralanmıştır. Bu sonuçlar hem salisilik asit hem de kitosan uygulamalarının 0900 Ziraat kirazlarının depolama süresince fizyolojik ve biyokimyasal kalite parametrelerini koruduğunu, özellikle kitosan kaplamasının kaliteyi daha etkin şekilde muhafaza ettiğini ortaya koymaktadır.

Li ve ark. (2014), mango meyvesinde (*Mangifera indica* L. cv. Zill) hasat sonrası uygulanan oksalik asidin düşük sıcaklık kaynaklı fizyolojik bozulmaları önleyici etkilerini incelemişlerdir. Meyveler 5 mM oksalik asit çözeltisine 10 dakika daldırılmış ve 10 °C’de 49 gün, ardından 25 °C’de 4 gün süreyle depolanmıştır. Oksalik asit uygulaması hem dış yüzeyde hem de meyve etinde soğuk zararlanması belirtilerini anlamlı düzeyde azaltmıştır. Bu iyileştirici etkiler, özellikle prolin metabolizmasının düzenlenmesi ve enerji statüsünün korunması ile ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma oksalik asit uygulamasının mango meyvelerinde soğuk zararlanmasını önleyici etkisinin, prolin birikimini desteklemesi ve hücrel enerji dengesini koruması yoluyla gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular oksalik asidin düşük sıcaklıkta muhafaza edilen tropikal meyvelerde kalite kayıplarını azaltmak adına etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Hazarika ve Marak (2021), Thompson Seedless üzüm çeşidinin kalite özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılmasında salisilik asit (SA) ve oksalik asit (OA) uygulamalarının etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (SA: 0,5–2 mM; OA: 1–5 mM) uygulamalar yapılmış ve 16 günlük depolama sürecinde fizyolojik, kimyasal ve duyu kalite parametreleri dört günlük aralıklarla değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, özellikle 2 mM SA uygulaması, meyvelerdeki ağırlık kaybını (%19,6), çürüme oranını ve meyve

yumuşamasını azaltırken; sertlik (2,77 N/cm²), Toplam çözünmüş katılar (28,97°Brix), toplam şeker (%21,18) ve askorbik asit (2,19 mg/100g) gibi kalite göstergelerinde önemli artış sağlamıştır. Ayrıca SA uygulaması mantar kaynaklı bozulmaları azaltmış, rachis kahverengileşmesini sınırlamış ve meyve görünümünü iyileştirmiştir. Tüm bu etkilere ek olarak, 2 mM SA uygulaması, 14,47 güne kadar raf ömrü sağlayarak en uzun muhafaza süresini sunmuştur. Bu sonuçlar SA'nın etilen biyosentezini baskılayarak ve %savunma mekanizmalarını aktive ederek, üzüm meyvelerinde kalite kaybını geciktirdiğini göstermektedir. Çalışma, hasat sonrası dönemde SA uygulamasının üzümde kalite sürdürülebilirliği ve ticari değer açısından etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

Martínez-Esplá ve ark. (2014), hasat öncesi oksalik asit (OA) uygulamasının tatlı kiraz meyvesinde kalite ve biyoaktif bileşik düzeylerine etkisini incelemişlerdir. Sweet Heart ve Sweet Late çeşitleri kullanılarak yürütülen bu çalışmada, tam çiçeklenme sonrası 98., 112. ve 126. günlerde ağaçlara sırasıyla 0,5, 1,0 ve 2,0 mM OA dozları uygulanmıştır. Bulgular, özellikle 2 mM OA uygulamasının meyve ağırlığını anlamlı düzeyde artırdığını göstermiştir; bu artış Sweet Heart çeşidinde %18, Sweet Late çeşidinde ise %30 oranında gerçekleşmiştir. Ayrıca OA uygulamaları meyve sertliği ve renk parametrelerini pozitif yönde etkilemiş; ancak toplam çözünür katı madde (SÇKM) ve titre edilebilir asitlik (TEA) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişime neden olmamıştır. Kimyasal analizler OA uygulanan meyvelerde toplam antosiyanin içeriğinde yaklaşık %45, toplam fenolik bileşik miktarında ise yaklaşık %20 artış olduğunu ortaya koymuştur. Bireysel flavonoller ve klorojenik asit türevleri de OA uygulaması ile birlikte daha yüksek seviyelerde birikmiş; bu durum, oksalik asidin kiraz meyvesinin fonksiyonel kalitesini artırmada etkili olabileceğini göstermiştir.

Guillén ve ark. (2015), erken dönemde olgunlaşan Early Lory tatlı kiraz çeşidinde, hasat sonrası kalite özelliklerini korumak amacıyla oksalik asit (OA) uygulamalarının etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla hasat edilen meyveler 1, 10 ve 100 mM konsantrasyonlarında OA çözeltilerine daldırılmış ve 2 °C'de 20 gün süreyle depolanmıştır. Çalışma sonucunda, OA uygulamalarının meyve olgunlaşma sürecini belirgin şekilde yavaşlattığı, sertlik kaybını azalttığı ve titre edilebilir asitliği daha yüksek seviyelerde koruduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca toplam çözünür katı madde içeriği ve renk değişiminde anlamlı bir bozulma tespit edilmemiştir. En etkili OA dozu 100 mM olup, bu konsantrasyon asitlik kaybını en aza indirirken,

10 mM OA uygulaması meyve yumuşamasını en iyi şekilde engellemiştir. Tüm OA uygulamaları, meyvelerin solunum hızını düşürmüş ve bu sayede kontrol grubunda yaklaşık 10 gün olan raf ömrü, OA ile muamele edilen meyvelerde 20 güne kadar uzamıştır. Bu bulgular oksalik asidin tatlı kirazın hasat sonrası raf ömrünü uzatmada etkili bir doğal bileşik olduğunu ortaya koymaktadır.

Safa ve ark. (2015) çalışması, Ziraat 0900 kiraz çeşidinde hasat sonrası uygulanan oksalik asit (OA) ve kalsiyum klorür (CaCl_2) işlemlerinin meyve kalitesi üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada, kiraz meyveleri farklı konsantrasyonlardaki OA (0, 4, 6, 8 mM) ve CaCl_2 (0, 40, 55, 70 mM) çözeltilerine daldırılarak 28 gün süreyle soğukta depolanmıştır. Dördüncü haftanın sonunda, kontrol grubundaki meyvelerde %39,8 oranında ağırlık kaybı gözlemlenirken, 8 mM OA uygulanan meyvelerde bu kayıp %22,8'e düşmüştür. OA uygulamaları, meyve sertliğini ve askorbik asit içeriğini korurken, pH artışını ve ağırlık kaybını azaltmıştır. Her iki uygulama da meyve kalitesini iyileştirmiş olmakla birlikte, CaCl_2 uygulamasının OA'ya kıyasla daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Eroğul ve ark. (2023) çalışması, Bursa bölgesinde yetiştirilen Fantasia nektarin meyvelerinde hasat sonrası uygulanan oksalik asidin (OA) kalite özellikleri, fenolik bileşikler ve organik asit içerikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada nektarin meyveleri 0,5, 1,0 ve 1,5 mM OA çözeltisine daldırılıp 0 °C'de 40 gün depolanmıştır. Depolama süresince meyvelerde kalite parametrelerinde belirgin değişimler gözlemlenmiş, özellikle 1.5 mM OA uygulamasının en etkili doz olduğu belirlenmiştir. Bu doz, 40. gün sonunda ağırlık kaybını %44 oranında azaltmış, meyve eti sertliğini yaklaşık %20 oranında korumuş ve solunum hızını kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde düşürmüştür. Ayrıca, OA uygulamaları çözünür kuru madde oranındaki artışı yavaşlatmış, çürümeyi azaltmış ve meyve dokusunun yapısal bütünlüğünü desteklemiştir. Çalışmanın sonucunda, 1.5 mM OA uygulamasının nektarin meyvelerinin hem fiziksel kalitesini hem de biyoaktif bileşen içeriklerini soğukta muhafaza süresince etkin şekilde koruduğu, böylece raf ömrünü uzattığı ifade edilmiştir.

Liu ve ark. (2016), *Annona cherimola* meyvesinde hasat sonrası kalite kayıplarını önlemek amacıyla 20 mM sitrik asit ve %1 kitosan içeren kaplama uygulamasının etkilerini araştırmışlardır. Meyveler, 10 gün boyunca 15 °C sıcaklık ve %90–95 bağıl nem koşullarında muhafaza edilmiştir. Kombine uygulama,

kontrol grubuna kıyasla kahverengileşme indeksinde %26, çürüme oranında %44 ve çatlama oranında %22 azalma sağlamıştır. Meyve sertliğindeki azalma kontrol grubunda %90'a ulaşırken, uygulama grubunda bu oran %60 ile sınırlı kalmıştır. Ağırlık kaybı ise kontrol grubunda %30'a kadar çıkarken, sitrik asit + kitosan uygulamasıyla %24'e düşmüştür. Ayrıca uygulama nişasta-sakkaroz dönüşümünü yavaşlatarak toplam çözünür katı madde artışını sınırlandırmış ve askorbik asit kaybını azaltmıştır. Depolamanın sonunda askorbik asit içeriği kontrol meyvelerinde 15,76 mg/100 g FW iken, kombine uygulamada 21,16 mg/100 g FW olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar 20 mM sitrik asit ve %1 kitosan kaplama uygulamasının cherimoya meyvesinde hasat sonrası kalite parametrelerini koruyarak raf ömrünü uzatmada etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

Yang ve ark. (2019), ticari olgunlukta hasat edilen şeftali meyvelerinde hasat sonrası %1 sitrik asit çözeltisi uygulamasının etkilerini değerlendirmişlerdir. Uygulama sonrası meyveler 25 °C sıcaklık ve %85 bağıl nem koşullarında 8 gün boyunca depolanmış, bu süre zarfında meyve sertliği, çürüme oranı, fenolik bileşik içerikleri ve antioksidan aktiviteleri analiz edilmiştir. Sitrik asit ile muamele edilen şeftalilerde, kontrol grubuna kıyasla çürüme oranının %65'ten %45'e gerilediği, meyve sertliğinde ise anlamlı bir korunma sağlandığı bildirilmiştir. Ayrıca bu uygulamanın toplam fenolik madde ve flavonoid içeriğini daha yüksek düzeyde muhafaza ettiği ve bunun sonucunda antioksidan aktivitenin depolama süresince daha stabil kaldığı ifade edilmiştir. Elde edilen bulgular, sitrik asidin şeftali meyvesinin hem fiziksel hem de biyoaktif kalite parametrelerini destekleyerek raf ömrünü artırabileceğini göstermektedir.

Alhaj Alali ve ark. (2023), Alberta early ripening şeftali çeşidinde hasat sonrası uygulanan farklı konsantrasyonlardaki sitrik asit uygulamalarının, meyve kalitesi ve raf ömrü üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada ticari olgunlukta hasat edilen şeftali meyveleri 0, 1, 2 ve 3 mM sitrik asit çözeltilerine 5 dakika süreyle daldırılmış ve ardından 0 °C sıcaklık ve %85–90 bağıl nem koşullarında 40 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresinin sonunda, 3 mM sitrik asit uygulanan meyveler, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek meyve sertliği (1,75 N), titre edilebilir asitlik (%0.24), C vitamini içeriği (3,58 mg 100 g⁻¹), toplam fenolik bileşikler (58,49 mg GAE 100 g⁻¹) ve antioksidan kapasite (%52,96) değerlerini korumuştur. Ayrıca bu uygulama çürüme oranını yaklaşık %30,17 oranında azaltmış ve şeftalilerin raf ömrünü ortalama 11,66 gün uzatmıştır.

Elde edilen sonuçlar özellikle 3 mM sitrik asit uygulamasının, şeftali meyvelerinin soğuk depolama süresince kalite özelliklerini korumada ve raf ömrünü uzatmada etkili olabileceğini göstermektedir.

Zhou ve ark. (2022), şeftali (*Prunus persica* L. Batsch) meyvesinde hasat sonrası uygulanan sitrik asidin kalite korunumu ve raf ömrü üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada, hasat edilen şeftalilere %10 sitrik asit çözeltisi ile 10 dakika boyunca daldırma uygulaması yapılmış, ardından meyveler 25 °C sıcaklıkta 8 gün boyunca depolanmıştır. Uygulamanın, şeftali meyvesinde olgunlaşmaya bağlı kalite kayıplarını geciktirme potansiyeli ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Çalışma sonucunda, sitrik asit uygulamasının meyve kabuk renginde oluşan renk kayıplarını önlediği ve sertlik değerlerini muhafaza ettiği görülmüştür. Ayrıca meyvelerde ağırlık kaybı oranı düşmüş, çözünür katı madde içeriği korunmuş ve askorbik asit düzeyleri kontrol grubuna kıyasla daha yüksek seviyelerde tutulmuştur. Bu durum, sitrik asidin oksidatif bozulmaları yavaşlatıcı etkisiyle ilişkilendirilmiştir. Genel olarak bu bulgular, sitrik asidin hem fizyolojik hem de moleküler düzeyde şeftali meyvesinin kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediğini, böylece hasat sonrası dönemde etkili bir koruyucu ajan olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Kasim ve Kasim (2016), taze kesilmiş bakla (*Vicia faba* var. major cv. Sakız) üzerinde farklı konsantrasyonlarda uygulanan sitrik asidin, ürünün renk parametreleri, polifenol oksidaz (PPO) enzimi aktivitesi ve kalite nitelikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada %2, %4 ve %6'lık sitrik asit çözeltilerine 5 dakika süreyle daldırılan baklalar 5 ± 1 °C sıcaklık ve %85–90 bağıl nemde 7 gün boyunca soğukta muhafaza edilmiş, analizler ise 2., 4. ve 7. günlerde yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, yüksek dozda uygulanan sitrik asitler PPO enzimi aktivitesini artırarak kesim yüzeylerinde kararmaya neden olmuş, renk değerlerinde (L^* , a^* , b^* , hue açısı) olumsuz değişimlere yol açmıştır. Özellikle %6 sitrik asit uygulaması, yeşil rengin açılmasına ve parlaklık kaybına sebep olmuştur. Elektrolit sızıntısı ve ağırlık kaybı açısından değerlendirildiğinde, sitrik asit uygulamaları kontrol grubuna kıyasla hücre zarı geçirgenliğini artırarak daha fazla fizyolojik bozulma oluşturmuştur. Öte yandan, suda çözünür toplam kuru madde (SÇKM) miktarı sitrik asit uygulanan örneklerde daha iyi korunmuş, bu da sitrik asidin bazı kalite parametrelerini muhafaza etmede faydalı olabileceğini

göstermiştir. Sonuç olarak bu çalışma taze kesilmiş bakla örneklerinde sitrik asit uygulamalarının tek başına kararmayı önleyici etkisinin yetersiz kaldığını, dolayısıyla sitrik asidin diğer antioksidan veya kaplama ajanları ile birlikte kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Zhao ve ark. (2009), hünnap meyvesi (*Ziziphus jujuba* Mill.) üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, farklı oranlarda (%0,5–1,5) uygulanan sitrik asit çözeltilerinin hasat sonrası kalite korunumu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sitrik asit uygulamaları, meyvelerin depolama süresince olgunlaşma kaynaklı yumuşama ve renk bozulmalarını yavaşlatmış, aynı zamanda düşük sıcaklık koşullarında meydana gelen soğuk zararı belirtilerini ve depolama kaynaklı hastalıkları da azaltmıştır. Araştırma sonuçları sitrik asidin doğal bir organik asit olarak meyve kabuğunda oluşan renk değişimlerini geciktirdiğini, sertlik kaybını önlediğini ve pazarlanabilirliği artırdığını göstermiştir. Bunun yanında, solunum hızının azaltılması yoluyla meyvenin fizyolojik yaşlanma süreci yavaşlatılmış, raf ömrü anlamlı düzeyde uzatılmıştır. Uygulanan sitrik asit, meyvelerde askorbik asit düzeylerinin korunmasına da katkı sağlayarak antioksidan kapasitenin sürdürülebilirliğini desteklemiştir. Özellikle %1 oranındaki sitrik asit muamelesi optimum etki göstermiş ve bu konsantrasyonla işlem gören hünnap meyvelerinin daha uzun süre taze kaldığı vurgulanmıştır. Bu sonuçlar, sitrik asidin hünnap ve benzeri sert çekirdekli meyvelerde hasat sonrası kalite kayıplarını azaltmada etkili ve doğal bir alternatif koruyucu olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Debnath ve ark. (2020), guava (*Psidium guajava* L.) meyvesine hasat sonrası dönemde uygulanan kitosan ve sitrik asit bazlı kaplamaların, meyvenin raf ömrü ve kalite özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, %1 kitosan ile birlikte %1 sitrik asit kombinasyonu uygulanarak meyveler 21 gün boyunca oda sıcaklığında (25 °C) ve %65 bağıl nemde muhafaza edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, kitosan ve sitrik asit kombinasyonu, kontrol grubuna kıyasla ağırlık kaybını önemli ölçüde azaltmış, toplam çözünür katı madde (SÇKM) içeriğini daha stabil tutmuş ve meyve kabuk sertliğinin korunmasına katkı sağlamıştır. Ayrıca bu kombinasyon, askorbik asit içeriğini daha uzun süre koruyarak besin değerinin muhafazasını desteklemiştir. Solunum hızı ve etilen üretimi gibi olgunlaşmayı hızlandırıcı fizyolojik süreçler ise kombinasyon uygulamasında belirgin şekilde yavaşlamıştır. Sonuçlar, kitosan ve sitrik asit bazlı

kaplamanın, guava meyvesinde hem fiziksel hem de kimyasal kalite parametrelerinin korunmasında etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur.

Batool ve ark. (2021), kontrollü atmosfer koşullarında depolanan dört farklı kayısı çeşidinde (Rival, Harcot, New Castener ve Erani) oksalik asit (OA) ve salisilik asit (SA) uygulamalarının kalite parametrelerine etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmada meyveler, 8 mM OA ve 4 mM SA çözeltilerine 10 dakika daldırılarak 0 °C, %90 bağıl nem, %5 O₂ ve %15 CO₂ içeren ortamda 30 gün boyunca depolanmıştır. Uygulamalar sonucunda hem OA hem de SA, kontrol grubuna kıyasla meyvelerin toplam çözünür katı madde (TÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA), askorbik asit, toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasite düzeylerini daha iyi korumuştur. OA uygulaması meyve sertliğini belirgin şekilde muhafaza etmiş ve çürüme oranı ile soğuk zararı belirtisi olan kabuk çukurlaşmasını azaltmada daha etkili bulunmuştur. SA uygulaması ise özellikle dış görünüş ve renk parametrelerini daha iyi koruduğu belirtilmiştir. Çalışmanın genel değerlendirmesinde, OA ve SA uygulamalarının kayısı meyvelerinin soğuk depolama süresince hem fizyolojik hem de biyokimyasal kalite özelliklerini koruyarak raf ömrünü anlamlı düzeyde uzattığı ortaya konmuştur.

