

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



GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL (AgNP), PUTRESİN VE
BUNLARIN KOMBİNE UYGULAMALARININ SEBEN
SİYAHİ ÜZÜM ÇEŞİDİNDE HASAT SONRASI KALİTE VE
BİYOKİMYASAL ÖZELİKLERE ETKİLERİ

BAHÇE BİTKİLERİ YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMAD MANSOOR YARZADA

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Emrah GÜLER

BOLU, OCAK 2025

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ahmad Mansoor YARZADA tarafından hazırlanan “**GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL (AGNP), PUTRESİN VE BUNLARIN KOMBİNE UYGULAMALARININ SEBEN SİYAHİ ÜZÜM ÇEŞİDİNDE HASAT SONRASI KALİTE VE BİYOKİMYASAL ÖZELİKLERE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 2/01/2025

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Emrah GÜLER
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Prof. Dr. Ferhad MURADOĞLU
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 Kılavuzu ve Şablonuna 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.

.....
AHMAD MANSOOR YARZADA

ÖZET

GÜMÜŞ NANOPARTİKÜL (AgNP), PUTRESİN VE BUNLARIN KOMBİNE UYGULAMALARININ SEBEN SİYAHİ ÜZÜM ÇEŞİDİNDE HASAT SONRASI KALİTE VE BİYOKİMYASAL ÖZELİKLERE

ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMAD MANSOOR YARZADA

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

BAHÇE BİTKİLERİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. EMRAH GÜLER)

BOLU, ŞUBAT - 2024

XI + 76 sayfa

Seben Siyahı üzüm, hasat sonrası kısa ömrü ve sınırlı bulunabilirliği nedeniyle özellikle belirli dönemlerde piyasada dikkat çeken bir tarım ürünüdür. Hasat sonrası üzümlerin kalitesinin ve raf ömrünün iyileştirilmesine yönelik çeşitli yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu çalışmada, Seben Siyahı üzüm çeşidinin hasat sonrası dayanımını ve kalitesini korumada putresin (0.5 mM), gümüş nanopartikül (50 ppm) ve bu iki maddenin kombine uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Ayrıca, kontrol olarak saf su kullanılmıştır.

Çalışma sonuçları ağırlık kaybının tüm uygulamalarda kontrole nazaran daha az olduğunu, ancak bu azalmanın istatistiki olarak önemli olmadığını göstermiştir. Benzer durum suda çözünebilir kuru madde miktarı için de izlenmiştir. pH ve titrasyon asitliği de benzer trendler izlemiş ancak bu özelliklerdeki değişimler istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Renk değerleri nispeten stabil kalmış ve uygulamalardan önemli derecede etkilenmemiştir.

Uygulamaların toplam içeriklere etkisi yalnız antosiyanin üzerine etkili olurken, protein, karbonhidrat ve flavonoid miktarı üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur. Ancak, protein ve flavonoid miktarı üzerine uygulama x depo süresi interaksyonu önemli etkiler sergilemiştir.

DPPH indirgeme aktivitesi hariç tüm antioksidan aktiviteler uygulamalardan önemli derecede etkilenmiştir. Ayrıca, depos süresi arttıkça antioksidan aktivitelerde önemli artışlar görülmüştür. Enzimlerde ise tam aksi bir durum gerçekleşmiş ve antioksidan enzimlerin miktarları depo süresi arttıkça azalırken, oksidatif enzimler depo süresine paralel olarak artmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma putresinin naogümüş ile birlikte uygulanmasının üzümlerin depolanmasında tercih edilebilecek bir yaklaşım olduğunu ve biyokimyasal ve enzimatik aktiviteler üzerindeki etkilertini ortaya koymuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Seben üzümü, nano gümüş, raf ömrü, enzimatik aktivite, fenolik madde

ABSTRACT

EFFECTS OF SILVER NANOPARTICLE (AGNP), PUTRESCINE AND THEIR COMBINED APPLICATIONS ON POSTHARVEST QUALITY AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF SEBEN SIYAHİ GRAPE

VARIETY

MSC THESIS

AHMAD MANSOOR YARZADA

BOLU ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. EMRAH GÜLER)

BOLU, FEBRUARY 2024

XI + 76 pages

Seben Siyahı grapes are an agricultural product that attracts attention in the market especially during certain periods due to their short post-harvest life and limited availability. Various innovative approaches have been developed to improve the quality and shelf life of grapes after harvest. In this study, the effects of putrescine (0.5 mM), silver nanoparticles (50 ppm) and the combined applications of these two substances in maintaining the post-harvest strength and quality of Seben Black grape variety were investigated. In addition, pure water was used as a control.

The study results showed that weight loss was less than the control in all applications, but this decrease was not statistically significant. A similar situation was observed for the amount of water-soluble dry matter. pH and titratable acidity also followed similar trends, but the changes in these properties were found to be statistically significant. Color values remained relatively stable and were not significantly affected by the applications.

The effects of the applications on total contents were only effective on anthocyanins, while the effects on protein, carbohydrate and flavonoid amounts were found to be insignificant. However, the application x storage period interaction on protein and flavonoid amounts exhibited significant effects.

All antioxidant activities except DPPH reduction activity were significantly affected by the applications. In addition, significant increases were observed in antioxidant activities as storage time increased. The opposite situation occurred in enzymes, and while the amounts of antioxidant enzymes decreased as storage time increased, oxidative enzymes increased in parallel with storage time. In conclusion, this study revealed that the application of putrescine together with naogümüş is a preferable approach in the storage of grapes and its effects on biochemical and enzymatic activities.