Göksel ve Aksoy (2017), 0900 Ziraat, Regina ve Sweetheart kiraz çeşitlerinde hasat sonrası uygulanan bazı ön işlemlerin, soğuk depolama süresince meyve fenolik bileşenleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada kiraz meyveleri, %0,5 sitrik asit ve %2 sodyum bikarbonat çözeltisine 2 dakika süreyle daldırılmış, ardından modifiye atmosfer paketleme (MAP) yöntemi ile 1,5 °C ve %85–90 bağıl nemde 8 hafta boyunca depolanmıştır. Depolama süresince her 15 günde bir, klorojenik asit ve epikateşin bileşiklerinin düzeyleri HPLC yöntemiyle analiz edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, tüm kiraz çeşitlerinde klorojenik asit miktarının muhafaza süresi boyunca genel olarak arttığı, epikateşin düzeylerinde ise uygulama ve haftaya bağlı olarak değişen eğilimler gözlemlenmiştir. Sitrik asit ve sodyum bikarbonat çözeltisine yapılan daldırma uygulaması, kontrol grubuna kıyasla fenolik bileşik düzeylerini daha iyi korumuş ve zaman içinde bu bileşiklerdeki azalmayı yavaşlatmıştır. Bununla birlikte özellikle sitrik asit ve sodyum bikarbonat uygulamasının antioksidan özellikleri destekleyerek meyvenin biyoaktif bileşen içeriğinin korunmasına katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Çoban ve ark. (2023) tarafından kiraz meyvesinde yapılan bir araştırmada, hasat sonrası uygulanan oksalik asit (OA), salisilik asit (SA) ve asetik asit (AA)

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Bitki Materyali

Araştırmanın bitkisel materyalini 10.07.2023 tarihinde Afyonkarahisar ilinde hasat edilen 0900 Ziraat kiraz çeşidi meyveleri oluşturmuştur. (Fotoğraf 2.1) Meyveler ihracat amacıyla hasat edildiğinden, olgunluk seviyeleri üretici tarafından ticari standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Hasat edilen ürünler; kabuk rengi, meyve iriliği ve görsel bütünlük gibi fiziksel özellikler bakımından değerlendirilmiş ve tam ticari olgunlukta olan, homojen görünüme sahip meyveler çalışmaya dâhil edilmiştir. Bu sayede deneysel çalışmalarda meyve kaynaklı varyasyonların en aza indirgenmesi hedeflenmiştir.



Fotoğraf 2.1. Bitki materyalinin hasat sonrası laboratuvarında görünümü

2.2 Metot

Hasat edilen meyveler, kalite kaybını önlemek amacıyla soğuk zincir koşullarında Afyonkarahisar'dan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü bünyesindeki soğuk hava deposuna getirilerek ön soğutma işlemine tabi tutulmuş ve denemede kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Çalışma, üç tekerrür (her birinde 250 gram meyve), üç farklı asit dozu (1 mM oksalik asit, 1 mM sitrik asit, 1 mM oksalik & sitrik asit) ve 10, 20, 30 gün olmak üzere üç farklı depolama süresi içerecek şekilde bir deneme deseni doğrultusunda tasarlanmıştır.

Meyve örnekleri sırasıyla 0 mM (kontrol, distile su), 1 mM oksalik asit, 1 mM sitrik asit ve 1 mM oksalik & sitrik asit çözeltilerine 5 dakika süreyle daldırılmıştır. Ardından meyveler delikli polietilen (PE) kaplara yerleştirilip (Fotoğraf 2.2.), soğuk hava deposunda (1 °C, %90 bağıl nem) 10, 20 ve 30 günlük saklama süreleri boyunca muhafaza edilmiştir. Depolama başlangıcında (hasat günü) ve 30 günlük depolama süresi boyunca her 10 günde bir ölçümler gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde ekstraksiyon işlemleri, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri laboratuvarında yapılmıştır.



Fotoğraf 2.2. Farklı uygulamalara ait kiraz meyvelerinin polietilen delikli kaplara yerleştirilmiş görünümü.

2.2.1 Ağırlık Kaybı (%)

Kiraz meyvelerinde ağırlık kaybı, 0,01 g hassasiyete sahip Necklife marka dijital hassas terazi ile ölçülmüştür (Fotoğraf 2.3). Ağırlık kaybı hesaplamaları Hosseini ve ark. (2018)'e tarafından belirtilen aşağıdaki formül kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$[(\text{depolama başlangıcındaki meyve ağırlığı} - \text{depolama sırasındaki meyve ağırlığı}) / (\text{depolama başlangıcındaki meyve ağırlığı})] \times 100$$



Fotoğraf 2.3. Hassas terazi ile ağırlık kaybı ölçümü.

2.2.2 Solunum Hızı ($\text{mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)

Kiraz meyvelerinin solunum hızını belirlemek için Testo 535 CO₂ ölçüm cihazı kullanılmış ve meyvelerin ortama yaydığı CO₂ miktarı ppm cinsinden ölçülmüştür (Fotoğraf 2.4). Ölçüm işlemi 1500 mL hacmindeki bir kabın içerisine 250 gram kiraz meyvesi yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Kabın içerisine CO₂ ölçüm probu dikkatlice konumlandırılmış ve dış ortamla hava geçişini engellemek amacıyla kap, streç film ile tamamen sızdırmaz hale getirilmiştir. Bir saatlik inkübasyon süresinin ardından, kap içerisindeki meyvelerin yaydığı CO₂ miktarı

ölçülmüş ve farklı nem içeriklerine göre solunum hızları, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$SH = (cxV \times 44) / (m \times t \times 1000 \times 22,4 \times 1000)$$

SH: Solunum Hızı ($\text{mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)

m: Meyve ağırlığı (kg)

c: Gaz geçirmez kaptaki CO₂ konsantrasyonu (ppm)

V: Gaz geçirmez kabın hacmi (mL)

t: Ölçüm zamanı (h)



Fotoğraf 2.4. CO₂ solunum ölçümü.

2.2.3 Meyve Eti Sertliği (kg cm^{-2})

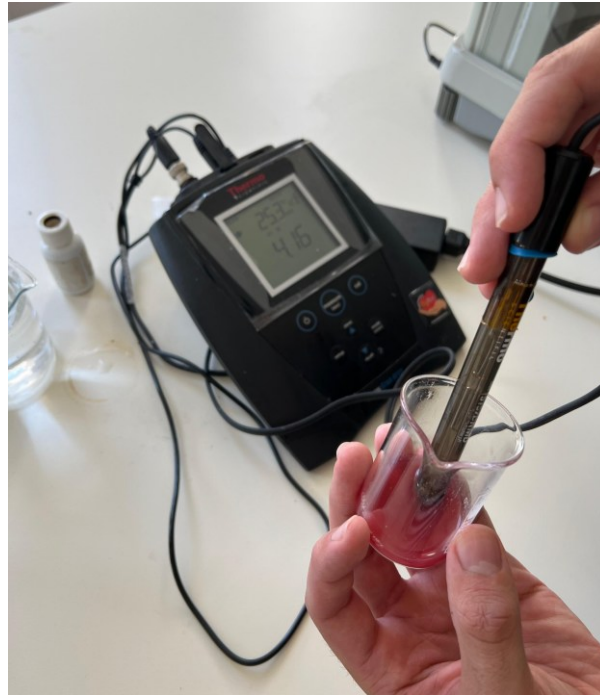
Meyve eti sertliği, el penetrometresi (VTSYIQI GY-3, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Fotoğraf 2.5). Bu ölçümde penetrometre meyvenin iki yanına uygulanmış ve elde edilen iki ölçümün ortalaması sertlik değeri olarak alınmıştır. Sonuçlar (kg cm^{-2}) biriminde ifade edilmiştir (Hanif ve ark., 2020).



Fotoğraf 2.5. Meyve eti sertliği ölçümü.

2.2.4 pH

Her tekerrür için sıkılan meyvelerden 10 ml meyve suyu elde edilmiş ve bu örneklerin pH değeri, masa tipi bir pH ölçer (Thermo, OrionStar A111, ABD) (fotoğraf 2.6) kullanılarak ölçülmüştür (Hanif ve ark., 2020).



Fotoğraf 2.6. pH Ölçümü.

2.2.5 Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM) (%)

Her bir tekerrür için sıkılan meyve suyunda suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) ölçümleri, taşınabilir el tipi refraktometre (ATC, BX50, Türkiye) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.6 Titre Edilebilir Asitlik (TEA) (%)

Titre edilebilir asitlik (TEA) değeri, her bir tekerrür için sıkılan meyvelerden alınan 10 ml meyve suyu örneği üzerinde, pH metre yardımıyla pH 8.1'e ulaşıncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilerek belirlenmiş ve sonuçlar malik asit cinsinden hesaplanmıştır (Fotoğraf 2.7.).

$$\text{TEA (\%)} = \text{NaOH hacmi (mL)} \times 0.067$$

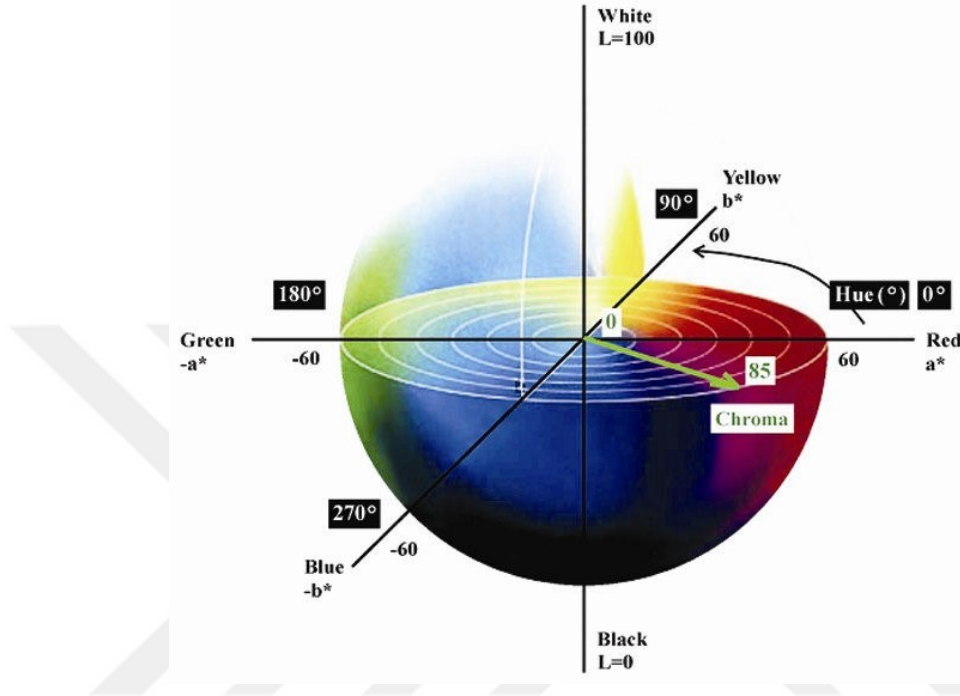


Fotoğraf 2.7. Titre edilebilir asitlik (TEA) ölçümü.

2.2.7 Meyve Kabuk Rengi (L*, a*, b*, Chroma ve Hue)

Kiraz meyvesinin kabuğunda meydana gelen renk değişimleri, L*, a*, b*, Chroma ve Hue açısı değerleri üzerinden, kalorimetre 3nh NR60C cihazı (Çin) ile ölçülmüştür. Her bir tekerrürde rastgele seçilen 5 meyvenin iki farklı noktasından renk ölçümleri alınmış ve bu iki ölçümün ortalaması hesaplanarak nihai renk değerleri belirlenmiştir. Renk ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde, L* değeri

parlaklığı, $+a^*$ değeri kırmızıyı, $-a^*$ değeri ise yeşili, $+b^*$ değeri sarıyı ve $-b^*$ değeri maviyi temsil etmektedir. Ek olarak kroma değeri rengin canlılık veya matlık derecesini, Hue değeri ise rengin kırmızıdan maviye olan geçişini ifade etmektedir (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Renk ölçümünde kullanılan L^* , a^* , b^* , Hue ve Kroma (Chroma) değerlerinin diyagramı (Kulcu, 2018)

2.2.8 Çürüme Oranı (%)

Kiraz meyvesindeki çürüme, belirli bir skala kullanılarak değerlendirilmiştir. 0 çürüme belirtisi olmadığını; 1 meyve yüzeyinin %25'ine kadar olan kısmında hafif çürüme gözlemlendiğini; 2 meyve yüzeyinin %25 ile %50 arasındaki kısmında orta derecede çürüme bulunduğunu; 3 ise meyve yüzeyinin %50'sinden fazlasının çürümüş olduğunu ifade etmektedir. Bu skala kiraz meyvelerindeki yüzey çürüme oranını sistematik bir şekilde belirlemek amacıyla kullanılmıştır.

2.2.9 Toplam Fenolik (mg GAE kg⁻¹)

Waterhouse (2002) tarafından bildirilen mikro ölçekli prosedür, toplam fenolik içeriği mg GAE kg⁻¹ belirlemek amacıyla bazı modifikasyonlarla uygulanmıştır. İlk olarak 50 µL metanolik ekstrakta 1600 µL saf su ve 50 µL Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiş ve karışım nazikçe karıştırılmıştır. Daha sonra, karışıma

300 µL %7 (a/h) kalsiyum karbonat çözeltisi ilave edilerek vorteks yapılmıştır. Karışım, oda sıcaklığında karanlıkta 2 saat bekletildikten sonra, UV-Vis spektrofotometre (SP-UV1100, DLAB, Pekin, Çin) ile 760 nm dalga boyunda absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen absorbans değerleri, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 mM konsantrasyonlarında gallik asit kullanılarak oluşturulan standart eğri ($R^2 = 0,99$) ile hesaplanarak gerçek fenolik içerik değerlerine dönüştürülmüştür.



Fotoğraf 2.8. Toplam fenolik madde analizi öncesi santrifüjleme işlemi.

2.2.10 DPPH İndirgenme Aktivitesi (mmol TE kg^{-1})

Sigma-Aldrich (Darmstadt, Almanya) firmasından tedarik edilen 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil, DPPH aktivitesini değerlendirmek amacıyla etanol içerisinde, nihai absorbansı 0,7-0,8 arasında olacak şekilde hazırlanmıştır. Aktivite ölçümü için aşağıdaki yöntem uygulanmıştır: Metanolik ekstraktın uygun miktarı, ön testler sonucunda 2 mL'lik nihai hacme göre optimize edilmiştir. Çalışmada 50 µL numune, 1450 µL etanol ve 500 µL DPPH solüsyonu sırasıyla eklenmiş ve karışım vortekslenmiştir. Hazırlanan karışım, 15 dakika inkübasyon sonrasında (Fotoğraf 2.9.), UV-Vis spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda ölçülmüştür. DPPH kapasitesi, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Güler ve ark., 2023).

$$\text{DPPH (\%)} = [(\text{AKör} - \text{Aörnek}) / \text{AKör}] \times 100$$



Fotoğraf 2.9. Dpph indirgenme aktivitesi analizi için hazırlanan numuneler.

2.2.11 Toplam Antosiyanin Miktarı (mg cyn-3-gluc/ kg)

Toplam monomerik antosiyanin miktarını belirlemek amacıyla, Fuleki ve Francis (1968) tarafından tanımlanan pH diferansiyel yöntemi bazı değişiklikler yapılarak uygulanmıştır. Bu yöntemde, maksimum dalga boyunda 0,4 ile 0,8 aralığında bir absorbans değeri elde etmek amacıyla metanolik ekstraktan uygun bir miktar alınmış ve buna göre seyreltme faktörü belirlenmiştir. Hazırlanan dilüsyondan 0,4 mL, iki ayrı tüpe aktarılmış ve her tüp, pH 1,0 ve pH 4,5 tampon çözeltileri ile 2 mL'ye tamamlanmıştır (fotoğraf 2.11.). Tüplerin kapakları kapatılarak karanlık koşullarda +4 °C'de 2 saat bekletilmiştir. Numunelerin absorbansı 516 nm ve 700 nm dalga boylarında ölçülmüş ve gerçek absorbans değeri şu formül ile hesaplanmıştır:

$$\text{Absorbans (A)} = (A_{516} - A_{700}) \text{ pH } 1.0 - (A_{516} - A_{700}) \text{ pH } 4,5$$

Daha sonra elde edilen absorbans değeri aşağıdaki formülde yerine konularak toplam monomerik antosiyanin miktarı hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam antosiyanin (mg/L)} = (A \times 103 \times \text{MW} \times \text{DF}) / (E \times L)$$

A: absorbans,

MW: pigmentin moleküler ağırlığı (siyanidin 3-glukozit; 484,83 g/mol),

DF: seyreltme faktörü,

E: molar absorbans katsayısı (26.900),

L: küvetin optik yolu (1 cm).



Fotoğraf 2.10. pH diferansiyel yöntemiyle antosiyanin tayini öncesi pipetleme işlemi.