KEYWORDS: Seben grape, nanosilver, shelf life, enzymatic activity, phenolic substance

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
ETİK BEYAN.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLO LİSTESİ	viii
FOTOĞRAF LİSTESİ	ix
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	x
TEŞEKKÜR	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Nano Gümüş Nedir	3
1.2 Gümüş Nanoparçacıkların Kullanım Alanları	4
1.3 Nano Gümüşün Tarımda Kullanımı	4
1.4 Putresin Nedir	5
1.5 Putresin Kullanım Alanları	6
1.6 Putresin Tarımda Kullanımı	6
1.7 Önceki Çalışmalar	6
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
2.1 Çalışma Materyalleri ve Özellikleri.....	26
2.2 Çalışmada Kullanılan Başlıca Ekipmanlar	26
2.3 Araştırma Alanı	26
2.4 Meyve Materyalinin Uygulamaya Hazırlanması.....	27
2.5 Ağırlık Kaybı	29
2.6 Kalite Analizleri.....	30
2.6.1 Meyve Kabuk Rengi.....	30
2.6.2 Meyve Suyu pH'sı	30
2.6.3 Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM)	30
2.6.4 Titre Edilebilir Asit Miktarı.....	31
2.7 Biyokimyasal Analizler	31
2.7.1 Toplam Fenolik ve Antioksidan Aktivite Tayinleri	31
2.7.2 FRAP Analizi	32
2.7.3 DPPH Analizi	32
2.7.4 Protein Analizi	33
2.7.5 Flavonoid Analizi	33
2.7.6 CUPRAC Analizi	34

2.7.7 ABTS+ İndirgenme Analizi	34
2.7.8 Toplam Çözünebilir Karbonhidrat Analizi.....	34
2.8 Enzim Analizleri	35
2.8.1 CAT Analizi	35
2.8.2 SOD Analizi	36
2.8.3 MDA Analizi	38
2.8.4 H ₂ O ₂ Analizi	39
3. BULGULAR	40
3.1 Ağırlık Kaybı Analizi	40
3.2 Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM)	40
3.3 Ph	40
3.4 Titre Edilebilir Asit Miktarı (TA).....	41
3.5 L* Değeri	42
3.6 a* Değeri.....	42
3.7 b* Değeri	42
3.8 Chroma Değeri.....	43
3.9 Hue Değeri.....	43
3.10 TEAC Değeri	44
3.11 CUPRAC Değeri.....	44
3.12 DPPH (%)	44
3.13 FRAP Değeri.....	45
3.14 Protein (%).....	46
3.15 Toplam Antosiyanin (mg/L)	46
3.16 Toplam Fenolik (mg/g).....	47
3.17 Toplam Flavonoid (mM)	47
3.18 CAT Değeri.....	48
3.19 SOD Aktivitesi.....	48
3.20 H ₂ O ₂ Aktivitesi	49
3.21 MDA Değeri	49
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	51
5. KAYNAKLAR.....	72

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Seben Siyahı üzümünde putresin, nano gümüş ve kombine uygulamaların hasat sonrası genel kalite özelliklerine etkileri	41
Tablo 3.2 Uygulama ve depolama süresine göre renk değerlerindeki değişimler.	43
Tablo 3.3 Uygulama ve depolama süresine göre kimyasal değerlerindeki değişimler.....	46
Tablo 3.4 Uygulama ve depolama süresine göre toplam içeriklerdeki değişimler.	48
Tablo 3.5 Uygulama ve depolama süresine göre enzimler değerlerindeki değişimler.....	50

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 Seben siyah üzümünden bir görüntü	26
Fotoğraf 2.2 Hasat edilmiş üzümler	27
Fotoğraf 2.3 Kurutulmaya alınmış salkımlar	28
Fotoğraf 2.4 Soğuk odaya götürülen örnekler.....	29
Fotoğraf 2.5 Biyokimyasal analizler için -80 dereceye kaldırılan örnekler.....	29
Fotoğraf 2.6 Refraktometrede ölçülen SÇKM örneği.....	31
Fotoğraf 2.7 FRAP standartları	32
Fotoğraf 2.8 DPPH standartları.....	33
Fotoğraf 2.9 CUPRAC standartları	34
Fotoğraf 2.10 SOD analizi için hazırlanmış örneklerin ışıktaki tutulmadan (üst resim) ve ışıktaki bekletildikten sonraki görüntüleri	37
Fotoğraf 2.11 MDA analizi için hazırlanmış örneklerin inkübasyon sonrası görüntüsü.....	38

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

SiNP	: Gümüş nanopartikülü
TA	: Titrasyon asitliği
%	: Yüzde
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
UV	: Ultraviyole
FRAP	: Ferric reducing antioxidant power
mM	: Milimolar
Put	: Putresin
CAT	: Katalaz
mM	: Milimolar
POD	: Peroksidaz
ppm	: Milyonda bir kısım
SA	: Salisilik asit
SOD	: Süperoksit dismutaz
MDA	: Malondialdehit
APX	: Askorbat peroksidaz

TEŞEKKÜR

Bahçe bitkileri bölümü hocalarına bana verdikleri her türlü destekten dolayı minnettarım.

.



1. GİRİŞ

Üzüm (*Vitis vinifera* L.), sistematikte, *Rhamnales* takımının, *Vitaceae* familyasının, *Vitis* cinsi, *Euvitis* alt cinsinde, yer almaktadır (Çelik 2011). Üzüm en değerli ve en eski evcilleştirilmiş bahçe bitkilerinden biridir. Kayıtlar, üzümün ilk kez evcilleştirilmeden çok önce vahşi doğadan toplandığını göstermektedir (Zohary ve Hopf, 2003). Çok sayıda tarih öncesi bölgede bulunan kömürleşmiş tohumlar ve meyveler, üzümün evcilleştirilmeden önce kullanıldığını göstermektedir (Zohary ve Hopf 2003; Trinklein, 2013). Arkeolojik kanıtlar Yakın Doğu'da üzümün ilk evcilleştirilmesi olayının M.Ö. 6500 yıllarında başladığını göstermektedir. Neolitik dönemde evcilleştirmenin kesin yeri belirsiz olmasına rağmen (McGovern 2003, Bobby vd, 2013; Trinklin, 2013). Bağcılık, evcilleştirmeden kısa bir süre sonra Yakın Doğu'dan Batı ve Doğu'ya taşındı. Kayıtlar, Fenikelilerin şaraplık üzümleri Yunanistan ve Roma'ya yaydıklarını ve daha sonra güney Fransa'ya taşındıklarını göstermektedir (McGovern 2003). Şaraplık üzüm çeşitleri Almanya'ya MS 2. yüzyılın sonlarına doğru Romalılar tarafından tanıtılmış olabilir. Sofralık ve kuru üzümler muhtemelen şaraplık üzümlerden daha önce farklı bölgelere taşınarak Doğu Akdeniz ve Kuzey Afrika ülkelerine taşınmıştır (Winkler vd. 1974). Üzüm ve meyve suyunun zayıf raf ömrü, kuru üzüm hazırlamak için kurutma işlemi yoluyla depolamaya yol açtı. Fermantasyon süreci anlaşıldıktan sonra, *vinifera* üzümlerinin asıl kullanımı şarap yapımı içindi ve üzüm seçimi, meyve üretimini ve kalitesini arttırmaya başladı (Winkler vd. 1974). *Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*, evcilleştirilmiş *vinifera* türlerinin yabani atası olup, ayrı bitkiler üzerinde erkek ve dişi üreme organlarına sahip olan dioiktir. (This vd. 2006; Ramos vd. 2014). Sofralık üzümler, 17 cins ve yaklaşık 1.000 spesifik türden oluşan *Vitaceae* familyasına aittir (Soejima ve Wen, 2006; Keller, 2015; Wen vd. 2018). *Vitis* cinsi, bu familyanın yenilebilir meyve üreten tek üyesidir ve morfolojik özellikler ve somatik kromozom sayısına göre farklılaşan *Euvitis* ve *Muscadinia* olmak üzere iki alt türe ayrılabilir (Galleta ve Himelrick 1989). *Euvitis* yaklaşık 68 türden oluşur ve dünya çapında en yaygın olarak ekilen ve ekonomik açıdan önemli üzüm türü olan *Vitis vinifera* L.'yi içerir (Creasy ve Creasy, 2009; Fortes ve Paris, 2016). Üzüm yaprakları, tanımlama için kullanılabilecek benzersiz şekillere sahip bazı çeşitler ile morfolojileri açısından farklılık gösterebilir. Gözlemlenen en yaygın şekiller, tırtıklı yaprak kenarlı, loblu