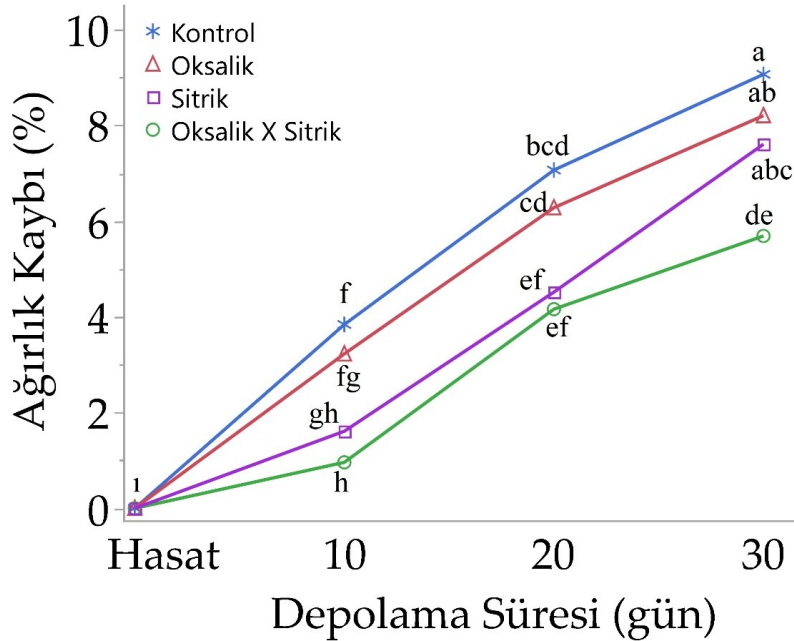
2.2.12 İstatiksel Analizler

Bu araştırmada elde edilen veriler, SAS 9.1 istatistiksel analiz yazılımı (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak iki yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. F testi sonucunda faktörler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunduğunda, grup ortalamaları arasındaki farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testi ile analiz edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 Ağırlık Kaybı

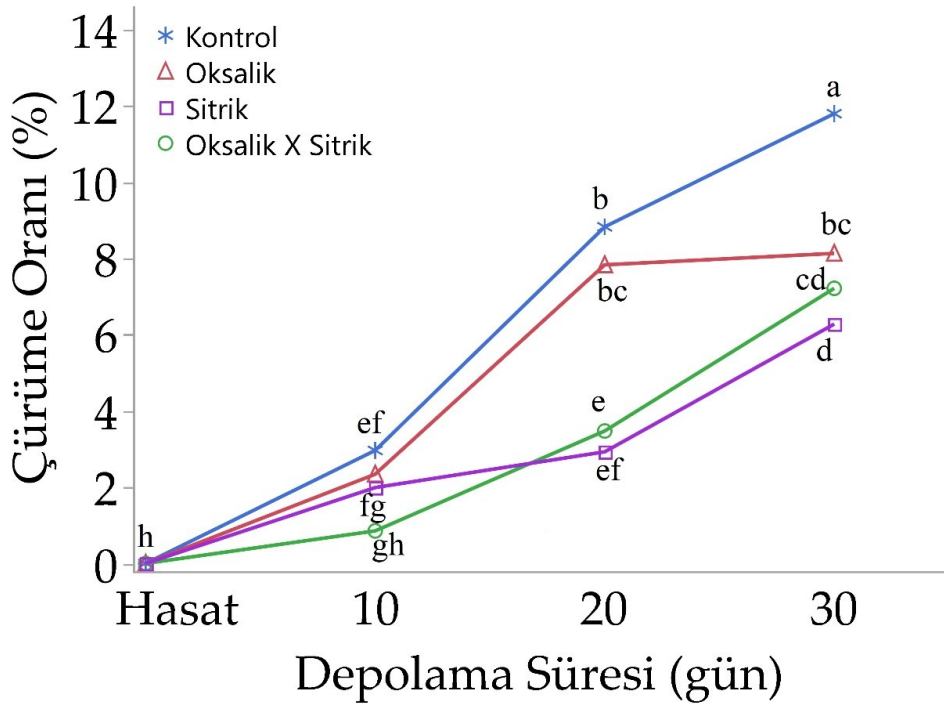
Depolama süresince kiraz meyvelerinde ağırlık kaybı meydana gelmiş ve bu kayıp istatistiksel olarak önemli düzeyde tespit edilmiştir ($F_{\text{Depolama Zamani}}: 35.86, p \leq 0.001$). Hasat sonrası 10 günlük depolama sürecinde ağırlık kaybı %2,41 olarak ölçülmüş, 30. günün sonunda %7,64 yükselmiştir. Ağırlık kaybı değerlerinin depolama süresi arttıkça anlamlı bir şekilde yükseldiği görülmektedir (Şekil 3.1). Bu bulgular depolama süresi uzadıkça kiraz meyvelerinde ağırlık kaybının arttığını ortaya koymaktadır. Depolama süresi boyunca uygulanan farklı asit türleri değerlendirildiğinde, kontrol grubunda depolamanın sonunda ağırlık kaybı %4,99 olarak kaydedilirken, 1 mM oksalik asit uygulanan grupta ağırlık kaybı %5,90 olarak ölçülmüştür. Oksalik asit uygulamasının ağırlık kaybını tamamen engelleyemediğini ancak kontrol grubuna kıyasla benzer düzeyde kaldığını göstermektedir. En düşük ağırlık kaybı ise 1 mM oksalik ve sitrik asit kombinasyonunun uygulandığı grupta (%3,60) gözlenmiştir. Bu bulgu oksalik & sitrik asit uygulamasının ağırlık kaybını azaltmada daha etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.1. Depolama süresince asit uygulamalarının ağırlık kaybı üzerine etkisi.

3.2 Çürüme Oranı

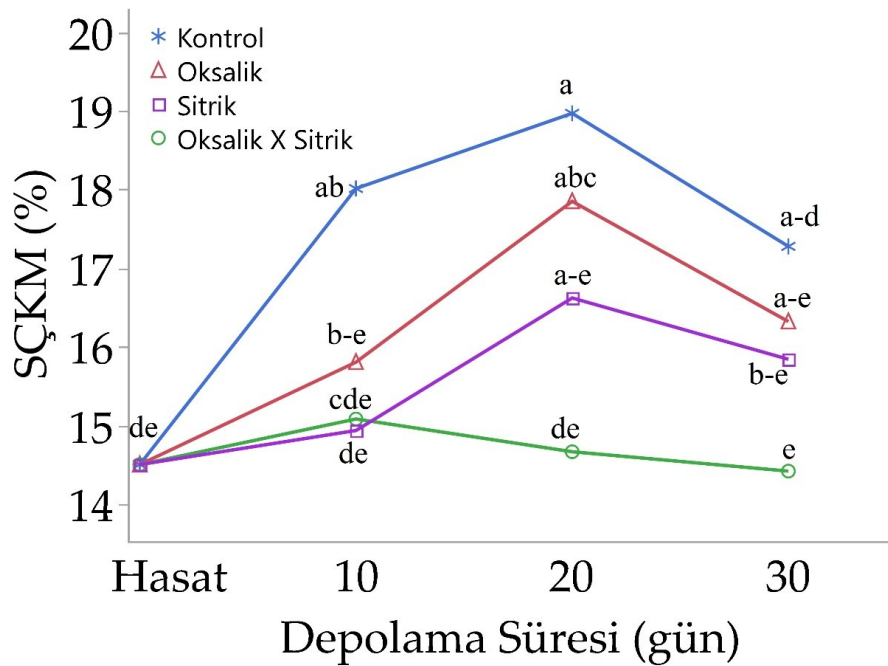
Kiraz meyvelerinin muhafaza ve pazarlama sürecini olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biri çürümedir. Depolama süresi boyunca kiraz meyvelerinde çürüme oranının düzenli olarak arttığı tespit edilmiştir ($F_{\text{Depolama Süresi}}: 28.52, p \leq 0.001$). Uygulamaların etkileri incelendiğinde, kontrol grubundaki çürüme oranı %5,90 olarak ölçümlenirken, 1 mM oksalik asit uygulanan grupta bu oran %6,10 olarak tespit edilmiştir. Sitrik asit uygulanan grupta çürüme oranı %3,73'e, oksalik & sitrik asit uygulandığı grupta ise %3,85'e düşmüştür (Tablo 3.1.). Bu sonuçlar sadece sitrik asit ile oksalik & sitrik asit uygulamasının çürüme oranını azaltmada daha etkili olduğunu göstermektedir. Depolama süresi ve asit uygulamalarının bir arada değerlendirildiğinde, en düşük çürüme oranlarının sitrik asit ve oksalik & sitrik asit uygulanan gruplarda gözlemlendiği belirlenmiştir. Özellikle 20. gün analizlerinde sitrik asit uygulanan grupta çürüme oranının %2,93'e, 30. gün analizlerinde ise %6,28 ile diğer uygulamalara göre sitrik asit uygulamasının en düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar sitrik asidin çürüme üzerinde tek başına etkili bir önleyici mekanizma sağlayabildiğini göstermektedir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Depolama süresince asit uygulamalarının çürüme oranı üzerine etkisi.

3.3 SÇKM

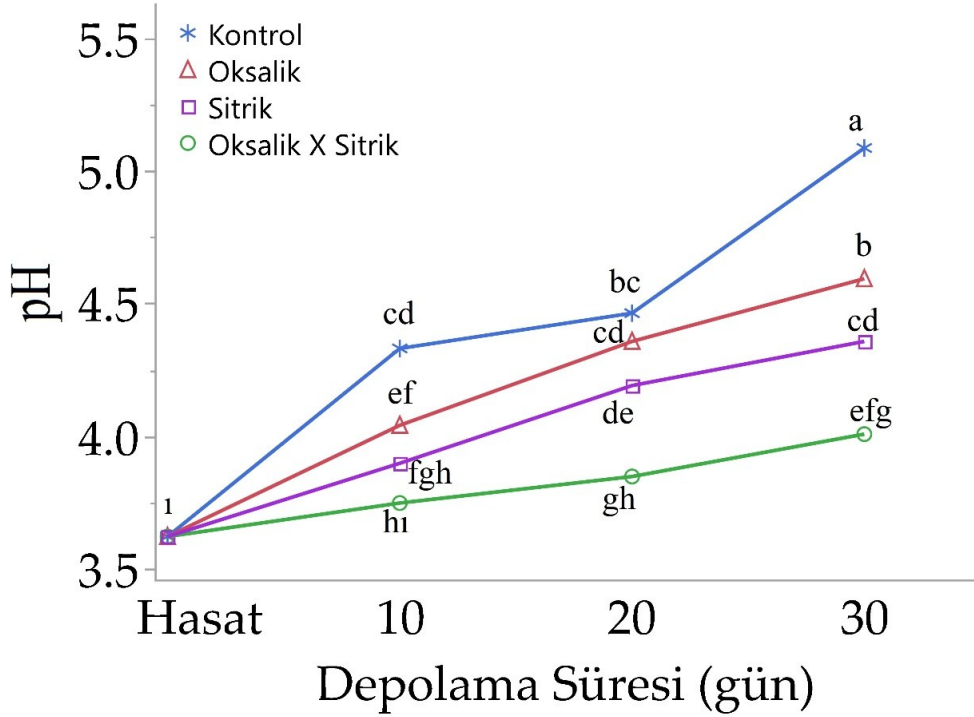
Kiraz meyvelerinin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) içeriği açısından depolama süresi ve farklı asit uygulamalarının etkileşimi incelendiğinde, $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre farklı asit uygulamalarıyla belirlenen SÇKM değerleri, depolama süresine göre farklılık göstermektedir. 10 günlük depolama sonunda kontrol grubundaki SÇKM oranı %18,01 olarak belirlenirken, 1 mM oksalik asit uygulanan meyvelerde %15,08, 1 mM sitrik asit uygulanan meyvelerde %15,80 ve 1mM oksalik & sitrik asit uygulanan meyvelerde %14,93 olarak ölçülmüştür. 20 günlük depolama süresi sonunda, kontrol grubundaki SÇKM oranı %18,97 olarak ölçülmüş, 1 mM oksalik asit uygulaması yapılan grupta bu değer %17,85, 1 mM sitrik asit uygulanan grupta %16,62 ve 1 mM oksalik & sitrik asit uygulanan grupta %14,66 olarak tespit edilmiştir. 30 günlük depolama sonunda ise kontrol grubunda SÇKM oranı %17,28 olarak belirlenirken, 1 mM oksalik asit uygulanan grupta %16,32, sitrik asit uygulanan grupta %15,84 ve oksalik-sitrik asit kombinasyonu uygulanan grupta %14,42 olarak ölçülmüştür. 10, 20 ve 30 günlük depolama analizlerinde 1 mM oksalik ve sitrik asit kombinasyonu, SÇKM oranını en düşük seviyede gözlemlenirken, kontrol grubundaki meyveler daha yüksek SÇKM oranına sahip olmuştur (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Depolama süresince asit uygulamalarının SÇKM üzerine etkisi.

3.4 pH

Kiraz meyvelerinin pH değerleri açısından depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Verilere göre pH değerleri depolama süresi boyunca düzenli olarak artış göstermiş ve uygulamalar arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu sonuçları incelendiğinde 10 günlük depolama sonunda kontrol grubunda pH değeri 4,33 olarak ölçülmüştür. Bu değer 1 mM oksalik asit (pH: 4,04), 1 mM sitrik asit (pH: 3,90) ve 1 mM oksalik & sitrik asit (pH: 3,75) uygulanan meyvelerde kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur (Tablo 3.1.). 20 ve 30 günlük depolama sonunda yapılan analizlerde de benzer bir durum gözlenmiş, kontrol grubunun pH değerlerinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4). Bu sonuçlar oksalik & sitrik asit uygulamasının pH değerlerini kontrol grubuna kıyasla daha düşük seviyelerde tutmada en etkili yöntem olduğunu göstermektedir. Ayrıca oksalik asit ve sitrik asit uygulamalarının da pH değerlerini kontrol grubuna kıyasla stabilize ettiği ancak bu etkilerin oksalik & sitrik asit uygulananlara göre daha sınırlı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular oksalik & sitrik asit uygulamasının kiraz meyvesi pH değerini kontrol etmede en etkili yöntem olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.4. Depolama süresince asit uygulamalarının pH üzerine etkisi.

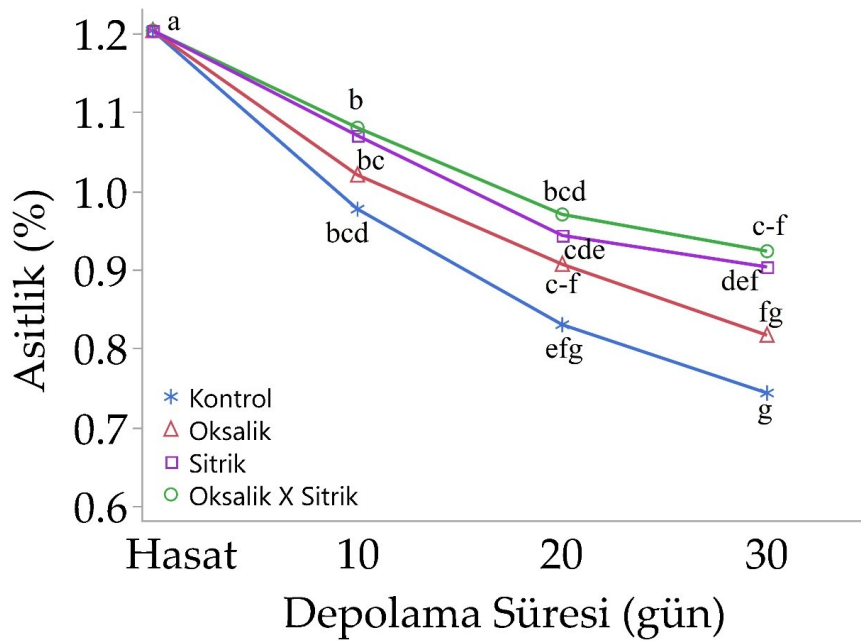
Tablo 3.1. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi.

Depolama zamanı	Ağırlık Kaybı (%)	Çürüme Oranı (%)	SÇKM (%)	pH
Hasat	0.00 ± 0.00d	0.00 ± 0.00	14.50 ± 0.37c	3.62 ± 0.03c
10. gün	2.41 ± 0.38c	2.04 ± 0.30c	15.96 ± 0.76b	4.00 ± 0.07bc
20. gün	5.51 ± 0.44b	5.76 ± 0.81b	17.03 ± 0.57a	4.21 ± 0.08b
30. gün	7.64 ± 0.50a	8.35 ± 0.68a	15.96 ± 0.34b	4.51 ± 0.12a
Uygulamalar				
Kontrol	4.99 ± 1.04ab	5.90 ± 1.42a	17.19 ± 0.63a	4.38 ± 0.16a
Oksalik 1 mM	5.90 ± 0.81a	6.10 ± 0.98a	16.66 ± 0.91a	4.33 ± 0.09a
Sitrik 1 mM	4.58 ± 0.92b	3.73 ± 0.70b	15.80 ± 0.28ab	4.15 ± 0.08ab
Oksalik x Sitrik (1 mM)	3.60 ± 0.77c	3.85 ± 0.95b	14.72 ± 0.18b	3.87 ± 0.05b
Depolama zamanı × Oksalik ve sitrik asit interaksyonu				
Hasat	0.00 ± 0.00i	0.00 ± 0.00h	14.50 ± 0.37de	3.62 ± 0.03i
10. gün	Kontrol	3.84 ± 0.42f	2.96 ± 0.36ef	4.33 ± 0.06cd
	Oksalik 1mM	3.23 ± 0.53fg	2.34 ± 0.79ef	4.04 ± 0.11ef
	Sitrik 1mM	1.61 ± 0.13gh	1.99 ± 0.22fg	3.90 ± 0.06fgh
	Oksalik x Sitrik (1 mM)	0.96 ± 0.15h	0.85 ± 0.07gh	3.75 ± 0.06hi
20. gün	Kontrol	7.07 ± 0.42bcd	8.83 ± 0.82b	4.46 ± 0.04bc
	Oksalik 1mM	6.28 ± 0.83cd	7.83 ± 0.34bc	4.36 ± 0.04cd
	Sitrik 1mM	4.52 ± 0.39ef	2.93 ± 0.39ef	4.19 ± 0.11de
	Oksalik x Sitrik (1 mM)	4.16 ± 0.63ef	3.47 ± 0.14e	3.85 ± 0.06gh
30. gün	Kontrol	9.07 ± 0.16a	11.79 ± 0.24a	5.09 ± 0.05a
	Oksalik 1mM	8.20 ± 0.73ab	8.13 ± 0.46bc	4.59 ± 0.04b
	Sitrik 1mM	7.61 ± 0.98abc	6.28 ± 0.75d	4.36 ± 0.07cd
	Oksalik x Sitrik (1mM)	5.69 ± 0.95de	7.21 ± 0.69cd	4.01 ± 0.07efg
ANOVA				
F _{Depolama Zamanı}	35.86***	23.67***	3.55*	9.04***
F _{Oksalik ve sitrik}	2.98*	2.26*	3.38*	4.01*
F _{Depolama Zamanı × Oksalik ve sitrik}	24.44***	54.35***	2.3*	36.11***

Aynı sütundaki farklı harfler p≤0.05 düzeyinde istatistiksel farklılıkları göstermektedir. *, ** ve *** sırasıyla p≤0.05, p≤0.01 ve p≤0.001 değerlerini göstermektedir. öd: önemli değil