ve kalp şeklindeki yapraklardır (Chitwood vd. 2014). Diğer yüksek bitkiler gibi asmalarda da farklı işlevlere sahip ayrı bitki parçaları gelişmiştir. Bu kısımlar iki sınıflandırmaya ayrılabilir: bitkisel organlar (kökler, gövde, sürgünler, yapraklar ve dallar) ve üreme organları (çiçekler ve meyveler) (Winkler vd. 1974; Keller, 2015). Üzüm, şarap, meyve suyu, jöle, reçel, kuru üzüm ve taze tüketim gibi çeşitli kullanımlarıyla dünya çapında en değerli bahçe bitkilerinden biridir. 2017 yılında dünya çapında 7,4 milyon hektar alanda üretim yapılıyordu. Ancak üretimin yüzde ellisini yalnızca beş ülke temsil ediyor. İlk beş üretici ülke sırasıyla İspanya, Çin, Fransa, İtalya ve Türkiye'dir. Amerika Birleşik Devletleri dünyanın altıncı en büyük üzüm üreten ülkesidir (Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü (IOV 2019). Kaliforniya, ABD üzüm üretiminin %90'ını, üzüm asmalarının büyümesine ve gelişmesine uygun ideal sıcaklıklara ve yağış düzenine sahip olarak üretmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki diğer üretim alanları arasında Washington eyaleti (≤ 10), New York (%2) ve Michigan ve Pensilvanya yer almakta olup ABD üretiminin (≤ 1) (USDA Ulusal Tarım İstatistikleri Servisi) bulunmaktadır. Arkansas'ın üzüm endüstrisi uzun bir üretim geçmişine sahiptir ve eyalet, Amerika Birleşik Devletleri'nin güneyindeki en eski ve en verimli üzüm suyu ve şarap üreten eyalettir (UADA 2015). 1827 ile 2015 yılları arasında Arkansas'ın on bir ilçesinde ticari üzüm bağları kuruldu ve eyalet genelinde ev bahçelerinde üzüm yetiştirmek yaygınlaştı (Lancaster. 2015). Bugün üretimin çoğu Franklin County çevresinde yoğunlaşıyor. Altus üretimin ana şehridir ve bölge, Arkansas'taki bağcılığın merkez üssü olarak bilinir. 2015 yılında Arkansas'ta üzüm üretimi yapılan yedi yüz dönüm arazi vardı. Verim 1,3 milyon kilograma, toplam değer ise 1,1 milyon dolara ulaştı (Noncitrus Meyve ve Kuruyemiş Özeti, USDA, 2018). Arkansas'taki sofralık üzüm endüstrisi, ticari yetiştiricilerin sofralık üzüm üretimine odaklandığı az sayıda dönümlük alanla birlikte gerilemiş ve neredeyse yok olmuştur (Alman. 2016). Bugün Arkansas'ta yetiştirilen sofralık üzümlerin çoğu amatörler ve ev yetiştiricileri içindir. Sofralık üzüm endüstrisi, iklim koşulları (yüksek nem ve haşere baskısı) ve bölgeye uygun ve başarılı çeşitlerin az olması nedeniyle yıllar içinde azaldı. Sektörün yok olmasının bir diğer nedeni de bölgede sofralık üzüm pazarının bulunmamasıydı. *Vitis vinifera* L. dünyada en yaygın olarak yetiştirilen salkım üzüm türüdür; şarap, taze tüketim, meyve suyu, jöle ve kuru üzüm üretiminde kullanılır; üzüm üretiminin yaklaşık yüzde doksanını oluşturmaktadır (Creasy ve Creasy 2009). Son çalışmalar, Seben'deki farklı iklim koşullarının üzüm

kalitesine nasıl katkıda bulunduğunu vurgulamıştır. Bölgenin verimli toprakları, yüksekliği ve Akdeniz ikliminin birleşimi, özellikle yüksek kaliteli siyah üzüm üretimi için bağcılık için ideal koşulları yaratmaktadır. (Turan vd. 2016). Gümüş nanoparçacıklar, Seben siyah üzümleri, koyu, koyu rengi ve tatlı, hafif ekşimsi tadı nedeniyle oldukça beğenilmektedir ve bu da onları hem sofralık üzümler hem de şarapçılık için popüler bir seçim haline getirmektedir (Karaoğlu M. M. ve Doğan, H. A. 2014). Üzümler sert bir dokuya sahiptir ve genellikle orta ila büyük boyuttadır, bu da taze ürün pazarındaki çekiciliğine katkıda bulunmaktadır. Seben'deki serin geceler ve sıcak günler üzümlerin yavaşça olgunlaşmasını sağlar ve bu da daha yüksek şeker konsantrasyonlarına ve daha karmaşık tatlara yol açar (Bolu İl Tarım Müdürlüğü 2021). Bu iklimsel değişim, Seben siyah üzümlerinin bulunduğu zengin tadın gelişimi için önemlidir. Üzümlerin lezzetine ek olarak, meyvenin antioksidan özellikleri için önemli olan yüksek düzeyde fenolik bileşikler içerdiği bulunmuştur. Bu fenolik bileşikler üzümlerin koyu rengine katkıda bulunur ve kronik hastalık riskini azalttığı bilindiğinden sağlık açısından faydalıdır. (Karaoğlu, M. M. ve Doğan, H. A. (2014). Seben'deki tarım uygulamaları, üzümlerin kalitesini korumasını sağlamak için uyarlanmıştır. Geleneksel yetiştirme yöntemleri hala yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak verimi ve üzüm kalitesini iyileştirmek için kontrollü sulama ve toprak yönetimi gibi modern teknikler giderek daha fazla uygulanmaktadır. (Bolu İl Tarım Müdürlüğü 2021). Bu yöntemler üzümlerin büyüme koşullarının optimize edilmesine yardımcı olarak tam potansiyellerine ulaşmalarını sağlar. Seben siyah üzümleri, bağcılığın uzun bir geçmişinin olduğu bölgede hayati bir rol oynar (Bolu İl Tarım Müdürlüğü 2021). Üzümler önemli bir ihracat ürünüdür ve yetiştiriciliği birçok yerel çiftçiyi desteklemektedir. Bölgesel hükümet, tarım enstitüleriyle birlikte, sürdürülebilir uygulamaları ve yüksek kaliteli üzüm üretimini sağlamak için araştırma ve geliştirmeye yatırım yaparak bağcılığı aktif olarak teşvik etmektedir (Turan vd. (2016).

1.1 Nano Gümüş Nedir

Boyutları 1 nm ile 100 nm arasında olan gümüş parçacıklarıdır. Genellikle gümüş olarak anılmalarına rağmen, yüzeylerinde büyük oranda gümüş oksit bulunabilir. Kullanım alanlarına göre çeşitli şekillerde üretilebilirler; en yaygın olarak küresel, ancak elmas, sekizgen ve ince tabakalar şeklinde de olabilirler. Bu

parçacıkların geniş yüzey alanları, çok sayıda ligandın koordinasyonuna imkan tanır. Gümüş nanoparçacıkların insan tedavilerinde kullanımı, potansiyel etkinlik, biyogüvenlik ve biyodağılım açısından laboratuvar ve hayvan çalışmalarında araştırılmaktadır (Graf, Christina; Vossen, Dirk L. J.; Imhof, Arnout; van Blaaderen, Alfons (1 Ağustos 2003)

1.2 Gümüş Nanoparçacıkların Kullanım Alanları

Antik çağlardan bu yana gümüş nanoparçacıkların çeşitli kullanım alanları gözlemlenmiştir. Örneğin, su ve sütün içine gümüş paralar atılarak oda sıcaklığında raf ömrünün uzatıldığı, kap ve aletlerin kullanılarak gıda muhafazasında başarı elde edildiği bilinmektedir. Ayrıca, Rus MIR uzay istasyonu ve NASA uzay mekiği gibi uzay araçlarında su dezenfeksiyonunda gümüşün antimikrobiyal ajan olarak kullanıldığı belirtilmektedir. Gümüşün su dezenfeksiyonunda, yanıkların ve kronik ülserlerin tedavisinde kullanımı milattan önce 1000'li yıllara kadar uzanmaktadır. 1800'lü yıllarda gümüşün göz damlası olarak kullanıldığı, daha sonra penisilinin bulunmasıyla kullanımının azaldığı ancak 1960'lı yıllarda %0,5'lik gümüş nitrat çözeltisinin yanık tedavisinde yeniden yaygın olarak kullanılmaya başlandığı belirtilmektedir. 1968 yılında gümüş nitrat sülfonamidle combine edilerek gümüş sülfadiazin krem elde edilmiştir. Bu krem, pek çok mikroorganizmaya karşı etkili olması nedeniyle yanık tedavisinde yaygın olarak kullanılmıştır. Gümüş sülfadiazinin E. coli, S. aureus, Klebsiella sp. ve Pseudomonas sp. gibi bakterilere karşı etkin olduğu, ayrıca antifungal ve antiviral etkinliklere de sahip olduğu belirtilmektedir. (Silver 2003). Gümüş nanoparçacıkların üretiminde çeşitli mikroorganizma türleri kullanılarak yapılan çalışmalar, antimikrobiyal özellikleriyle dikkat çekmektedir. Gümüş, antimikrobiyal madde olarak birçok önemli avantaja sahiptir; geniş spektrumlu bir antibiyotik olması, bakteri direncinin neredeyse hiç bulunmaması ve düşük derişimde toksik olmaması gibi. Metal nanoparçacıklar, özellikle gümüş nanoparçacıklar, elektronik, malzeme bilimi, nanotıp gibi yeni teknolojilerde geniş kullanım alanına sahiptir. (Rai vd. 2009)

1.3 Nano Gümüşün Tarımda Kullanımı

Nanoteknolojinin çok yönlü fiziko-kimyasal özellikleri, nano boyuttaki parçacıkların yaşam bilimleri veya teknoloji gibi farklı alanlarda kullanılmasını sağlar. Bu parçacıkların küçük boyutlarına rağmen yüksek bir yüzey hacmi oranına