3.5 Titre Edilebilir Asitlik

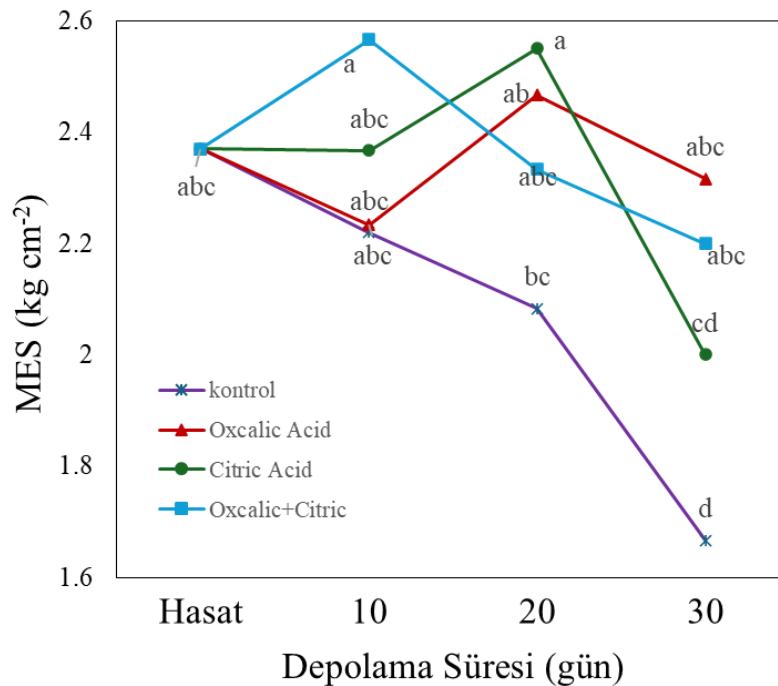
Kiraz meyvelerinin titre edilebilir asitlik (TEA) değerleri açısından depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, $P < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Verilere göre depolama süresi boyunca toplam asitlik değerlerinde düzenli bir azalma gözlenmiş ve uygulamalar arasında belirgin farklılıklar kaydedilmiştir. Hasat sırasında kaydedilen asitlik oranına kıyasla (%1,20), kontrol, sitrik asit, oksalik asit ve sitrik&oksalik asit uygulamalarının tamamında titre edilebilirlik asidin azaldığı gözlemlenmiştir (Tablo 3.2). Depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde 30 günlük depolama sonunda kontrol grubunda toplam asitlik değeri %0,74 ile en düşük seviyede ölçülmüştür. Oksalik asit uygulaması yapılan grupta toplam asitlik %0,82, sitrik asit uygulanan grupta %0,90 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta %0,92 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar 30. gün itibarıyla oksalik&sitrik asit uygulamasının toplam asitlik değerlerini en yüksek seviyede koruduğunu göstermektedir. Bu bulgular oksalik & sitrik asit ve sitrik asit uygulamalarının toplam asitlik değerlerini kontrol grubuna kıyasla daha yüksek seviyelerde stabilize ettiğini ortaya koymaktadır. Özellikle oksalik & sitrik asit uygulaması, depolama süresince toplam asitlik değerlerini kontrol etmede en etkili yöntem olarak öne çıkmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. Depolama süresince asit uygulamalarının TEA üzerine etkisi.

3.6 Meyve Eti Sertliği

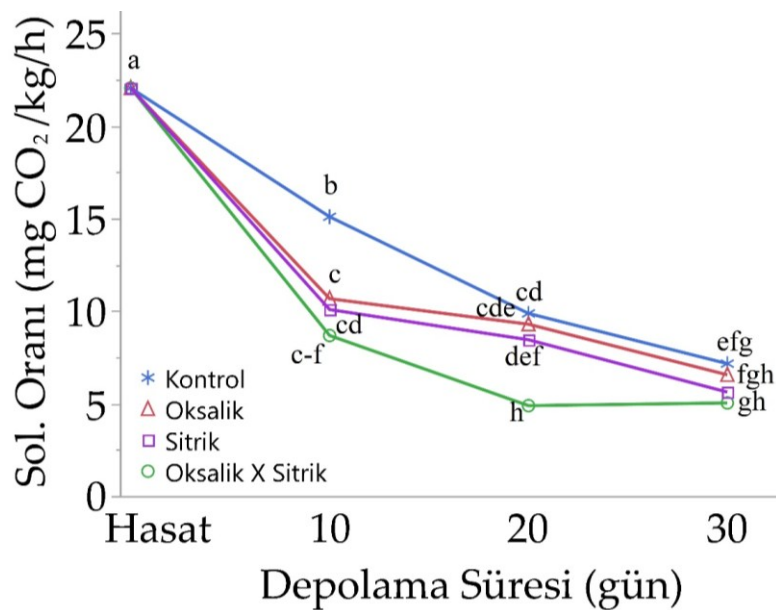
Kiraz meyvelerinin meyve eti sertliği değerleri açısından depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksiyonu incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve sitrik}}: 5.36, p \leq 0.001$). Depolama süresi boyunca meyve eti sertliği değerlerinde genel olarak bir azalma gözlenmiş ve uygulamalar arasında belirgin farklılıklar kaydedilmiştir. Hasat anında, meyve eti sertliği kontrol grubunda 2.37 kg cm^{-2} olarak ölçölmüştür. 10. gün sonunda, kontrol grubunda sertlik 2.22 kg cm^{-2} iken, oksalik asit uygulaması 2.23 kg cm^{-2} , sitrik asit uygulaması 2.37 kg cm^{-2} ve oksalik & sitrik asit uygulaması 2.57 kg cm^{-2} olarak kaydedilmiştir. 20. günde, kontrol grubunun sertliği 2.08 kg cm^{-2} seviyesine gerilemiştir. Oksalik asit 2.47 kg cm^{-2} , sitrik asit 2.55 kg cm^{-2} ve oksalik & sitrik asit uygulaması 2.33 kg cm^{-2} olarak ölçölmüştür. 30. gün sonunda, genel olarak en düşük sertlik değerleri görölmüş olup, kontrol 1.67 kg cm^{-2} ile en düşük seviyededir. Oksalik asit uygulaması 2.32 kg cm^{-2} , sitrik asit uygulaması 2.00 kg cm^{-2} ve oksalik & sitrik asit uygulaması 2.20 kg cm^{-2} değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, özellikle oksalik & sitrik asit kombinasyonu ve tekli asit uygulamalarının, depolama süresince meyve eti sertliğinin korunmasına katkı sağladığını göstermektedir (şekil 3.6). Ancak etkiler depolama süresine göre değişkenlik göstermiştir (Tablo 3.2.).



şekil 3.6. Depolama süresince asit uygulamalarının meyve eti sertliği üzerine etkisi.

3.7 Solunum Hızı

Kiraz meyvelerinin solunum oranları açısından depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksiyonu incelendiğinde, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve sitrik}}: 3.30, p \leq 0.001$). 10 günlük depolama sonunda kontrol grubunda solunum oranı 15,10 mg CO₂/kg/h olarak ölçülmüştür. Bu değer oksalik asit uygulanan grupta 10,67 mg CO₂/kg/h, sitrik asit uygulanan grupta 10,08 mg CO₂/kg/h ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 8,68 mg CO₂/kg/h olarak tespit edilmiştir. 20 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda solunum oranı 9,87 mg CO₂/kg/h oksalik asit uygulanan grupta 9,29 mg CO₂/kg/h, sitrik asit uygulanan grupta 8,45 mg CO₂/kg/h ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 8,05 mg CO₂/kg/h olarak bulunmuştur. 30 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda solunum oranı 7,16 mg CO₂/kg/h ile en yüksek seviyede bulunmuştur. Oksalik asit uygulanan grupta solunum oranı 6,56 mg CO₂/kg/h, sitrik asit uygulanan grupta 5,62 mg CO₂/kg/h ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 5,04 mg CO₂/kg/h olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.2.). Sonuçlar depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksiyonları açısından değerlendirildiğinde oksalik & sitrik asit uygulamasının solunum hızını en düşük seviyede tutarak kiraz meyvelerinin daha uzun süre taze kalmasını sağladığını göstermektedir. Ayrıca tek başına oksalik asit ve sitrik asit uygulamalarının da solunum oranını azaltmada anlamlı bir etkisi olduğu ancak oksalik & sitrik asit uygulaması bu konuda daha üstün olduğu belirlenmiştir (şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Depolama süresince asit uygulamalarının solunum oranı üzerine etkisi.

Tablo 3.2. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin TA (toplam asitlik), MES (meyve eti sertliği) ve solunum oranı üzerine etkisi.

Depolama zamanı	Asitlik (%)	Meyve Eti Sertliği (kg cm ⁻²)	Sol. Or. (mg CO ₂ /kg/h)
Hasat	1.20 ± 0.04a	2.65 ± 0.08 a	22.05 ± 1.63a
10. gün	1.04 ± 0.02b	2.35 ± 0.08 b	11.13 ± 0.80b
20. gün	0.91 ± 0.03c	2.36 ± 0.08 b	8.13 ± 0.64c
30. gün	0.85 ± 0.02c	2.05 ± 0.08 c	6.09 ± 0.29d
Uygulamalar			
Kontrol	0.94 ± 0.05a	2.08 ± 0.09 b	13.55 ± 1.78a
Oksalik 1 mM	0.91 ± 0.05a	2.40 ± 0.07 a	8.84 ± 0.69b
Sitrik 1 mM	0.97 ± 0.03a	2.38 ± 0.08 a	8.05 ± 0.69b
Oksalik x Sitrik 1 mM	0.99 ± 0.03a	2.53 ± 0.11 a	6.20 ± 0.63b
Depolama zamanı × Oksalik ve sitrik asit interaksyonu			
Hasat	1.20 ± 0.04a	2.37 ± 0.15 abc	22.05 ± 1.63a
10. gün	Kontrol	0.98 ± 0.03bcd	15.10 ± 1.22b
	Oksalik 1mM	1.02 ± 0.03bc	10.67 ± 0.84c
	Sitrik 1mM	1.07 ± 0.01b	10.08 ± 0.39cd
	Oksalik x Sitrik (1mM)	1.08 ± 0.03b	8.68 ± 0.29c-f
20. gün	Kontrol	0.83 ± 0.02efg	9.87 ± 0.76cd
	Oksalik1mM	0.91 ± 0.11c-f	9.29 ± 0.65cde
	Sitrik1mM	0.94 ± 0.02cde	8.45 ± 0.63def
	Oksalik x Sitrik (1mM)	0.97 ± 0.02bcd	4.89 ± 0.19h
30. gün	Kontrol	0.74 ± 0.03g	7.16 ± 0.40efg
	Oksalik 1mM	0.82 ± 0.02fg	6.56 ± 0.45fgh
	Sitrik 1mM	0.90 ± 0.00def	5.62 ± 0.26gh
	Oksalik x Sitrik (1mM)	0.92 ± 0.03c-f	5.04 ± 0.24gh
ANOVA			
F _{Depolama Zamanı}	20.96***	8.83***	47.34***
F _{Oksalik ve sitrik}	0.6 ^{öd}	4.21***	7.2***
F _{Depolama Zamanı × Oksalik ve sitrik}	9.65***	3.30***	40.56***

Aynı sütundaki farklı harfler p≤0.05 düzeyinde istatistiksel farklılıkları göstermektedir. *, ** ve *** sırasıyla p≤0.05, p≤0.01 ve p≤0.001 değerlerini göstermektedir. öd: önemli değil

3.8 Meyve Eti Rengi

Depolama sırasında farklı asit uygulamalarına bağı olarak, kiraz meyvesinin et rengi parametrelerine ait L*, a*, b*, kroma ve Hue açısı değerleri arasında farklar $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$, $p \leq 0.001$ düzeyinde bulunmuştur (Tablo 3.3.).

3.8.1 L* Değeri

Çalışmada, depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, L renk değerinde $p \leq 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. 10 günlük depolama süresi sonunda kontrol grubunda L* değeri 17,92 olarak ölçülmüş olup, oksalik asit uygulanan grupta bu değer 18,04 ile en yüksek seviyede tespit edilmiştir. 20 günlük depolama süresi sonunda, oksalik & sitrik asit uygulanan grup en yüksek L değerine sahip olurken, 30 günlük depolama sonunda oksalik ve sitrik asit uygulamalarında 21,13 değeri ile benzer sonuçlar gözlemlenmiştir (tablo 3.3.). Genel olarak depolama süresi boyunca oksalik ve sitrik asit uygulamalarının meyvenin parlaklık değerini koruma açısından önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

3.8.2 a* Değeri

Kiraz meyvelerinin a* değeri açısından depolama zamanı $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, depolama süresi faktörü açısından $p \leq 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ancak oksalik ve sitrik asit uygulamaları tek başına değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. 10 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda a* değeri 8,33 olarak ölçülmüştür. Oksalik asit uygulanan grupta 10,67 ile en yüksek değer tespit edilirken, sitrik asit uygulanan grupta 10,64, oksalik & sitrik asit uygulanan grupta ise 9,17 olarak belirlenmiştir. 20 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda a* değeri 6,61 olarak ölçülmüştür. Oksalik asit uygulanan grupta bu değer 7,69, sitrik asit uygulanan grupta 6,33, oksalik & sitrik asit uygulanan grupta ise 8,11 olarak belirlenmiştir. 30 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda a* değeri 6,14 olarak ölçülmüştür. Oksalik asit uygulanan grupta 7,72, sitrik asit uygulanan grupta 7,03, oksalik & sitrik asit uygulanan grupta ise 7,56 olarak tespit edilmiştir. Genel olarak depolama süresi ilerledikçe a* değerinde bir düşüş gözlenmiş olup, oksalik ve sitrik asit uygulamalarının bu düşüşü geciktirdiği belirlenmiştir. Özellikle oksalik asit, sitrik ve oksalik & sitrik uygulamalarının kırmızılığı korumada en etkili yöntem olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.3.).

3.8.3 b* Değeri

Kiraz meyvelerinin b (sarı renk yoğunluğu) değerleri* açısından, $F_{\text{Depolama Zamanı}}$ faktörü açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($F=5.02$, $p \leq 0.01$). Ancak $F_{\text{oksalik ve sitrik asit}}$ ile $F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve Sitrik}}$ faktörleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde 10 günlük depolama sonunda, Kontrol grubunda b değeri 6,85* olarak ölçülmüş olup, oksalik asit uygulanan grupta bu değer 6,70, sitrik asit uygulanan grupta 6,88 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta ise 5,98 olarak belirlenmiştir. 20 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda b* değeri 5,67 olarak ölçülmüş, oksalik asit uygulanan grupta 6,02, sitrik asit uygulanan grupta 5,54 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 6,35 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar 20 günlük depolama süresinde oksalik & sitrik asit uygulamalarında sarı renk yoğunluğunu daha fazla seviyede koruduğunu göstermektedir. 30 günlük depolama sonunda, b değerlerinde belirgin bir azalma devam etmiştir. Kontrol grubunda b değeri 5,44 olarak ölçülürken, oksalik asit uygulanan grupta 6,17, sitrik asit uygulanan grupta 5,83 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 5,95 olarak belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca b* (sarı renk yoğunluğu) değerlerinde genel bir azalma gözlenmiştir. 10 günlük depolama süresinde oksalik ve sitrik asit uygulamaları en yüksek b değerini sağlarken, 20 günlük depolama sonunda oksalik, sitrik ve oksalik & sitrik asit uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. 20 günlük depolama süresi sonunda kontrol grubu ile diğer uygulamalar istatistiksel olarak benzer sonuçlar göstermiş olsa da sarı renk yoğunluğu açısından en yüksek b* değeri oksalik & sitrik asit uygulamasında gözlemlenmiştir (Tablo 3.3.). 30 günlük depolama süresi sonunda ise kontrol, sitrik asit ve oksalik & sitrik asit uygulamaları benzer sonuçlar verirken, en yüksek b* değeri oksalik asit uygulanan grupta tespit edilmiştir.

3.8.4 c Değeri (Chroma)

Kiraz meyvelerinin Chroma (renk doygunluğu) değerleri açısından depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, $F_{\text{Depolama Zamanı}}$ açısından $P < 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Ancak $F_{\text{oksalik ve sitrik asit}}$ ve $F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve Sitrik}}$ faktörleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. Depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde 10 günlük depolama sonunda en yüksek

kroma değeri 12,69 ile sitrik asit uygulaması olduğu tespit edilmiştir. 20 günlük depolama sonunda, kroma değerlerinde genel bir azalma gözlenmiştir. Kontrol grubunda kroma değeri 8,78 olarak ölçülmüş olup, oksalik asit uygulanan grupta 89,89, sitrik asit uygulanan grupta 8,43 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 10,39 olarak ölçülmüştür. 30 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda kroma değeri 8,23 olarak ölçülmüş olup, oksalik asit uygulanan grupta 9,89, sitrik asit uygulanan grupta 9,18 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 9,62 olarak belirlenmiştir. 10 günlük depolamada en yüksek kroma değeri 12,69 ile sitrik asit uygulanan grupta tespit edilmiştir. 20 günlük depolama sonunda oksalik & sitrik asit uygulaması en yüksek kroma değerine sahip olurken, 30 günlük depolamada bu değer oksalik asit uygulanan grupta en yüksek seviyede bulunmuştur. Bu sonuçlar kısa süreli (10 gün) depolamada sitrik asidin, orta vadede (20 gün) oksalik & sitrik asit uygulamasının, uzun süreli (30 gün) depolamada ise oksalik asit uygulamasının renk doygunluğunu korumada daha etkili olduğunu göstermektedir (Tablo 3.3.).

3.8.5 Hue Değeri

Kiraz meyvelerinin Hue (renk tonu açısı) değerleri açısından depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, $F_{\text{Depolama Zamanı}}$ açısından $p < 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. 10 günlük depolama sonunda, en yüksek Hue değeri 39,33 ile kontrol grubunda tespit edilmiş olup, sitrik asit uygulanan meyvelerde bu değer 33,49 olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. 20 günlük depolama sonunda, Hue değeri kontrol grubunda 42,86, oksalik asit uygulanan grupta 38,26, sitrik asit uygulanan grupta 42,06 ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 40,27 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, 20 günlük depolama süresince kontrol grubunun en yüksek Hue değerini koruduğunu, oksalik asit uygulamasının ise en düşük değeri gösterdiğini ortaya koymaktadır. 30 günlük depolama sonunda, kontrol grubunda Hue değeri 42,28 olarak ölçülmüş olup, sitrik asit uygulanan meyvelerde 41,17, oksalik asit uygulanan meyvelerde 39,01 ve oksalik & sitrik asit uygulanan meyvelerde 38,37 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar 30 günlük depolama süresi sonunda kontrol grubunun en yüksek Hue değerine sahip olduğunu, oksalik & sitrik asit uygulanan grubun ise en düşük değere sahip olduğunu göstermektedir (tablo 3.3.).