sahip olmaları, farklı alanlarda çeşitli uygulamalara olanak tanır. (Jeevanandam vd. 2018).Bitki bilimleri ile nanoteknoloji arasında yapılan çalışmalar, tohum çimlenmesi, büyüme,bitkilerin biyotik ve abiyotik streslere karşı korunması gibi alanlarda alternatif ve verimli çalışmaların önemini vurgular.(Jeevanandam vd. 2018).Fitonanoteknoloji ve agronanoteknoloji gibi alanlar, bitki bilimleri ile nanoteknolojinin kesişim noktalarını ifade eder.Son zamanlarda agronanoteknoloji uygulamaları, tarımın sürdürülebilirliğini artırmak için akıllı uygulama sistemlerinin başarılı bir şekilde kullanılmasına katkı sağlar. Nano boyutlu parçacıklar, bitkiler üzerinde hedefe özgü programlama ve çok fonksiyonlu işlevler sağlayabilir. (Nair vd. 2010) Bu sayede, bitkiler zararlı tarım ilaçlarının etkilerini en aza indirgeyebilir ve bakteriyel, fungal ve viral patojenlere karşı koruma sağlayabilir.Özellikle AgNP'ler, antimikrobiyal özelliklerinden dolayı çeşitli tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda tercih edilmektedir.Bu durum çevresel koşulların bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilir.(Mahna vd. 2013; Mishra ve Singh 2015) Nano gümüş, antibakteriyel özellikleri nedeniyle tarım sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Hasat sonrası uygulamalarda, nano gümüş partikülleri, meyve ve sebzelerin mikrobiyal bozulmasını azaltarak raf ömrünü uzatmada etkili olabilir. Bu özellik, gıda güvenliği ve kalitesini artırmak için önemli bir avantaj sağlar. Nano gümüşün bu faydaları, özellikle düşük konsantrasyonlarda bile etkili olduğu göz önüne alındığında, gıda ürünlerinin muhafazasında pratik bir çözüm sunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, nano gümüş kaplamalarının, meyve ve sebzelerdeki bakteri ve mantarların büyümesini önemli ölçüde engellediği bulunmuştur (Sharma vd. 2020). Ayrıca, bu uygulamaların, geleneksel kimyasal koruyuculara kıyasla daha çevre dostu ve sürdürülebilir olduğu belirtilmiştir (Kim vd. 2018)

1.4 Putresin Nedir

Putresin, canlı organizmalarda amino asitlerin parçalanmasıyla oluşan bir tür biyojenik amin olan organik bir bileşiktir. Hücresel süreçlerde rol oynar ve tüm organizmalarda bulunur. Putresin, hücre büyümesi, bitkilerdeki stres tepkileri ile ilişkilidir ve ayrıca naylon üretimi gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Arginin veya ornitinden başlayan yollarla biyolojik olarak üretilir. Putresin, spermin ve spermidin, tüm organizmalarda doğal olarak bulunan baskın poliamin türleridir. Putresin'in bitkilerde K⁺ eksikliğinde biriktiğinin bulunmasının

üzerinden 65 yıldan fazla zaman geçti (Richards ve Coleman 1952; Coleman ve Richards 1956; Coleman ve Hegarty 1957). Aslında, besin çözeltisinde veya toprakta K⁺ bulunabilirliği düşük veya çok düşük olduğunda, putresin bitkinin çeşitli kısımlarında, özellikle yapraklarda, K⁺-yeterli koşullar altındaki normal içerikten 150 kata kadar daha yüksek seviyelere kadar birikir. Bu nedenle, putresin bitki fizyolojisi tarihinde keşfedilen ilk metabolik biyobelirteçlerden biridir. Putresin, ornitin dekarboksilaz (ODC) içeren doğrudan yol veya arginin dekarboksilaz (ADC) içeren dolaylı yol aracılığıyla ornitinden sentezlenir (Slocum 2005).

1.5 Putresin Kullanım Alanları

Putresin, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanılır. Hücresel büyüme ve gelişme için gerekli olan spermidin ve spermin gibi diğer poliaminlerin öncüsü olarak Naylon 46 gibi polimerlerin üretiminde Bitkilerde stres tepkisi ve büyüme düzenlemesine yardımcı olan biyolojik bir düzenleyici olarak

1.6 Putresin Tarımda Kullanımı

Putresin, meyve ve sebzelerin hasat sonrası raf ömrünü uzatmadaki rolü açısından incelenmiştir. Yumuşamayı azaltarak, olgunlaşmayı geciktirerek ve depolama sırasında çürümeyi en aza indirerek kalitenin korunmasına yardımcı olur. Örneğin, çalışmalar putrescine uygulamasının ağırlık kaybını, çürümeyi azalttığını ve soğuk depolama sırasında turuncgiller ve armutların sertliğini koruduğunu, göstermiştir. Genellikle çilek, armut ve mango gibi ürünlerin depolama ömrünü ve kalitesini iyileştirmek için bir tedavi olarak uygulanır. Uygulaması, sertliği korumaya, etilen üretimini azaltmaya ve bozulmaya yol açan fizyolojik bozuklukları en aza indirmeye yardımcı olur. Ek olarak, putresin bitkiler üzerindeki biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkilerini azaltmaya, genel bitki sağlığını ve verimini artırmaya katkıda bulunur. Putresin uygulaması, yumuşamayı azaltır ve soğuk depolama sırasında armut meyvesinin kalitesini korur. Bu uygulamalar, özellikle ürünün kalitesini ve depolanabilirliğini artırmada, putresin'in hem biyolojik sistemlerde hem de tarımsal uygulamalarda önemini göstermektedir.

1.7 Önceki Çalışmalar

Kalyan Barman vd. (2011) gerçekleştirdiği çalışmada, nar meyvelerinin fonksiyonel özellikleri (antosiyantinler, antioksidan, askorbik asit ve tanin) ile

duyusal skorları, 2 mM putresinrescine ve 1:10 oranında carnauba mumu (carnauba mumu: su) uygulama uygulandıktan sonra, iki farklı depolama sıcaklığında (3 °C ve 5 °C) incelenmiştir. Bu uygulama yöntemleri, meyvelerin 60 gün süreyle depolanmasından önce daldırma yöntemi ile uygulanmıştır. Her iki uygulama, kontrol meyveleri ile karşılaştırıldığında, depolama koşullarında antosiyaninler, antioksidan, askorbik asit, tanin ve duyusal niteliklerin önemli ölçüde daha yüksek seviyelerde korunmasını sağlamıştır. Putresin ve carnauba mumunun birleşik uygulanması hem putresin ile uygulama edilen hem de uygulama edilmeyen meyvelere göre fonksiyonel özellikleri koruma açısından daha iyi bir sonuç göstermiştir. Putresin ve carnauba mumu uygulamalarının etkileri, 3-5 °C depolama sıcaklığında, fonksiyonel ve duyusal niteliklerin korunmasında 30 gün sonra daha belirgin hale gelmiştir. 60 günlük depolama sonrası, putresin ve carnauba mumu kombinasyonu, hem 3 °C hem de 5 °C depolama sıcaklıklarında yaklaşık %25 daha yüksek antioksidan aktivite korumuştur.