Tablo 3.3. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin renk özellikleri üzerine etkisi.

Depolama zamanı	L*	a*	b*	Chroma	Hue	
Hasat	19.82 ± 1.30b	8.54 ± 0.35ab	7.55 ± 1.03a	11.66 ± 1.01a	41.82±3.62a	
10. gün	17.27 ± 0.28c	9.70 ± 0.48a	6.60 ± 0.22a	11.78 ± 0.48a	34.77±1.04b	
20. gün	21.19 ± 0.26a	7.18 ± 0.60b	5.89 ± 0.23b	9.34 ± 0.60b	40.86±1.48a	
30. gün	20.89 ± 0.21ab	7.11 ± 0.37b	5.85 ± 0.17b	9.23 ± 0.39b	40.21±0.83a	
Uygulamalar						
Kontrol	19.89 ± 0.49a	7.41 ± 0.48a	6.38 ± 0.38a	9.88 ± 0.59a	41.57±1.36a	
Oksalik 1 mM	20.10 ± 0.53a	8.69 ± 0.67a	6.30 ± 0.25a	10.76 ± 0.68a	36.65±1.10b	
Sitrik 1 mM	19.37 ± 0.83a	8.00 ± 0.83a	6.08 ± 0.28a	10.10 ± 0.82a	38.91±1.81ab	
Oksalik x Sitrik 1 mM	19.74 ± 0.79a	8.28 ± 0.64a	6.10 ± 0.23a	10.33 ± 0.63a	37.41±1.57b	
Depolama zamanı × Oksalik ve sitrik asit interaksyonu						
Hasat	19.82 ± 1.30b	8.54 ± 0.35abc	7.55 ± 1.03a	11.66 ± 1.01abc	41.82±3.62a	
10. gün	Kontrol	17.92 ± 0.04c	8.33 ± 0.39abc	6.85 ± 0.45ab	10.86 ± 0.16a-d	39.33 ± 2.54abc
	Oksalik1mM	18.04 ± 0.16c	10.67 ± 1.19a	6.70 ± 0.62ab	12.60 ± 1.33ab	32.69 ± 0.66c
	Sitrik1mM	16.39 ± 0.71c	10.64 ± 0.82a	6.88 ± 0.35ab	12.69 ± 0.87a	33.49 ± 1.01bc
	OksalikxSitrik1(mM)	16.73 ± 0.39c	9.17 ± 0.93ab	5.98 ± 0.31b	10.96 ± 0.95a-d	33.59 ± 1.27bc
20. gün	Kontrol	21.28 ± 0.58ab	6.61 ± 1.53bc	5.67 ± 0.62b	8.78 ± 1.54cd	42.86 ± 3.92a
	Oksalik1mM	21.13 ± 0.29ab	7.69 ± 0.68bc	6.02 ± 0.30b	9.78 ± 0.71a-d	38.26 ± 1.17abc
	Sitrik1mM	20.58 ± 0.69ab	6.33 ± 0.93c	5.54 ± 0.26b	8.43 ± 0.86d	42.06 ± 3.13a
	OksalikxSitrik(1mM)	21.76 ± 0.52a	8.11 ± 1.78abc	6.35 ± 0.63ab	10.39 ± 1.76a-d	40.27 ± 3.91ab
30. gün	Kontrol	20.56 ± 0.24ab	6.14 ± 0.47c	5.44 ± 0.09b	8.23 ± 0.42d	42.28 ± 1.45a
	Oksalik1mM	21.13 ± 0.30ab	7.72 ± 0.73bc	6.17 ± 0.40ab	9.89 ± 0.81a-d	39.01 ± 0.95abc
	Sitrik1mM	21.13 ± 0.79ab	7.03 ± 1.13bc	5.83 ± 0.48b	9.18 ± 1.17cd	41.17 ± 2.48 a
	OksalikxSitrik(1mM)	20.73 ± 0.26ab	7.56 ± 0.52bc	5.95 ± 0.25b	9.62 ± 0.56bcd	38.37 ± 0.92abc
ANOVA						
F _{Depolama Zamanı}	37.75***	6.37**	5.02**	6.35**	5.78**	
F _{Oksalik ve sitrik}	0.21 ^{öd}	0.76 ^{öd}	0.23 ^{öd}	0.31 ^{öd}	2.37 ^{öd}	
F _{Depolama Zamanı × Oksalik ve sitrik}	10.18***	2.22*	1.51 ^{öd}	2.04 ^{öd}	2.18*	

Aynı sütundaki farklı harfler p≤0.05 düzeyinde istatistiksel farklılıkları göstermektedir. *, ** ve *** sırasıyla p≤0.05, p≤0.01 ve p≤0.001 değerlerini göstermektedir. öd: önemli değil

3.9 Toplam Antosiyanin

Kiraz meyvelerinin toplam antosiyanin içeriği açısından depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, $F_{\text{Depolama Zamanı}}$ açısından $p < 0,01$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($F=4.76$, $p \leq 0,01$). Ayrıca $F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve Sitrik}}$ faktörleri açısından da istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmiştir ($p < 0.001$). 10 günlük depolama sonunda toplam antosiyanin içeriği kontrol grubunda 11,05 mg cyn-3-gluc/kg, oksalik asit uygulanan grupta 11,33 mg cyn-3-gluc/kg, sitrik asit uygulanan grupta 12,47 mg cyn-3-gluc/kg ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 14,54 mg cyn-3-gluc/kg olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar 10 günlük depolama süresi boyunca oksalik & sitrik asit uygulamasının toplam antosiyanin miktarını en yüksek seviyede koruduğunu göstermektedir. 20 günlük depolama sonunda toplam antosiyanin içeriği kontrol grubunda 11,24 mg cyn-3-gluc/kg, oksalik asit uygulanan grupta 11,84 mg cyn-3-gluc/kg, sitrik asit uygulanan grupta 13,38 mg cyn-3-gluc/kg ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 13,22 mg cyn-3-gluc/kg olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular 20 günlük depolama süresinde sitrik asit uygulamasının toplam antosiyanin miktarını en yüksek seviyede koruduğunu, oksalik & sitrik asit uygulamasının ise benzer bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. 30 günlük depolama sonunda toplam antosiyanin içeriği kontrol grubunda 15,05 mg cyn-3-gluc/kg, oksalik asit uygulanan grupta 11,77 mg cyn-3-gluc/kg, sitrik asit uygulanan grupta 12,65 mg cyn-3-gluc/kg ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta 13,41 mg cyn-3-gluc/kg olarak belirlenmiştir (tablo 3.4). Bu veriler 30 günlük depolama süresinde kontrol grubunun toplam antosiyanin içeriğini en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. 10 günlük depolamada oksalik & sitrik asit uygulaması en yüksek toplam antosiyanin içeriğine sahipken, 20 günlük depolamada en yüksek değer sitrik asit uygulanan grupta tespit edilmiştir. 30 günlük depolama süresinde ise en yüksek toplam antosiyanin içeriği kontrol grubunda belirlenmiştir. Depolama süresi ilerledikçe toplam antosiyanin içeriğinin değişkenlik gösterdiğini ve özellikle oksalik & sitrik asit uygulamasının erken dönemlerde antosiyanin seviyesini korumada daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

3.10 Toplam Fenolik

Kiraz meyvelerinin toplam fenolik madde içerikleri açısından depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu incelendiğinde, $F_{\text{Depolama Zamanı}}$ açısından

$P < 0,01$ düzeyinde, $F_{\text{oksalik ve sitrik}}$ açısından $p < 0,05$ düzeyinde ve $F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve Sitrik interaksyonu}}$ açısından ise $P < 0,001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. 10 günlük depolama sonunda en yüksek toplam fenolik içeriğin $363,59 \text{ mg GAE kg}^{-1}$ ile oksalik & sitrik asit uygulanan grupta bulunduğu belirlenmiştir. 20 günlük depolama sonunda en yüksek toplam fenolik içeriğin $334,48 \text{ mg GAE kg}^{-1}$ ile sitrik asit uygulanan grupta olduğu tespit edilmiştir. Bu grubu sırasıyla oksalik & sitrik asit uygulaması ($330,54 \text{ mg GAE kg}^{-1}$), oksalik asit ($295,91 \text{ mg GAE kg}^{-1}$) ve kontrol grubu ($280,96 \text{ mg GAE kg}^{-1}$) takip etmiştir. Bu sonuçlar sitrik asidin orta vadeli depolama sürecinde fenolik bileşiklerin korunmasında daha etkili olduğunu göstermektedir. 30 günlük depolama sonunda, fenolik madde içeriği kontrol grubunda $376,35 \text{ mg GAE kg}^{-1}$ ile en yüksek düzeyde ölçülmüş olup, bu değer ardından sırasıyla oksalik asit uygulanan grupta $294,34 \text{ mg GAE kg}^{-1}$, sitrik asit uygulanan grupta $316,37 \text{ mg GAE kg}^{-1}$ ve oksalik&sitrik asit kombinasyonu uygulanan grupta $335,26 \text{ mg GAE kg}^{-1}$ değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular kısa ve orta vadeli depolama sürecinde (10. ve 20. gün) oksalik ve sitrik asit uygulamasının toplam fenolik bileşikleri muhafaza etmede en etkili yöntem olduğunu, uzun süreli depolamada (30. gün) ise kontrol grubunun en yüksek fenolik içeriği koruduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar uygulamaların fenolik madde birikimi üzerindeki etkisinin zamana bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini göstermektedir (tablo 3.4).

3.11 DPPH

Kiraz meyvelerinin DPPH serbest radikal giderici kapasitesi bakımından, depolama süresi $\times$ oksalik ve sitrik asit interaksyonu değerlendirildiğinde, $F_{\text{Depolama Zamanı}}$ açısından $p < 0,001$ düzeyinde, $F_{\text{oksalik ve sitrik}}$ açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, $F_{\text{Depolama Zamanı} \times \text{Oksalik ve Sitrik interaksyonu}}$ açısından ise $p < 0,001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. 10 günlük depolama sonunda en yüksek DPPH değeri $1,96 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ ile oksalik & sitrik asit uygulanan grupta ölçülmüştür. Bu grubu sırasıyla $1,67 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ ile sitrik asit uygulaması, $1,63 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ ile oksalik asit uygulaması ve $1,48 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ ile kontrol grubu takip etmiştir. 20 günlük depolama sonunda DPPH değeri en yüksek $1,76 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ ile yine oksalik & sitrik asit uygulaması gözlenmiştir. Sitrik asit uygulanan grupta $1,71 \text{ mmol TE kg}^{-1}$, oksalik asit uygulanan grupta $1,65 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ ve kontrol grubunda $1,49 \text{ mmol TE kg}^{-1}$ değerleri kaydedilmiştir. 30 günlük depolama sonunda en yüksek DPPH değeri $2,17$

mmol TE kg⁻¹ ile kontrol grubunda belirlenmiştir. Bu grubu sırasıyla 1,94 mmol TE kg⁻¹ ile oksalik & sitrik asit uygulaması, 1,84 mmol TE kg⁻¹ ile sitrik asit uygulaması ve 1,77 mmol TE kg⁻¹ ile oksalik asit uygulaması takip etmiştir (Tablo 3.4.). DPPH analiz sonuçları uygulamaların antioksidan kapasiteyi farklı şekillerde etkilediğini ortaya koymuştur. Oksalik & sitrik asit uygulaması, 10 ve 20 günlük depolama sürelerinde en yüksek antioksidan kapasiteyi sağlarken, 30 günlük depolama sonunda bu avantaj azalmış ve kontrol grubu en yüksek değere ulaşmıştır. Bu durum bazı araştırmalarda belirtildiği üzere, koruyucu uygulama yapılmayan meyvelerin depolama süresi ilerledikçe oksidatif strese maruz kalarak, bu strese karşı doğal savunma mekanizmalarını aktive ettiği ve bunun sonucunda antioksidan bileşik sentezini artırdığı yönündeki bulgularla uyumludur (Hodges ve ark., 2004). Buna karşın oksalik ve sitrik asit uygulamaları meyve dokularında oluşabilecek stresi baskılayarak, bu tür savunma tepkilerinin ortaya çıkmasını sınırlamış olabilir. Dolayısıyla 30. gün sonunda kontrol grubunda DPPH düzeyinin daha yüksek bulunması, uygulama yapılmayan meyvelerin geç dönem savunma yanıtı ile açıklanabilir.

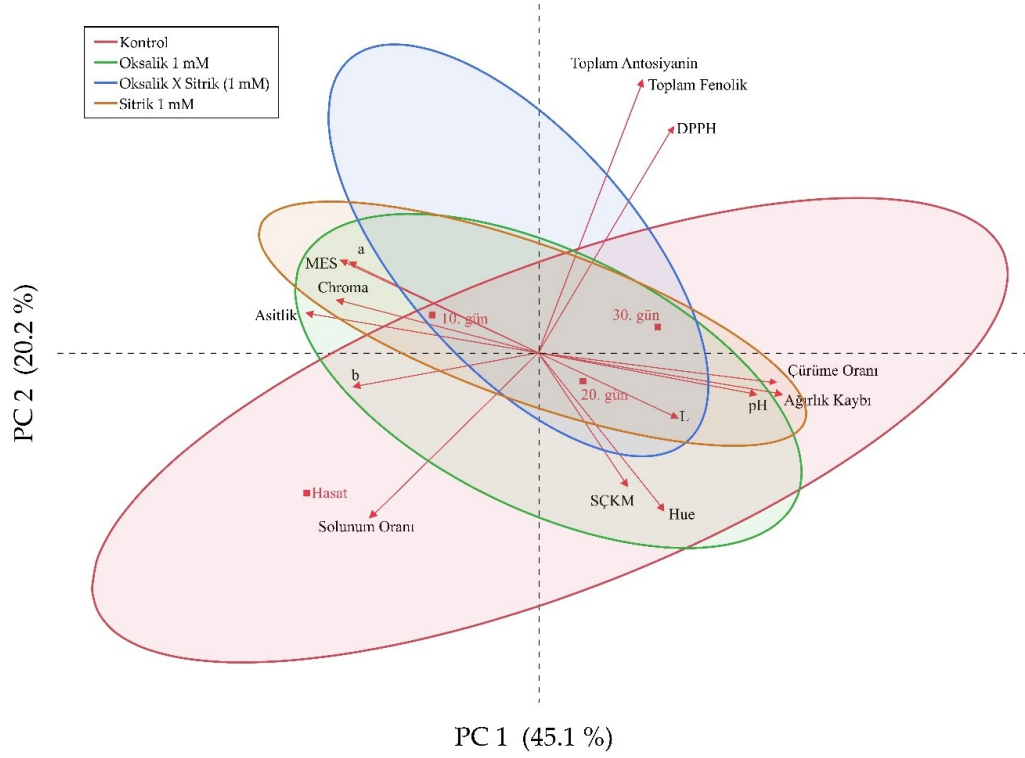
Tablo 3.4. Hasat sonrası oksalik ve sitrik asit uygulamalarının depolama süresince kiraz meyvelerinin biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi.

Depolama zamanı		Toplam Antosiyanin (mg cyn-3-gluc/ kg)	Toplam Fenolik (mg GAE kg ⁻¹)	DPPH (mmol TE kg ⁻¹)
Hasat		9.45±0.68b	236.10±17.02b	1.34±0.05c
10. gün		12.35±0.54a	308.70±13.43a	1.68±0.06b
20. gün		12.42±0.39a	310.47±9.63a	1.65±0.05b
30. gün		13.22±0.42a	330.58±10.57a	1.93±0.05a
Uygulamalar				
Kontrol		11.70±0.67b	292.41±16.68b	1.62±0.10b
Oksalik 1 mM		11.65±0.26b	291.19±6.49b	1.68±0.06ab
Sitrik 1 mM		12.83±0.36ab	320.83±8.90ab	1.74±0.03ab
Oksalik x Sitrik 1 mM		13.73±0.49a	343.13±12.22a	1.88±0.04a
Depolama zamanı × Oksalik ve sitrik asit interaksyonu				
Hasat		9.45±0.68f	236.10±17.02f	1.34±0.05f
10. gün	Kontrol	11.05±0.63ef	276.24±15.72ef	1.48 ± 0.04ef
	Oksalik1mM	11.33±0.33def	283.32±8.18def	1.63 ± 0.01de
	Sitrik1mM	12.47±0.86cde	311.65±21.64cde	1.67 ± 0.05cde
	OksalikxSitrik1(mM)	14.54±1.15ab	363.59±28.72ab	1.96 ± 0.05b
20. gün	Kontrol	11.24±0.53ef	280.96±13.15ef	1.49 ± 0.03ef
	Oksalik1mM	11.84±0.61cde	295.91±15.20cde	1.65 ± 0.20cde
	Sitrik1mM	13.38±0.27abc	334.48±6.86abc	1.71 ± 0.04cd
	OksalikxSitrik(1mM)	13.22±0.95abcd	330.54±23.61abcd	1.76 ± 0.03bcd
30. gün	Kontrol	15.05±0.41a	376.35±10.23a	2.17 ± 0.08a
	Oksalik1mM	11.77±0.50cde	294.34±12.67cde	1.77 ± 0.06bcd
	Sitrik1mM	12.65±0.68bcde	316.37±17.02bcde	1.84 ± 0.04bc
	OksalikxSitrik(1mM)	13.41±0.38abc	335.26±9.44abc	1.94 ± 0.02b
ANOVA				
F _{Depolama Zamanı}		4.76**	4.77**	10.41***
F _{Oksalik ve sitrik}		3.7*	3.7*	2.41öd
F _{Depolama Zamanı × Oksalik ve sitrik}		5.36***	5.36***	9.86***

Aynı sütundaki farklı harfler p≤0.05 düzeyinde istatistiksel farklılıkları göstermektedir. *, ** ve *** sırasıyla p≤0.05, p≤0.01 ve p≤0.001 değerlerini göstermektedir. öd: önemli değil.