Davarynejad vd. (2013), *Santa Rosa* eriklerinin kısa raf ömrü ve hasat sonrası kalitesindeki bozulmayı incelemek amacıyla putresin ve salisilik asidin etkilerini karşılaştırmıştır. Olgun meyveler, farklı konsantrasyonlardaki putresin (1-4 mmol/L) ve salisilik asit (1-4 mmol/L) çözeltilerine daldırılmış ve ardından 4 °C'de %95 bağıl nemde 25 gün depolanmıştır. Deneme, tamamen rastgele blok tasarımıyla ve dört tekrar ile gerçekleştirilmiştir. Ağırlık kaybı, meyve sertliği, toplam çözünür katı madde, titrasyon asidi, pH, olgunluk indeksi, askorbik asit, toplam fenolikler ve antioksidan aktivite parametreleri belirli aralıklarla ölçülmüştür. Depolama süresince ağırlık kaybı, toplam çözünür katı madde, pH ve olgunluk indeksi artarken; meyve sertliği, titrasyon asidi, askorbik asit, toplam fenolikler ve antioksidan aktivite azalmıştır. Tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Putresin ve salisilik asit, meyvelerin ağırlık kaybı ve yumuşamasını azaltırken, asitlik, askorbik asit, toplam fenoller ve antioksidan aktiviteyi korumada etkili bulunmuştur.

Gudadhe vd (2013), meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak amacıyla agar-gümüş nanoparçacıklarından bir koruyucu film geliştirmeyi hedefleyen önemli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmanın amacı, meyve ve sebzelerin bozulmasını engelleyebilecek, antimikrobiyal özelliklere sahip sürdürülebilir bir koruyucu kaplama tasarlamaktır. Gudadhe ve ekibi, bu çalışmada agar ve gümüş nanoparçacıklarını birleştirerek hem koruyucu özellik gösteren hem de meyvelerin

tazeliğini artırmaya yardımcı olan bir film hazırlamışlardır. Çalışma, *Ocimum sanctum* (fesleğen) yaprağından elde edilen biyolojik bir özüt kullanarak gümüş nanoparçacıklarının biyosentezlenmesiyle başlamıştır. Fesleğen yaprağı, distile su ile kaynatılarak bioaktif bileşenler ekstrakte edilmiş ve ardından gümüş nitrat çözeltisi ile işlenmiştir. İnkübasyon süresi sonunda, özütün renginde gözlemlenen yeşilden kahverengiye değişim, nanoparçacıkların başarıyla sentezlendiğini göstermiştir. Nanoparçacıkların varlığı ve boyutu UV-Vis spektroskopisi ile doğrulanmıştır. Hazırlanan agar-gümüş nanoparçacığı filmi daha sonra *Citrus aurantifolium* (dikenli lime) ve *Pyrus malus* (elma) meyvelerinin yüzeyine uygulanmış ve filmin etkinliği çeşitli parametrelerle değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, filmle kaplanmış meyvelerin mikrobiyal büyüme üzerindeki etkisini disk difüzyon yöntemiyle test etmişlerdir. Sonuçlar, A-AgNp filmlerinin güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiğini ve meyve yüzeyinde zararlı mikroorganizmaların büyümesini engellediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, meyvelerin ağırlık kaybı ve raf ömrü zaman içinde izlenmiş ve A-AgNp filminin meyve koruma üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, bu filmlerin meyvelerin raf ömrünü uzatmada etkili olduğunu ve meyve tazeliğini koruyarak bozulmalarını engellediğini göstermiştir.

Hassan vd (2014), biyolojik olarak sentezlenen gümüş nanoparçacıklarının kesme güllerin 'First Red' çeşidinin hasat sonrası kalitesini iyileştirme potansiyelini araştırmışlardır. Güllerin estetik değeri yüksek olmakla birlikte, hasat sonrası ömürleri genellikle kısadır ve bu durum mikrobiyal büyüme, etilen üretimi ve su ile besin maddelerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Ekip, AgNP'leri kullanarak bu zorlukları aşmayı hedeflemiş ve biyolojik olarak sentezlenen AgNP'leri, kesme güllere bir pulse (nabız) uygulaması olarak uygulamışlardır. Çalışmada, 25, 50 ve 100 mg L⁻¹ konsantrasyonları 24 saat süreyle uygulanmış ve kontrol grubuna yalnızca distile su verilmiştir. Sonuçlar, AgNP'ler ile uygulama edilen güllerin, kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde daha uzun vazo ömrü gösterdiğini ortaya koymuştur. AgNP uygulaması, mikrobiyal büyümeyi baskılayarak çiçeklerin kalitesini korumuş ve güllerin fizyolojik parametrelerinden olan relative taze ağırlık (RFW), relative su içeriği (RWC), klorofil içeriği ve membran stabilite indeksi (MSI) gibi değerlerin daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, AgNP uygulamasının, stomal iletkenlik, etilen üretimi ve malondialdehit seviyelerinde azalma sağladığı belirlenmiştir. Etilen üretiminin azalması, yaşlanma ve

olgunlaşma süreçlerini yavaşlatarak vazo ömrünü uzatmıştır. MDA seviyelerinin düşmesi, AgNP'lerin oksidatif stresle mücadeledeki rolünü göstermektedir. Araştırma, AgNP uygulamasının (H_2O_2) üretimini azalttığını ve buna karşılık antioksidan enzim aktivitelerinin (CAT, SOD, POX) arttığını ortaya koymuştur. Bu enzimler, bitkilerin oksidatif zararlara karşı korunmasında kritik rol oynar ve artan aktiviteler, AgNP'lerin güllerin stresle başa çıkmalarına yardımcı olduğunu göstermektedir. En etkili konsantrasyon olarak 50 mg L^{-1} bulunmuş olup, bu konsantrasyon, vazo ömrü uzaması ve genel çiçek kalitesi açısından en iyi sonuçları sağlamıştır.