3.12 Biyokimyasal Özelliklerin Temel Bileşen Analizi

Kiraz meyvelerinin biyokimyasal özelliklerine ilişkin değerlendirme amacıyla gerçekleştirilen Temel Bileşenler Analizi (PCA) sonuçları Şekil 3.1.'de verilmiştir. Analiz sonucunda toplam varyasyonun %65,3'ü ilk iki bileşen eksenini tarafından açıklanmıştır. Birinci temel bileşen (PC1) %45,1, ikinci temel bileşen (PC2) ise %20,2 oranında varyasyonu açıklamakta olup, bu iki eksen biyokimyasal özellikler arasındaki ilişkilerin yorumlanmasında yeterli görülmüştür. Grafikte yer alan değişken dağılımı incelendiğinde, toplam antosiyanin, toplam fenolik madde içeriği ve DPPH değişkenlerinin aynı yönde yer alarak birbiriyle güçlü pozitif ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Bu gruba ait vektörlerin 30. gün uygulamasına yakın konumlanması, bu parametrelerin özellikle depolama süresinin ilerleyen dönemlerinde daha etkili biçimde ortaya çıktığını göstermektedir. Oksalik & sitrik asit uygulanan grubun, bu parametrelere en yakın konumda yer alması, ilgili uygulamanın antioksidan kapasiteyi ve fenolik bileşen seviyelerini artırıcı etkisini işaret etmektedir. Buna karşılık ağırlık kaybı, çürüme oranı ve pH gibi bozulma göstergeleri benzer ekseninde konumlanmış ve bu parametreler arasında pozitif yönlü bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Söz konusu değişkenlerin özellikle kontrol grubuna ve 20. gün uygulamasına yakın konumlanması, depolama periyodunda fiziksel bozulmaların daha belirgin hale geldiğini göstermektedir. SÇKM ve Hue değişkenleri aynı doğrultuda konumlanarak birbirleriyle ilişkili bulunmuş; oksalik asit uygulamasının bu değerlere yakın pozisyonda yer alması, uygulamanın meyvenin yapısal stabilitesini ve renk tonunu koruyucu etkisini desteklemektedir. Ayrıca meyve eti sertliği (MES), asitlik ve chroma değerlerinin PCA ekseninde birlikte hareket ettiği ve özellikle sitrik asit uygulamasına yakınlığı gözlenmiştir. Bu bulgu sitrik asidin meyve dokusunun dayanıklılığını ve renk doygunluğunu koruma etkisini göstermektedir. Sonuç olarak PCA analizi, uygulanan farklı asit tiplerinin biyokimyasal özellikler üzerinde ayırıştırıcı etkiler oluşturduğunu ve özellikle oksalik & sitrik asit uygulamasının antioksidan kapasite ve fenolik bileşen seviyeleri üzerinde pozitif etkiler sağladığını ortaya koymuştur (Şekil 3.8.).



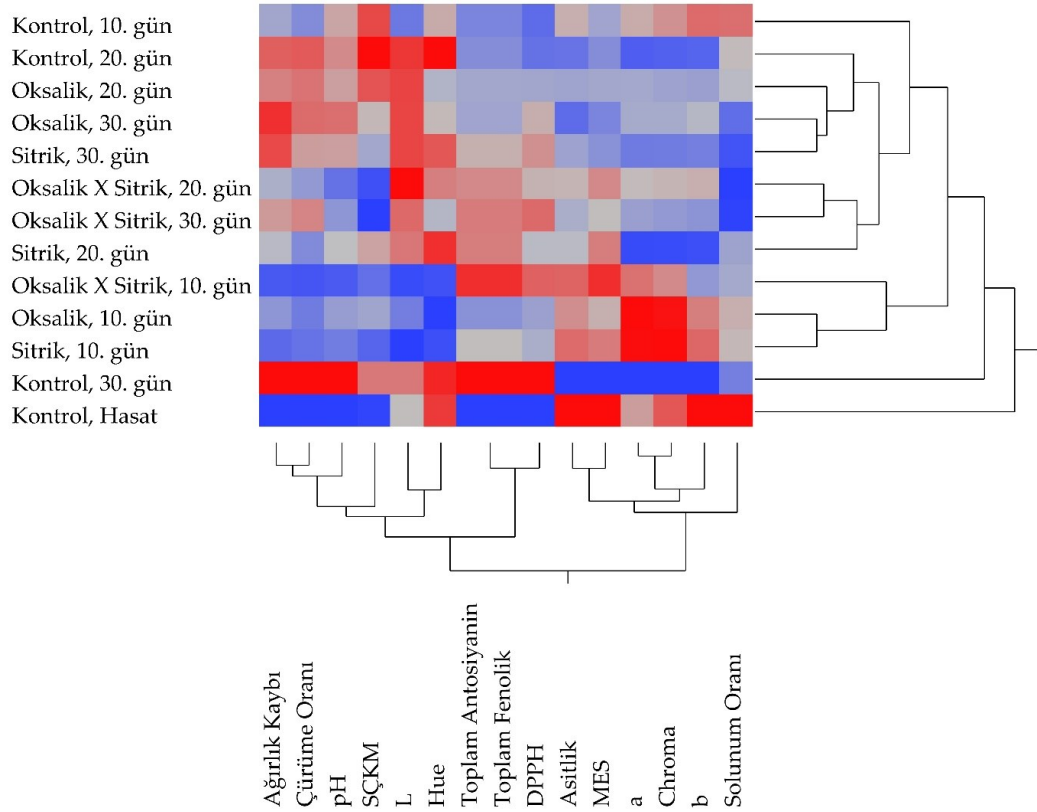
Şekil 3.8. Depolama süresince sitrik asit ve oksalik asitinin meyvelerin biyokimyasal özellikleri üzerine etkisinin PCA (Temel Bileşen Analizi) ile tanımlanması.

3.13 Biyokimyasal Özelliklerin Isı Haritası Analizi

Depolama süresi boyunca uygulanan oksalik asit, sitrik asit ve oksalik & sitrik asit uygulamalarının kiraz meyvelerinin biyokimyasal parametreleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan ısı haritası (heatmap) analizi, Şekil 3.9.'da sunulmuştur. Renk skalası, mavi tonların düşük değerleri, kırmızı tonların ise yüksek değerleri temsil ettiğini göstermektedir.

Hiyerarşik kümeleme sonucunda örnekler üç temel grupta toplanmıştır. Kontrol grubunun 10., 20. ve 30. gün uygulamaları, ağırlık kaybı, çürüme oranı, pH ve solunum oranı gibi kaliteyi olumsuz etkileyen parametrelerde daha yüksek değerlere sahip olmasıyla birlikte ayrı bir grup oluşturmuştur. Bu durum kontrol grubunun depolama süresince hızlı kalite kaybı yaşadığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık oksalik asit ve sitrik asit uygulamaları, özellikle 10. ve 20. günlerde, fenolik bileşikler, DPPH, antosiyanin ve meyve eti sertliği açısından yüksek değerler göstermiş ve bu parametrelerde olumlu etki sağladıkları için kendi içinde kümelenmiştir. Bu sonuç asit uygulamalarının meyvenin biyokimyasal stabilitesini korumada etkili olduğunu desteklemektedir. İncelenen değişkenler kendi içlerinde

iki ana grupta toplanmıştır. İlk grupta yer alan toplam fenolik madde, antosiyanin, DPPH, asitlik, L, a ve hue gibi parametreler pozitif yönde birlikte değişim göstermiştir. Bu özellikler özellikle oksalik & sitrik asit uygulaması yapılan meyvelerde daha yüksek düzeylerde ölçülmüştür. Diğer taraftan ağırlık kaybı, çürüme oranı, pH, SÇKM ve solunum oranı gibi kalite kaybı göstergelerinin genellikle kontrol grubu ve ilerleyen depolama süresiyle birlikte artış gösterdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak ısı haritası analizi; oksalik asit ve sitrik asit uygulamalarının, özellikle ilk 20 günlük periyotta meyve kalitesini korumada etkili olduğunu; buna karşılık kontrol grubunda zamanla bozulma göstergelerinin arttığını ortaya koymuştur. Parametreler arasındaki kümelenme ilişkileri, bu biyokimyasal özelliklerin birbiriyle nasıl etkileşim içerisinde olduğunu da açık bir şekilde göstermektedir.



Şekil 3.9. Depolama süresince sitrik asit ve oksalik asitin meyvelerin biyokimyasal özellikleri üzerine etkisinin Heatmap analizi ile tanımlanması.

4. TARTIŞMA

Depolama süreci boyunca kiraz meyvelerinde meydana gelen ağırlık kaybı, suyun buharlaşması ve transpirasyon yoluyla hücrelerden dışarı taşınmasından kaynaklanan doğal bir fizyolojik süreçtir. Bu çalışmada 30 günlük muhafaza süresi sonunda en yüksek ağırlık kaybı %9,07 ile kontrol grubunda belirlenmiş; bu değeri sırasıyla oksalik asit uygulanan grup (%8,20), sitrik asit uygulanan grup (%7,61) ve en düşük ağırlık kaybı ile sitrik asit & oksalik asit uygulanan grup (%5,69) takip etmiştir. Bu bulgular, her üç asit uygulamasının da ağırlık kaybını kontrol grubuna kıyasla azaltıcı etki gösterdiğini ortaya koyarken, özellikle sitrik asit & oksalik asit uygulamasının sinerjik etkisiyle ağırlık kaybını en aza indirdiği görülmüştür. Sitrik ve oksalik asit gibi zayıf organik asitler, hücre zarlarında iyon dengesi sağlayarak su kaybını kontrol altına alma potansiyeline sahiptir. Özellikle sitrik asidin pH tamponlama kapasitesi sayesinde, hücre içi osmotik dengenin korunmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir (Kader, 2002). Bununla birlikte oksalik asidin, hücre duvarında yer alan kalsiyum pektat bileşiklerini stabilize etmesi, hücresel su kaybını azaltan bir başka etkili mekanizma olarak öne çıkmaktadır (Zhou ve ark., 2022). Alhaj Alali ve ark. (2023), şeftali meyvelerine uygulanan %1 sitrik asit çözeltisinin 21 gün sonunda ağırlık kaybını kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Khosroshahi ve Esna-Ashari (2007) kayısı meyvelerinde uygulanan yüksek doz oksalik asidin ağırlık kaybını belirgin şekilde düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Bal (2012) tarafından kirazda yürütülen çalışmada ise putresin uygulamasının 30 günlük depolama sonunda ağırlık kaybını %50 oranında azaltabildiği belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler, uygulanan sitrik asit & oksalik asitin hem asitlik dengesi hem de hücre duvar stabilitesini optimize ederek meyvelerin su kaybını baskılamış ve böylece kalite kaybını geciktirmiştir. Bu tür uygulamaların fizyolojik etkileri göz önüne alındığında, depolama sürecinde doğal bozulmayı yavaşlatarak ticari raf ömrünü uzatmak açısından etkili ve ekonomik bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılabılır.

Depolama süresi ilerledikçe çürüme oranında belirgin bir artış gözlenmiş ve bu artışın özellikle kontrol grubunda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 30 günlük depolama sonunda kontrol grubunda çürüme oranı %11,79 olarak ölçülmüş, bu oran oksalik asit uygulamasında %8,13, oksalik & sitrik asit uygulamasında %7,21 ve sitrik asit uygulamasında ise en düşük değer olan %6,28 olarak tespit

edilmiştir (Tablo 4.1). Sitrik asit uygulaması, çürüme oranını azaltmada en etkili uygulama olarak öne çıkmıştır. Bu durum sitrik asidin antimikrobiyal etkisine bağlanabilir. Sitrik asit, düşük pH değerine sahip olması nedeniyle meyve yüzeyindeki mikrobiyal gelişimi baskılamakta ve böylece bozulmayı geciktirebilmektedir. Ayrıca sitrik asit uygulaması meyve dokusunun yapısal bütünlüğünü koruyarak mikroorganizmalara karşı fiziksel bariyer işlevi de görebilmektedir. Benzer şekilde, oksalik asidin de hücresel redoks dengesine etkisiyle hücre zarının stabilitesini koruyarak patojen girişine karşı direnç sağladığı düşünülmektedir. Çalışmada elde edilen bulgular, önceki araştırmalarla paralellik göstermektedir. Örneğin, Yurt (2024), kiraz meyvelerinde 1,5 mM putresin uygulaması ile çürüme oranının %0,89'a kadar düştüğünü bildirmiştir. İşlek ve Çakır (2025) ise salisilik asit uygulamasıyla çürüme oranında anlamlı azalma sağlandığını belirtmişlerdir. Liu ve ark. (2016), cherimoya meyvesinde 20 mM sitrik asit uygulamasının çürüme oranını %44 oranında azalttığını; Yang ve ark. (2019) ise şeftalilerde sitrik asit uygulamasıyla çürüme oranının %65'ten %45'e gerilediğini rapor etmişlerdir. Alhaj Alali ve ark. (2023) de, 3 mM sitrik asit uygulamasının şeftali meyvesinde çürümeyi %30,17 oranında azalttığını ortaya koymuşlardır. Bu çalışma özelinde sitrik asidin tek başına çürümeyi azaltmadaki başarısının, oksalik & sitrik asit uygulamasıyla benzer düzeyde seyretmesi, sinerjik bir etki potansiyelini de düşündürmektedir. Ancak oksalik asidin tek başına uygulandığı gruptaki çürüme oranının yüksek oluşu (%8,13), bu bileşiğin çürümeyi baskılamada daha sınırlı etkili olduğunu göstermektedir. Guillén ve ark. (2015) ile Martínez-Esplá ve ark. (2014) tarafından yürütülen çalışmalarda da oksalik asidin meyve sertliğini ve biyoaktif bileşenleri koruduğu, ancak çürüme oranı üzerindeki etkisinin sınırlı kaldığı belirtilmiştir. Sitrik asit uygulaması çürümeyi azaltmada etkili bir strateji olarak öne çıkarken, oksalik & sitrik asit uygulaması da benzer düzeyde etkili olmuş ve alternatif bir kombinasyon uygulaması olarak dikkate değer bulunmuştur.

Asit uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla SÇKM değerlerini anlamlı düzeyde düşürmüştür. Özellikle oksalik ve sitrik asidin birlikte uygulandığı grupta SÇKM oranı en düşük seviyede bulunmuş, bu durum söz konusu kombinasyonun meyvede SÇKM artışını en etkin şekilde sınırlandırdığını göstermiştir. Depolama süresince meyvelerde meydana gelen su kaybı, özsu konsantrasyonunu artırarak SÇKM oranının yükselmesine neden olur. Ancak organik asit uygulamaları meyve

yüzeyinde fiziksel bir bariyer oluşturarak transpirasyonu azaltmakta, böylece nem kaybını sınırlamaktadır (Alhaj Alali ve ark., 2023). Bu durum sitrik asit uygulanan şeftali (Yang ve ark., 2019) ve oksalik asit uygulanan nektarin (Eroğul ve ark., 2023) gibi farklı meyve türlerinde de rapor edilmiştir. Hasat sonrası dönemde meyveler, şeker ve organik asitleri solunum substratı olarak tüketmekte, bu da SÇKM düzenini doğrudan etkilemektedir. Organik asitler, solunumu baskılayarak bu tüketimi azaltmakta, olgunlaşma hızını düşürmekte ve SÇKM artışını sınırlandırmaktadır (Safa ve ark., 2015; Razavi ve ark., 2017). Bu çalışmanın bulguları literatür ile önemli ölçüde uyum göstermektedir. Safa ve ark. (2015), oksalik asit uygulanmış kiraz meyvelerinde daha düşük SÇKM ve ağırlık kaybı oranları gözlemlemişlerdir. Aynı şekilde Liu ve ark. (2016), cherimoya meyvelerinde sitrik asit uygulamasıyla hem solunum hızının hem de SÇKM artışının baskılandığını rapor etmiştir. Hasat öncesi oksalik asit uygulamasını inceleyen Martinez-Espla ve ark. (2014) ise kiraz meyvelerinde SÇKM oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olmadığını, ancak meyve fonksiyonel kalitesinde genel iyileşme sağlandığını belirtmiştir. Bu sonuç oksalik asidin antioksidan savunma sistemini aktive etme ve dokuları stabil hale getirme etkisinin; sitrik asidin ise pH düşürerek enzimatik faaliyetleri baskılama etkisinin birlikte işlediğini düşürmekte ve sinerjik bir etki gözlenebileceğine işaret etmektedir. Ancak asit uygulamalarının olası duyuşsal etkileri de dikkate alınmalıdır. SÇKM oranındaki düşüş, bazen tüketici tarafından daha az tatlı olarak algılanabilir. Bununla birlikte, bu düşüş genellikle şeker kaybından çok, nem kaybının sınırlandığı durumlarda su içeriğinin daha yüksek olması nedeniyle seyreltme etkisiyle oluşmaktadır (Yang ve ark., 2019).

Depolama süresi boyunca kiraz meyvelerinin pH değerlerinde meydana gelen değişimler, oksalik ve sitrik asit uygulamalarının etkisiyle birlikte değerlendirildiğinde, meyve içi asit-baz dengesinin muhafazasında uygulamaların belirleyici rol oynadığı görülmektedir. Bulgular, kontrol grubunda pH değerlerinin zamanla anlamlı düzeyde arttığını ve bu artışın meyvenin doğal metabolik süreçlerinin bir sonucu olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşılık, özellikle oksalik & sitrik asit uygulamasının pH artışını belirgin biçimde baskıladığı ve meyve dokusunda daha düşük pH değerlerinin korunmasını sağladığı belirlenmiştir. Bu durum, bu iki organik asidin sinerjik etkisinin meyve metabolizmasını dengelemede daha etkili olduğunu göstermektedir. Asidik ortam,

mikrobiyal faaliyetin yavaşlaması ve enzimatik bozulmaların sınırlandırılması açısından kritik öneme sahiptir (Kader, 2002; Saltveit, 2019). Oksalik asidin hücre içi redoks dengesine etki ederek metabolik reaksiyonları baskıladığı (Li ve ark., 2014), sitrik asidin ise pH düşürücü etkisiyle enzimatik faaliyetleri inhibe ettiği bilinmektedir (Ali ve ark., 2014). Bu iki asidin kombinasyonu, hücresel düzeyde proton dengesi üzerinde doğrudan etkili olarak, pH artışını sınırlandırmakta ve meyve kalitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca Yurt (2024) tarafından bildirilen bulgular da benzer şekilde uygulanan putresinlerin pH değerini kontrol ederek kalite kayıplarını azalttığını göstermiştir. İşlek ve Çakır (2025) tarafından yürütülen bir çalışmada da salisilik asit ve kitosan kaplamalarının pH değerlerini stabilize ettiği, böylece kiraz meyvesinde kalite parametrelerini koruduğu vurgulanmıştır. Çalışmada en düşük pH değerlerinin oksalik & sitrik asit uygulamasında gözlemlenmesi, bu kombinasyonun meyve içi asit-baz dengesini düzenlemede en etkili yaklaşım olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük pH değerleri, meyvede biyokimyasal stabilitenin korunmasına katkı sağlamakta, bu da ürünün raf ömrünün uzatılmasında önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir.

Depolama süresi boyunca kiraz meyvelerinin titre edilebilir asitlik (TEA) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar gözlenmiş ve bu azalma, uygulanan organik asit muameleleriyle anlamlı şekilde farklılaşmıştır. Hasat sırasında %1,20 olarak kaydedilen TA değeri, 30. gün sonunda kontrol grubunda %0,74'e kadar düşerken; oksalik asit, sitrik asit ve özellikle bu iki asidin kombinasyonu ile muamele edilen gruplarda sırasıyla; %0,82, %0,90 ve %0,92 oranında daha yüksek seviyelerde korunmuştur (Tablo 4.2). Kiraz meyvesi, depolama sürecinde solunum ve olgunlaşma kaynaklı fizyolojik aktiviteler sonucunda organik asit içeriklerini kaybetme eğilimindedir. Bu süreçte kontrol grubunda TEA'daki keskin düşüş, meyve metabolizmasının doğal seyrine bağlı olarak organik asitlerin parçalanmasından kaynaklanmaktadır. Buna karşın oksalik ve sitrik asit uygulamaları, solunum hızını azaltarak ve olgunlaşmayı yavaşlatarak organik asit tüketimini sınırlandırmış olabilir. Özellikle oksalik asidin antioksidan özellik göstererek hücre zar bütünlüğünü koruması ve etilen üretimini baskılaması, bu etkiyi güçlendirmiştir (Guillén ve ark., 2015; Retamal-Salgado ve ark., 2023). Sitrik asit ise pH'ı düşürerek bazı metabolik aktiviteleri inhibe edebilmekte, böylece TEA kaybını geciktirebilmektedir. Söz konusu etkiler, çalışmada en yüksek TEA değerinin oksalik & sitrik asit uygulamasının korunmuş olmasıyla

desteklenmiştir. Nitekim literatürde Guillén ve ark. (2015), Early Lory kiraz çeşidinde yürüttükleri çalışmada 100 mM OA uygulamasının TA kaybını anlamlı düzeyde yavaşlattığını rapor etmiş; benzer şekilde Safa ve ark. (2015) de ‘Takdaneh’ kiraz çeşidinde OA uygulamalarının asitliği kontrol grubuna kıyasla daha yüksek tuttuğunu bildirmiştir. Retamal-Salgado ve ark. (2023), kirazda OA uygulamasının depolama sonunda TEA değerini %0,62 seviyesinde tutarken, kontrol meyvelerinde bu değerin %0,39’a düştüğünü ifade etmiş ve bu sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermiştir. İşlek ve Çakır (2025) tarafından bildirilen bulgular da hem salisilik asit hem de kitosan uygulamalarının TEA kaybını geciktirdiğini ortaya koymuştur. Tüm veriler değerlendirildiğinde, özellikle oksalik & sitrik asit uygulamasının kiraz meyvesinin asit içeriğini muhafaza etmede etkili bir uygulama olduğu, böylece ürünün raf ömrünü uzatma ve duyusal kalitesini koruma potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Hasat sonrası dönemde kiraz meyvelerinde meyve eti sertliği üzerine oksalik asit, sitrik asit ve bunların kombinasyonunun etkileri değerlendirildiğinde, depolama süresine bağlı olarak tüm uygulamalarda belirgin bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Depolaman süresi boyunca oksalik asit, sitrik asit ve oksalik asit & sitrik asit uygulaması meyve eti sertliğini koruma açısından kontrol grubuna kıyasla daha etkili olduğu görülmüştür. Bulgular, mevcut literatür ile paralellik göstermektedir. Guillén ve ark. (2015), tatlı kirazlarda yaptıkları çalışmada, oksalik asit uygulamalarının olgunlaşma sürecini yavaşlattığını ve sertlik kaybını azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Retamal-Salgado ve ark. (2023), yaban mersini meyvelerinde oksalik asit ve salisilik asit uygulamalarının meyve sertliğini %20 oranında artırdığını belirtmiştir. Alhaj Alali ve ark. (2023) ise şeftali meyvelerinde 3 mM sitrik asit uygulamasının depolama süresi sonunda meyve sertliğini kontrol grubuna kıyasla daha yüksek düzeyde muhafaza ettiğini göstermiştir. Bu bulgular, organik asitlerin meyve dokusundaki yumuşamayı geciktirme ve hücresel bütünlüğü koruma etkisini desteklemektedir. Çalışmada oksalik ve sitrik asitlerin birlikte uygulanması hem bireysel uygulamalara hem de kontrol grubuna göre meyve sertliği üzerinde daha belirgin bir koruma sağlamıştır. Bu durum organik asitlerin sinerjik etkisiyle açıklanabilir. Literatürde de Debnath ve ark. (2020), guava meyvesinde kitosan ve sitrik asit kombinasyonunun sertlik kaybını anlamlı düzeyde yavaşlattığını bildirmiştir. Benzer şekilde Liu ve ark. (2016), cherimoya meyvesinde sitrik asit ve kitosan içeren kaplama uygulamasının sertlik azalışını

sınırladığını göstermiştir. Bu bulgular oksalik, sitrik ve oksalik & sitrik asitlerin hasat sonrası dönemde doku bütünlüğünü koruma potansiyelini ortaya koymakta olup, kiraz gibi yumuşamaya duyarlı meyvelerde kalite kayıplarını en aza indirmede olumlu bir yaklaşım sunmaktadır.

Depolama süresi boyunca elde edilen bulgular, solunum oranlarının tüm asit uygulamalarında kontrol grubuna kıyasla daha düşük seviyelerde seyrettiğini ortaya koymuştur. Özellikle 30. gün sonunda kontrol grubunda solunum oranı 7,16 mg CO₂/kg/h olarak ölçülürken; oksalik asit uygulanan grupta bu değer 6,56 mg CO₂/kg/h, sitrik asit uygulanan grupta 5,62 mg CO₂/kg/h ve oksalik & sitrik asit uygulanan grupta ise 5,04 mg CO₂/kg/h olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler, asit uygulamalarının meyve solunum aktivitesini baskılayarak fizyolojik bozulmayı geciktirdiğini açıkça göstermektedir. Özellikle oksalik & sitrik asit uygulamasının tüm depolama periyotları boyunca en düşük solunum değerlerine sahip olması, bu iki bileşiğin sinerjik etkisine işaret etmektedir. Bu durum, organik asitlerin meyve hücrelerinde glikoliz ve sitrik asit döngüsü gibi temel metabolik yollar üzerindeki düzenleyici etkilerinden kaynaklanmaktadır. Solunum oranındaki düşüş, karbonhidratların daha yavaş yıkımı ve oksidatif süreçlerin baskılanması anlamına gelmekte olup, bu da ürünün enerji tüketimini azaltarak raf ömrünü uzatmaktadır (Saltveit, 2019). Sitrik asit uygulamalarının, meyve dokusundaki pH düzeyini düşürerek enzimatik faaliyetleri inhibe etmesi yoluyla bu etkiyi oluşturduğu düşünülmektedir. Oksalik asit ise hücre içi redoks dengesini etkileyerek serbest radikal oluşumunu sınırlandırmakta ve oksidatif stresin etkilerini azaltmaktadır (Ali ve ark., 2014; Wang ve ark., 2022). Bu bağlamda oksalik & sitrik asit uygulaması, hem hücre içi metabolik süreçlerin yavaşlatılması hem de hücre zarının daha stabil bir yapıda kalmasına katkı sağlayarak meyve kalitesinin korunmasında daha etkili olmuştur. Benzer bulgulara literatürde de rastlanmaktadır. Valero ve ark. (2005), erik meyvesinde poliamin uygulamalarının solunumu baskıladığını ve meyvenin raf ömrünü anlamlı şekilde uzattığını rapor etmişlerdir. Kader (2002), düşük solunum hızının meyve ve sebzelerdeki kalite kaybını geciktirdiğini ve pazarlanabilirlik süresini artırdığını ifade etmiştir. Elbadry ve ark. (2021) ise turuncgillerde oksalik asit uygulamasının, düşük solunum oranlarıyla ilişkili olarak meyve dayanımını olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Bu çalışma, oksalik & sitrik asit uygulamasının, kiraz meyvelerinde solunum oranını azaltarak metabolik aktiviteyi

baskıladığını ve bu yolla hasat sonrası kalite kayıplarını en aza indirme potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur.

Çalışmada incelenen L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue gibi renk parametreleri açısından hem depolama süresi hem de uygulamalar arası istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Depolama süresi ilerledikçe meyvelerin parlaklık, kırmızılık, sarılık, renk doygunluğu ve ton açıları değişim göstermiş, organik asit uygulamaları bu değişimleri sınırlandırmıştır. Parlaklık düzeyini ifade eden L^* değeri, kontrol grubunda zamanla artış göstermiştir. Bu artış, meyve yüzeyinin ışığı daha fazla yansıtmasıyla renk solgunluğunun göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Özellikle 20. ve 30. gün sonunda, oksalik ve sitrik asit uygulamaları ile muamele edilen meyvelerde L^* değerinin daha dengeli seyrettiği, oksalik & sitrik asit uygulamasının ise parlaklık kaybını en iyi şekilde sınırladığı görülmüştür. Kırmızılığı ifade eden a^* değerlerinde ise genel bir azalma eğilimi dikkat çekmiş; kontrol grubunda bu düşüş daha belirgin olurken, özellikle oksalik asit ve kombinasyon uygulamaları renk kaybını geciktirici etki göstermiştir. Bu bulgu, organik asitlerin antosiyanin stabilizasyonu üzerindeki olumlu etkisiyle ilişkilendirilebilir. b^* değerleri açısından değerlendirildiğinde, zamanla genel bir düşüş gözlenmiş ancak uygulamalar arası farklar istatistiksel olarak sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, 20. gün sonunda sarı renk yoğunluğunu en iyi şekilde koruyan grubun oksalik & sitrik asit uygulaması olduğu belirlenmiştir. Renk doygunluğunu ifade eden Chroma değerleri bakımından ise, kontrol grubunda zamanla düşüş gözlenmiş, sitrik asit uygulaması 10. günde en yüksek doygunluk değerini sağlamış, 30. gün itibarıyla ise oksalik asit uygulaması ön plana çıkmıştır. Bu durum, farklı uygulamaların renk doygunluğu üzerindeki etkilerinin zamanla değişebileceğini ortaya koymaktadır. Renk tonu açısı olan Hue değerlerinde ise, kontrol grubunda değerlerin daha yüksek seyretmesi renk tonunun kırmızıdan uzaklaştığını gösterirken; organik asit uygulamaları özellikle 10 ve 20. günlerde ton korunumu sağlamada daha başarılı olmuştur. Elde edilen bu bulgular, literatürde farklı meyve türleri üzerinde yapılan benzer çalışmalarla örtüşmektedir. Martinez-Esplá ve ark. (2014), kirazda oksalik asit uygulamalarının meyve rengi üzerinde olumlu etkiler sağladığını ve antosiyanin içeriğini artırdığını belirtmiştir. Benzer şekilde Retamal-Salgado ve ark. (2023), yaban mersininde oksalik asidin meyve rengini koruduğunu ve renk yoğunluğunu desteklediğini bildirmiştir. Bu çalışmalar, oksalik asidin meyve yüzey renginin stabilizasyonunda etkin bir rol oynadığını

göstermektedir. Ayrıca Aamer ve ark. (2021) tarafından çilek nektarında yapılan çalışmada, sitrik asit ilavesinin antosiyaninlerin bozulmasını yavaşlattığı ve renk kaybını sınırlandırdığı ifade edilmiştir. Bu durum, sitrik asidin pH düzenleyici etkisinin yanı sıra renk koruyucu özellik taşıdığını desteklemektedir. Oksalik & sitrik asit uygulamasının bu çalışmada çoğu renk parametresinde en başarılı sonucu vermesi, her iki asidin sinerjik etkisiyle açıklanabilir. Kombine uygulama, antosiyaninlerin oksidatif bozulmaya karşı korunmasını sağlayarak hem kırmızılık hem de renk doygunluğu gibi görsel kalite kriterlerinin daha uzun süre korunmasına katkı sunmuştur. Ayrıca Yurt (2024) ve Çoban ve ark. (2023) gibi kiraz üzerine yapılan çalışmalar da bu bulguları destekler nitelikte olup, benzer organik asit uygulamaları ile renk parametrelerinin muhafaza edilebildiğini ortaya koymuştur. Hem elde edilen veriler hem de literatür karşılaştırmaları ışığında, oksalik ve sitrik asit uygulamalarının kiraz meyvesinin renk parametrelerini olumlu yönde etkilediği ve depolama süresince renk bozulmalarını geciktirdiği söylenebilir. Özellikle oksalik & sitrik uygulaması, renk stabilitesini korumada en etkili yöntem olarak öne çıkmıştır.

Kiraz meyvelerinin toplam antosiyanin içeriği üzerinde depolama süresi ile oksalik ve sitrik asit uygulamalarının etkileşimi incelendiğinde, uygulamalar arasındaki farkların özellikle depolamanın ilk dönemlerinde daha belirgin olduğu görülmüştür. Depolamanın 10. gününde oksalik ve sitrik asidin birlikte uygulandığı grup en yüksek antosiyanin düzeyini korurken, bu etkinin 20. günde tek başına sitrik asit uygulamasına geçtiği, 30. günde ise en yüksek antosiyanin içeriğinin kontrol grubunda tespit edildiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kısa süreli muhafazada organik asitlerin fenolik pigmentleri koruyucu etkisinin daha etkin olabileceğini düşündürmektedir. Oksalik asidin, bitkisel dokularda antioksidatif savunma sistemlerini güçlendirme ve fizyolojik yanıtları düzenleme potansiyeline sahip olduğu; sitrik asidin ise meyve dokusunda pH'yı düşürerek antosiyanin gibi biyoaktif bileşiklerin stabilitesini artırdığı bildirilmektedir (Retamal-Salgado ve ark., 2023; Alhaj Alali ve ark., 2023; Zhou ve ark., 2022). Valero ve ark. (2011), oksalik asit uygulanan kirazlarda antosiyanin düzeylerinin daha yüksek kaldığını, Aamer ve ark. (2021) ise sitrik asit ilavesinin fenolik kararlılığı iyileştirdiğini belirtmiştir. Bununla birlikte, 30. gündeki kontrol grubunun beklenmedik şekilde daha yüksek antosiyanin içeriği göstermesi, literatürle tam anlamıyla örtüşmemekle birlikte, muhtemelen uygulama dozlarının uzun dönem etkilerindeki farklılıktan

kaynaklanmaktadır. Bu durum, organik asitlerin kısa vadede etkili olsa da uzun süreli muhafazada bu etkinin azalabileceğini düşündürmektedir. Nitekim antosiyaninler, pH, sıcaklık ve ışık gibi faktörlere oldukça duyarlı olduğundan, depolama koşullarına bağlı olarak parçalanma hızlarında değişkenlik görülebilmektedir (Aamer ve ark., 2021; Diaconeasa ve ark., 2022; Valero ve ark., 2011).

Depolama süresi boyunca kiraz meyvelerinin toplam fenolik içeriği üzerine yapılan analizler, özellikle 10. ve 20. günlerinde, oksalik & sitrik asit uygulanan grupta fenolik bileşiklerin daha yüksek seviyelerde kaldığı görülmüş, bu da organik asit uygulamalarının kısa süreli muhafazada fenolik stabilite üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar literatürde de bildirilmektedir. Martínez-Esplá ve ark. (2014), tatlı kirazda oksalik asit uygulamasının toplam fenolik içeriği artırdığını rapor ederken, Eroğul ve ark. (2023) nektarinde oksalik asit uygulamasının fenolik kaybı geciktirdiğini göstermiştir. Batool ve ark. (2021), kayısıda oksalik ve salisilik asitlerin fenolik madde azalmasını sınırladığını belirtmiştir. Yang ve ark. (2019) ise şeftalide sitrik asidin klorojenik asit ve kateşin gibi fenolik bileşikleri koruduğunu aktarmıştır. Bu koruyucu etki, organik asitlerin düşük pH sağlayarak polifenol oksidaz aktivitesini baskılaması ve metal iyonlarıyla kompleksleşerek oksidatif bozunmayı yavaşlatmasıyla açıklanabilir (Moon ve ark., 2020). Ayrıca oksalik asidin etilen sentezini inhibe etmesi (Eroğul ve ark., 2023) ve her iki asidin antioksidan enzim aktivitelerini artırarak fenolik stabiliteyi güçlendirmesi de bu duruma katkı sağlamaktadır (Alhaj Alali ve ark., 2023; Zhou ve ark., 2022). Ancak çalışmada 30. gün sonunda kontrol grubunun daha yüksek toplam fenolik içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Bu bulgular oksalik ve sitrik asit uygulamalarının kısa ve orta vadede fenolik bileşikleri koruma konusunda etkili olduğunu, ancak uzun süreli depolamada bu etkinin sınırlanabileceğini ve kontrol grubunun bile zamanla daha yüksek fenolik içeriğe sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu durum organik asitlerin etkilerinin zamanla değişebileceğini ve muhafaza süresinin, uygulama etkinliğinde belirleyici bir faktör olabileceğini göstermektedir.