Waszkiewicz-Robak vd. (2016), meyve ve sebzelerin hasat sonrası raf ömrünü uzatmak amacıyla gümüş nanoparçacıklarının kullanımını araştırmışlardır. Araştırmanın ana hedefi, gümüş antimikrobiyal suyun, domates ve elmaların depolama stabilitesini artırıp artırmayacağını değerlendirmektir. Çalışmada, yaygın olarak tüketilen ve kısa raf ömrüne sahip Jonagold elması ve domatesler kullanılmıştır. Araştırmacılar, gümüş nanoparçacıkları uygulamalarının, bu meyvelerin tazeliğini ne kadar süre koruyabileceğini ve mikrobiyal bozulmayı engelleyip engellemeyeceğini incelemişlerdir. Nanoco şirketi tarafından sağlanan antibakteriyel özelliklere sahip gümüş suyu kullanarak, bu solüsyonun meyvelerin mikrobiyolojik ve duyuusal stabiliteleri üzerindeki etkilerini test etmeyi amaçlamıştır. Sonuçlar, gümüş nanoparçacıkları ile yapılan uygulamanın, meyvelerin mikrobiyolojik ve duyuusal stabilitelerini neredeyse iki katına çıkararak, bu ürünlerin daha uzun süre taze kalmalarını sağladığını göstermiştir. Araştırma, domates ve elmaların üç gruba ayrılmasıyla başlatılmıştır. Bir grup, hiçbir işlem yapılmadan deiyonize su ile (kontrol grubu) spreylenecek; diğer iki grup ise sırasıyla 2,5 ppm ve 50 ppm Ag^+ içeren gümüş nanoparçacıkları çözeltileriyle spreylenecektir. Uygulama sonrasında meyveler, plastik kaplara yerleştirilip doğrudan ışık almayan bir ortamda, oda sıcaklığında (22°C) muhafaza edilmiştir. Araştırmacılar, organoleptik özelliklerdeki değişiklikleri incelemek amacıyla her gün 5 puanlık bir ölçekle değerlendirme yapmışlardır. Görsel, dokusal ve kokusal değişiklikler dijital fotoğraf makinesi ile kaydedilmiş ve testler, mikrobiyolojik bozulmanın ilk belirtileri görülen zamana kadar devam etmiştir. Bulgular, gümüş nanoparçacıklarının, domates ve elmaların daha uzun süre taze kalmalarını sağladığını ve mikrobiyal bozulma belirtilerinin ortaya çıkmasını ertelediğini göstermiştir. Ancak, araştırma yalnızca olumlu sonuçlar sunmamıştır.

Araştırmacılar, meyvelerin doğru şekilde korunabilmesi için ambalajın önemli bir rol oynadığını fark etmişlerdir. Nano-gümüş parçacıkları, meyvelerin raf ömrünü uzatmada etkili olmasına rağmen, ambalajla doğrudan temas noktalarında mikrobiyolojik olmayan bazı olumsuz etkiler gözlemlenmiştir. Bu durum, gümüş nanoparçacıklarının etkili bir şekilde çalışabilmesi için doğru ambalaj malzemesinin seçilmesinin ne kadar kritik olduğunu ortaya koymuştur

Omole vd. (2018), özellikle Sahra Altı Afrika'da büyük bir sorun olan hasat sonrası meyve bozulmalarının, gıda kıtlığının temel sebeplerinden biri olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, muz (*Musa acuminata*) gibi hızlı bozulabilen meyvelerin hasat sonrası depolama sürecinde yaşadığı kayıpların, küresel gıda güvenliği açısından önemli bir sorun oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. Bu bağlamda, araştırma ekibi, meyve bozulmasını hızlı ve etkili bir şekilde tespit etmek için gümüş bazlı kolloidal nanoparçacıklarının kullanılabilirliğini incelemeye karar vermiştir. Araştırmada, *Bacillus subtilis* bakterisinin kültür süpernatantı veya ıslak biyoması kullanılarak gümüş nanoparçacıkları sentezlenmiştir. Sentezlenen nanoparçacıkların varlığı, UV-Vis spektrofotometri kullanılarak doğrulanmış ve nanoparçacıkların emilim özellikleri ölçülmüştür. Daha sonra, nanoparçacıkların yapısı ve kimyasal özellikleri, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), X-Işını Kırınımı (XRD) ve Fourier Dönüşüm Kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi gibi ileri analiz teknikleri ile incelenmiştir. Yapılan analizler, gümüş nanoparçacıklarının başarıyla sentezlendiğini ve beklenen özelliklere sahip olduğunu doğrulamıştır. Sentezlenen gümüş nanoparçacık çözeltisi, muzların bozulması sırasında salınan uçucu bileşenleri tespit etmek için bir renk değişim sensörü olarak kullanılmıştır. Başlangıçta kırmızımsı kahverenginde olan çözeltinin rengi, muzlar bozulmaya başladıkça değişmeye başlamıştır. Dördüncü günün sonunda, çözeltinin rengi açık kahverengiye dönmüş ve onuncu günde tamamen şeffaf hale gelmiştir. Bu renk değişikliği, görsel bir gözlem olmanın ötesine geçmiş ve UV-Vis spektroskopisi ile yapılan analizler, nanoparçacıkların, *Musa acuminata*'nın bozulması sırasında salınan uçucu bileşenlere tepki verdiğini doğrulamıştır. Özellikle, muzların bozulması sırasında salınan 1,2-Benzenedikarboksilik asit, bis (2-metil propil) ester bileşiği bu süreçte önemli bir rol oynamıştır. Renkimetre sensör, bu bileşiğe karşı yüksek seçicilik ve özgüllük sergileyerek, meyve bozulmasını tespit etmede oldukça hassas bir yöntem sunmuştur. Omole ve ekibinin araştırması, gümüş nanoparçacıkları kullanılarak geliştirilen bu renk değişim sensörünün, meyve

bozulmalarını hızlı, basit ve güvenilir bir şekilde tespit etmek için etkili bir yöntem sunduğunu göstermiştir. Ekip, bu sensör teknolojisinin, özellikle muzlar üzerindeki hasat sonrası bozulmaların izlenmesinde son derece etkili olduğunu belirlemiş ve bu yöntemin tarımda daha geniş bir kullanım alanı bulabileceğini vurgulamıştır. Özellikle gıda kaybının büyük bir sorun teşkil ettiği gelişmekte olan ülkelerde, bu sensörlerin potansiyel olarak faydalı olabileceği ifade edilmiştir.