Çalışmada, oksalik ve sitrik asit uygulamaları ile işlenen kiraz meyvelerinde DPPH serbest radikal giderici kapasitenin, özellikle depolamanın 10. ve 20. günlerinde en yüksek seviyelere ulaştığı ancak 30. gün sonunda bu değerin en yüksek düzeye kontrol grubunda çıktığı belirlenmiştir. Bu durum oksalik ve sitrik

asit uygulamalarının kısa ve orta vadede antioksidan kapasiteyi artırmada etkili olduğunu ancak uzun süreli depolamada meyvenin kendi olgunlaşma sürecine bağlı olarak asit uygulanmamış meyvelerde daha yüksek antioksidan kapasite gelişebileceğini düşündürmektedir. Nitekim Goulas ve ark. (2015), olgun kiraz meyvelerinde olgunlaşma süreciyle birlikte antioksidan kapasite ve fenolik bileşik düzeylerinin arttığını belirtmiştir. Benzer şekilde Serrano ve ark. (2005), tatlı kirazlarda olgunluğun ileri evrelerinde antosiyanin birikiminin hızlanarak toplam antioksidan aktivitenin arttığını rapor etmiştir. Kalt ve McDonald (1996) tarafından yabancı yaban mersini üzerinde yürütülen bir çalışmada, meyve olgunlaştıkça antosiyanin içeriğinde anlamlı artışlar gözlemlenmiştir. Literatürde antosiyanin içeriği ile DPPH radikal giderme kapasitesi arasında güçlü bir korelasyon olduğu bildirildiğinden, bu artışın DPPH kapasitesini de artırabileceği düşünülmektedir (Shibata ve ark., 2019). Yabancı yaban mersini üzerinde yapılan bir başka çalışmada da meyve olgunlaştıkça antosiyanin içeriğinde ve dolayısıyla DPPH kapasitesinde anlamlı artışlar gözlemlenmiştir (Kalt ve McDonald, 1996). Literatürde, oksalik ve sitrik asit gibi organik bileşiklerin antioksidan kapasite üzerindeki etkileri çeşitli yollarla açıklanmaktadır. Bu asitlerin meyve dokusunda pH'yı düşürerek polifenol oksidaz gibi fenolik bileşikleri parçalayan enzimlerin aktivitesini baskıladığı ve bu sayede fenolik kararlılığı artırdığı bildirilmektedir (Friedman ve Jürgens, 2000). Ayrıca sitrik asit gibi organik asitlerin bitki dokularında stres uyarıcı olarak görev yaparak antioksidan savunma enzimlerini aktive ettiği ve fenolik metabolizmayı uyarak antioksidan düzeyleri artırdığı da belirtilmektedir (Tahjib-Ul-Arif ve ark., 2021). Bu mekanizmalar, özellikle kısa vadeli depolama süreçlerinde gözlenen yüksek DPPH düzeylerini açıklayabilmektedir. Martínez-Esplá ve ark. (2014) tatlı kiraz meyvelerine hasat öncesi uygulanan oksalik asitlerin antosiyanin içeriğini yaklaşık %45 oranında artırdığını ve meyve kalitesini iyileştirdiğini belirtmiştir. Yıldırım ve ark. (2024) ise kayısı meyvesine yapılan oksalik asit uygulamalarının toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan kapasiteyi %40'ın üzerinde artırdığını rapor etmiştir. Bu bulgular çalışmadaki 10 ve 20. günlerdeki yüksek DPPH düzeylerini destekler niteliktedir. Bununla birlikte, 30. gün sonunda kontrol grubunda daha yüksek antioksidan kapasite elde edilmesi, uygulama yapılmamış meyvelerin depolama süresi ilerledikçe oksidatif strese yanıt olarak doğal savunma mekanizmalarını aktive ettiği ve fenolik sentezini artırdığı yönündeki literatürle de örtüşmektedir (Serrano ve ark., 2005). Sonuç olarak, oksalik ve sitrik asit

uygulamalarının kiraz meyvesinde antioksidan kapasiteyi kısa ve orta vadede artırdığı ancak uzun süreli depolama koşullarında meyvenin doğal olgunlaşma süreçlerinin baskın hale gelerek kontrol grubunda daha yüksek DPPH düzeylerine yol açtığı düşünülmektedir. Bu durum organik asit uygulamalarının etkisinin zamana bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğini ve uygulama stratejisinin muhafaza süresi dikkate alınarak belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, 0900 Ziraat kiraz çeşidine hasat sonrası uygulanan 1 mM oksalik asit, 1 mM sitrik asit ve 1 mM oksalik & sitrik asit uygulamalarının, soğukta muhafaza süresince kalite ve biyoaktif özellikler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Uygulamalar, meyvenin fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerini koruma açısından genel olarak olumlu sonuçlar vermiştir. Özellikle oksalik & sitrik asit uygulaması; ağırlık kaybı ve çürüme oranının düşürülmesi, meyve eti sertliğinin korunması, fenolik bileşikler ve DPPH üzerinden ölçülen antioksidan kapasitenin artırılması bakımından en başarılı uygulama olarak öne çıkmıştır. Bu bulgular, oksalik ve sitrik asitlerin birlikte kullanımının kiraz meyvesinde kalite kayıplarını azaltabileceğine dair hipotezi güçlü biçimde desteklemektedir.

Uygulamaların etkinliği depolama süresine bağlı olarak değişim göstermiştir. Oksalik & sitrik asit özellikle ilk 20 gün boyunca birçok kalite parametresinde üstünlük sağlarken, 30. gün sonunda bazı göstergelerde kontrol grubundaki değerler daha yüksek bulunmuştur. Etkinin zamanla azalma eğiliminde olması, bu yöntemin özellikle kısa (10 gün) ve orta vadeli (20 gün) muhafaza koşullarında avantaj sağladığını düşündürmektedir. Daha uzun süreli kullanımın etkililiği ise ileride yapılacak çalışmalarda netleştirilmelidir. Söz konusu uygulamalar özellikle kısa ve orta vadeli muhafaza süreçleri için etkili bir alternatif olarak değerlendirilebilir ancak uzun vadeli (30 gün) etkinliğin sürdürülebilirliği açısından daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Çalışmanın ortaya koyduğu olumlu sonuçlara rağmen, uygulamaların farklı kiraz çeşitleri, olgunluk seviyeleri, uygulama dozları ve sürelerle göre nasıl bir performans göstereceği henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle ileriki araştırmalarda oksalik ve sitrik asit uygulamalarının farklı konsantrasyonlarda ve uygulama sürelerinde denenmesi; spreyleme, vakum daldırma ve mikrokapsülasyon gibi alternatif tekniklerin değerlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca modifiye atmosfer ve aktif ambalajlama gibi farklı paketlenme koşullarıyla etkileşimi ortaya koyacak çalışmalar, yöntemin pratikteki uygulanabilirliğini daha net ortaya koyacaktır. Mikrobiyolojik dayanıklılık, hücresel yapı analizleri ve duyuşal testlerin dahil edilmesiyle elde edilen veriler çok yönlü hale getirilebilir.

Oksalik ve sitrik asit uygulamalarının hasat sonrası dönemde kalite kayıplarını azaltma ve raf ömrünü uzatma açısından bilimsel ve pratik açıdan uygulanabilir yöntemler sunduğu görülmüştür. Ancak bu etkinliğin ticari ölçekte sürdürülebilirliğini ve farklı üretim koşullarındaki uyumluluğunu belirleyebilmek için ileri düzey araştırmalarla desteklenmelidir.



KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA7 atıf sistemi kullanılmıştır.)

- Aamer, M., Khan, M. K. I., Anjum, M. A., Saeed, F., Umer, M., Afzaal, M., & Siddiqui, S. A. (2021). Effect of citric acid and calcium chloride treatments on phenolic contents, antioxidant potential and color stability of sweet cherries during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(2), e15163.
- Alhaj Alali, F., Askari Sarcheshmeh, M. A., & Bababalar, M. (2023). Evaluating the effects of citric acid application on reducing decay, maintaining edibility and shelf life of peach fruits in cold storage. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(2), 149–160. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2022.328720.490>
- American Chemical Society. (2022, April 4). *Citric acid. Molecule of the Week*. <https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/c/citric-acid.html>
- Artık, Ç. A. (2024). Kirazda (*Prunus avium* L.) farklı uygulamaların erkencilik ve meyve kalitesi üzerine etkileri (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bal, E. (2012). Hasat sonrası putresin ve salisilik asit uygulamalarının kirazın soğukta muhafazası üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 23-31.
- Batool, M., Bashir, O., Amin, T., Wani, S. M., Masoodi, F. A., Jan, N., Bhat, S. A., & Gul, A. (2021). Effect of oxalic acid and salicylic acid treatments on the post-harvest life of temperate grown apricot varieties (*Prunus armeniaca*) during controlled atmosphere storage. *Food Science and Technology International*, 28(6), 557–569. <https://doi.org/10.1177/10820132211032074>
- Çakmak, Z. & Güre Duru, A. (2016, Eylül 15-19). The investigation of the relationship among mother's reports of economic hardship, marital conflict and adolescent's problem behaviors in the framework of the family stress model: A follow up study (Sözlü sunum). *XV. Avrupa Ergenlik Araştırmaları Derneği Konferansı*, La Barrosa, Spain.
- Çoban, H., İşlek, A., & Çakır, A. (2023). Effects of postharvest oxalic, salicylic and acetic acid treatments on fruit quality of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *ISPEC International Journal of Agricultural Sciences*, 7(2), 310–321.
- Debnath, S., Saikia, D., Deka, B. C., Sharma, S., & Paul, D. (2020). Effect of chitosan and citric acid combination on shelf-life extension of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 2089–2097
- Diaconeasa, Z., Ayvaz, H., Păucean, A., Pop, O. L., Socaci, S., Bădău, M. H., & Vodnar, D. C. (2022). Anthocyanin degradation and color loss in sour cherry jam during storage. *Processes*, 10(1), 136.
- Eroğul, D., Kibar, H., Şen, F., & Gündoğdu, M. (2023). Role of postharvest oxalic acid treatment on quality properties, phenolic compounds, and organic acid contents of nectarine fruits during cold storage. *Horticulturae*, 9(9), 1021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9091021>
- Friedman, M., & Jürgens, H. S. (2000). Effect of pH on the stability of plant phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(6), 2101-2110. <https://doi.org/10.1021/jf990489j>
- Gerçekçioğlu, R., Bilginer, Ş. & Soylu, A. (2008). *Genel Meyvecilik. Meyve Yetiştiriciliğinin Esasları*, Gözden Geçirilmiş 3. Basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 486s.

- Goulas, V., & Manganaris, G. A. (2015). Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of red and yellow sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Greece. *Agricultural Sciences*, 6(1), 47–57.
- Göksel, Z., & Aksoy, U. (2017). Bazı kiraz çeşitlerinde uygulanan ön işlemlerin depolama süresince epikateşin ve klorojenik asit miktarına etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(ICAFOF 2017 Özel Sayı), 207–214. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.333577>
- Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Zapata, P. J., Valero, D., & Serrano, M. (2015). Postharvest treatments with oxalic acid on quality of the early-season sweet cherry cultivar 'Early Lory'. *Acta Horticulturae*, 1079, 173–178. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1079.18>
- Güler, E., Kan, E., & Ünal, M. S. (2023). The diversity in grapes of *Vitis labrusca* grown in Bolu (Türkiye) assessed by multivariate approaches. *Genes*, 14(7), 1491. <https://doi.org/10.3390/genes14071491>
- Gündoğdu, M. (2012). *Bazı meyve türlerinde hasat sonrası uygulamaların kalite özelliklerine etkisi* (Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi).
- Hanif, A., Ahmad, S., Jaskani, M. J. ve Ahmad, R. (2020). Papaya treatment with putrescine maintained the overall quality and promoted the antioxidative enzyme activities of the stored fruit. *Scientia Horticulturae*, 268, 109367. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109367>
- Hazarika, T. K., & Marak, T. (2022). Salicylic acid and oxalic acid in enhancing the quality and extending the shelf life of grape cv. Thompson seedless. *Food Science and Technology International*, 28(6), 463-475. <https://doi.org/10.1177/10820132211020612>
- Hodges, D. M., Lester, G. E., Munro, K. D., & Toivonen, P. M. (2004). Oxidative stress: importance for postharvest quality. *HortScience*, 39(5), 924-929. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.5.924>
- Huang, H., Jing, G., Guo, L., Zhang, D., Yang, B., Duan, X., ... & Jiang, Y. (2013). Effect of oxalic acid on ripening attributes of banana fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 84, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.04.002>
- İşlek, F., & Çakır, A. (2025). 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Hasat Sonrası Salisilik Asit ve Kitosan Uygulamalarının Depolama Performansı ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 9(1), 234-245.
- İşlek, F., Yılmaz, N., & Çavuşoğlu, Ş. (2023). Kiraz Meyvelerinde Hasat Sonrası UV-C ve Sıcak Su Uygulamalarının Depolama Performansı Üzerine Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(2), 311-317. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1251032>
- Ji, Y., Wang, X., Liu, Z., Zhang, H., & Li, Q. (2023). Synergistic antimicrobial effects of combined organic acids against foodborne pathogens and their application in food systems: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 393, 110173.
- Kader, A. A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops* (3rd ed.). University of California Agriculture and Natural Resources.
- Kalt, W., & McDonald, J. E. (1996). Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(1), 142–146. <https://doi.org/10.21273/JASHS.121.1.142>
- Kasım, M. U., & Kasım, R. (2016). Taze kesilmiş baklada yüksek dozda sitrik asit uygulamalarının polifenol enzim aktivitesi ve kalite üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 339-347.

- Khosroshahi, A., & Esna-Ashari, M. (2007). Effect of postharvest application of polyamines and organic acids on quality of apricot fruits during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 114(1), 123–128.
- Kulcu, R. (2018). Determination of the effects of different packaging methods and materials on storage time of dried apple. *International Journal of Science and Technology*, 4(2), 238–255.
- Küçükçongar, M., Kan, M., Demirtaş, M.N., Öz, M.H., Ülke, G. (2015). *Konya İli Taşkent İlçesi kiraz üreten tarım işletmelerinin yapısının belirlenmesi*.
- Li, P., Zheng, X., Liu, Y., & Zhu, Y. (2014). Pre-storage application of oxalic acid alleviates chilling injury in mango fruit by modulating proline metabolism and energy status under chilling stress. *Food chemistry*, 142, 72-78. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.132>
- Liu, K., Liu, J., Li, H., Yuan, C., Zhong, J., & Chen, Y. (2016). Influence of postharvest citric acid and chitosan coating treatment on ripening attributes and expression of cell wall related genes in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) fruit. *Scientia Horticulturae*, 198, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.008>
- Martinez-Espla, A., Zapata, P. J., Valero, D., Garcia-Viguera, C., Castillo, S., & Serrano, M. (2014). Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(15), 3432-3437. <https://doi.org/10.1021/jf500224g>
- Mete, A. (2017). *SL 64 kiraz anacı üzerine aşılı bazı kiraz çeşitlerinin Amasya ekolojik koşullarındaki performanslarının belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Nascimento, J. I. G., Stamford, T. C. M., Melo, N. F. C. B., dos Santos Nunes, I., Lima, M. A. B., Pintado, M. M. E., ... & Stamford, T. L. M. (2020). Chitosan–citric acid edible coating to control *Colletotrichum gloeosporioides* and maintain quality parameters of fresh-cut guava. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 1127-1135. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.085>
- Özbek, S. (1978). *Özel meyvecilik*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 128, 392-483.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., & İsfendiyoğlu, M. (2003). *Ilıman iklim meyve türleri: Sert çekirdekli meyve türleri* (EÜ Ziraat Fakültesi Yayınları No. 553). Ege Üniversitesi Basımevi.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., & İsfendiyoğlu, M. (2011). *Ilıman iklim meyve türleri: Sert çekirdekli meyveler* (örn. 2. baskı). Ege Üniversitesi Yayınları.
- Özçelik, Ş. (2019). *Kiraz meyvelerinin soğukta muhafazasında aloe vera kaplama ve modifiye atmosferde paketlenme uygulamalarının etkisi* (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Özgan, F., & Sabır, F. K. (2018). Albion ve Kabarla çilek çeşitlerinde derim sonrası salisilik ve oksalik asit uygulamalarının soğukta depolama süresince kalite özelliklerine etkileri. *Alatarım*, 17(2), 89-97.
- Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Carbonell, Á., Serrano, M., Riquelme, F., Guillén, F., & Valero, D. (2002). Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* Lindl.) storage. *Postharvest Biology and Technology*, 25(1), 25-32. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(01\)00146-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00146-6)
- Razavi, F., Hajilou, J., Dehgan, G., & Hassani, R. N. B. (2017). Effect of postharvest oxalic acid treatment on ethylene production, quality parameters and antioxidant potential of peach fruit during cold storage. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 7(2), 2027–2036. <https://doi.org/10.30495/ijpp.2017.532418>

- Retamal-Salgado, J., Adaos, G., Cedeño-García, G., Ospino-Olivella, S. C., Vergara-Retamales, R., López, M. D., & Betancur, M. (2023). Preharvest applications of oxalic acid and salicylic acid increase fruit firmness and polyphenolic content in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Horticulturae*, 9(6), 639. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060639>
- Safa, M., Hajilou, J., Naghiband-Hasani, R., & Ganbari-Najar, M. (2015). Effect of postharvest oxalic acid and calcium chloride on quality attributes of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Journal of Horticulture Science*, 29(2), 196–206. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.29791>
- Saltveit, M. E. (2005). Postharvest biology and handling. *Tomatoes* (pp. 305–324). CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851993966.0305>
- Saltveit, M. E. (2019). Postharvest biology and handling of fruits and vegetables. In W. Yahia (Ed.), *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* (pp. 3–24). Academic Press.
- Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2741–2745. <https://doi.org/10.1021/jf0479160>
- Shibata, M., Yonekura, M., Saito, M., & Ninomiya, K. (2019). Evaluation of antioxidant activity and anthocyanin content in wild and cultivated blueberries. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 67(3), 201–207.
- Tahjib-Ul-Arif, M., Zahan, M. I., Riya, S. R., Hossain, M. A., & Hossain, M. A. (2021). Role of citric acid in plants: A review. *Plant Stress*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100041>
- Targan, Ş., Arisoy, K., Abalı, Y., & Esra, Kaya (2008). Ayçiçek yağının raf ömrünün uzatılmasında sitrik asit ve fosforik asidin antioksidan etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 67–75.
- Valero, D., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., & Serrano, M. (2011). Postharvest treatments with salicylic acid, acetylsalicylic acid or oxalic acid delayed ripening and enhanced bioactive compounds and antioxidant capacity in sweet cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5483–5489. <https://doi.org/10.1021/jf200543b>
- Webster, A.D., Looney, N.E. ve Kupferman, E.M. (1996), Harvest and Handling Sweet Cherries for the Fresh Market. *Cherries: Crop Physiology, Production and Uses*, CAB International, Wallingford, UK, 424–441.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (2007). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals* (5th ed.). UNSW Press.
- Yang, C., Chen, T., Shen, B., Sun, S., Song, H., Chen, D., & Xi, W. (2019). Citric acid treatment reduces decay and maintains the postharvest quality of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Food science & nutrition*, 7(11), 3635–3643. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1219>
- Yıldırım, N., Demir, A. O., & Doğan, D. (2024). Putresin ve oksalik asit uygulamalarının kayısı meyvesinin kalite parametrelerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(2), 337–354.
- Zhao, Z. H., Liu, M. J., Liu, P., Liu, X. Y., Dai, L., Yang, L., & Tian, S. L. (2009). Effects of citric acid treatments on the postharvest fruit quality of *Ziziphus jujuba* Mill. ‘Linyilizao’. *Acta Horticulturae*, 840, 513–516. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.840.72>
- Zheng, X. L., Tian, S. P., Gidley, M. J., Yue, H., & Li, B. (2007). Effects of exogenous oxalic acid on ripening and decay incidence in mango fruit during storage at room temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 45(2), 281–284. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.01.016>

Zhou, C., Ma, J., Qian, M., & Wei, L. (2022). Role of oxalic acid in postharvest preservation of fruits and vegetables: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 183, 111732.