Housseini vd. (2018), armut çeşitlerinin depolama ömrünü uzatmada putresin'in etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada, ağaçlara farklı putresin konsantrasyonları (0,5, 1 ve 2 mM) ile damıtılmış su kontrol olarak püskürtülmüştür. Hasat sonrası tüm örnekler, 21 hafta boyunca $0 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve %80-%85 bağıl nemde saklanmış, depolama sürecinin başlangıcında ve 7, 14, 21. haftalarda fiziko-kimyasal özellikler ölçülmüştür. Sonuçlar, 1 ve 2 mM'lik putresin uygulamalarının meyve yumuşamasını, ağırlık kaybını, renk değişimlerini (L, renk tonu açısı) ve mantar enfeksiyonunu azalttığını, ayrıca toplam çözünür katıların, titre edilebilir asitliğin, askorbik asidin, toplam fenolün (TP) ve toplam antioksidan aktivitenin (TAA) bozulmasını geciktirdiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, meyve yumuşaması, ağırlık kaybı ve renk tonu açısı değerleri Shah-Miveh ile Sadona çeşitleri arasında daha yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir. Depolama sonunda ise, Shah-Miveh çeşidi, Spadona çeşidi ile karşılaştırıldığında daha yüksek TP ve TAA değerleri göstermiştir.

Esfandiar vd. (2020), guava (*Psidium guajava* L.) fidanlarının tuz stresine karşı biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri üzerinde putresin uygulamasının etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, tuzluluğun guava yetiştiriciliği için önemli bir sorun teşkil ettiği ve yüksek tuzluluk koşullarında büyüme sırasında koruyucu takviyelerin uygulanmasıyla ilgili sınırlı sayıda literatür bulunduğu göz önünde bulundurularak bu araştırma yapılmıştır. Araştırmada, guava fidanları farklı sodyum klorür (NaCl) stres seviyelerine (0, 5 ve 10 dS m^{-1}) ve çeşitli putresin konsantrasyonlarına (0, 250 ve 500 ppm) maruz bırakılmıştır. Esfandiar ve ekibi, fidanların biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerini incelemek amacıyla klorofil (a, b ve toplam), karotenoid, prolin içeriği, elektrolit salınımı ve bazı enzim aktivitelerini (katalaz, peroksidaz ve polifenol oksidaz) gözlemlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, NaCl stresinin katalaz, polifenol oksidaz, karotenoid ve prolin içeriğinde artışa, peroksidaz aktivitesinde ise azalmaya yol açtığını ortaya koymuştur. Ayrıca, NaCl stresinin klorofil (a, b ve toplam) seviyelerinde de belirgin

bir azalma gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, putresin uygulaması yapılan guava fidanlarında, stres altındaki ve tedavi edilmeyen fidanlara kıyasla katalaz ve peroksidaz aktivitelerinde azalma tespit edilmiştir. Araştırmanın bulguları, 250 ve 500 ppm'lik putresin uygulamalarının, sırasıyla 5 ve 10 dS m⁻¹ NaCl altında guava fidanlarının tuz toleransını artırmada daha etkili olduğunu göstermiştir.

Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinin sertliğini koruma, kaliteyi iyileştirme ve kayıpları azaltma potansiyeline sahip olduğunu düşünerek putresinin depolama süresi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Bu kapsamda, olgunlaşmamış ve olgun papaya meyveleri, farklı putresin konsantrasyonlarına (0 mM, 1 mM, 2 mM ve 3 mM) maruz bırakılmış ve ardından 12°C sıcaklık ile %90–95 nem oranında 28 gün süreyle depolanmıştır. Araştırmada, meyve sertliği, ağırlık kaybı, antioksidatif enzim aktiviteleri (CAT, SOD ve POD), toplam fenolik içerik, toplam antioksidanlar ve diğer biyokimyasal özellikler her hafta düzenli olarak izlenmiştir. Araştırma sonuçları, putresin uygulaması yapılan meyvelerin, kontrol grubuna kıyasla depolama süresi boyunca daha yüksek sertlik ve daha az ağırlık kaybı gösterdiğini ortaya koymuştur. Kontrol grubundaki meyveler, daha yüksek toplam çözünür katı maddeler (TSS) ve olgunlaşma indeksi değerlerine sahipken, putresinle uygulamaların meyvelerde bu değerler daha düşük bulunmuştur. Özellikle, 2 mM'lik putresin uygulaması, depolama süresi boyunca çürümeyi önemli ölçüde azaltmış ve bu uygulama grubundaki çürük oranı, kontrol grubuna göre neredeyse 2.9 kat daha düşük olmuştur. Ayrıca, 2 mM'lik putresin uygulaması ile meyve içindeki CAT enzim aktivitesi en yüksek seviyeye çıkarak 6.94 U/mg protein olarak ölçülmüştür. (POD) aktivitesi, kontrol grubuna kıyasla 1.07 kat artmış ve (SOD) aktivitesinde de bir artış gözlemlenmiştir. Bunların yanı sıra, toplam antioksidanlar ve toplam fenolik içerik, 2 mM'lik putresin uygulaması yapılan meyvelerde depolama süresi boyunca en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu bulgularla, 2 mM'lik putresin uygulamasının papaya meyvesinin raf ömrünü uzatarak meyve yumuşamasını ve çürümesini engellediğini, enzim aktivitelerini artırarak meyvenin kalitesini koruduğunu ve depolama süresince yüksek kaliteli meyve sağladığını doğrulamışlardır.

Haghshenas vd (2020), çilek meyvesinin fitokimyasal ve kalite özelliklerini, besin solüsyonu osmotik stresine (tuzluluk) ve putresin ile salisilik asit foliar uygulamalarına karşı nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Bu araştırmada, soğansız kültür ortamında çilek 'Selva' çeşidinin büyüme parametreleri ve fitokimyasal

özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın odak noktasında, farklı NaCl konsantrasyonlarına (0, 7.5, 15, 30 ve 45 mM) sahip besin solüsyonu osmotik potansiyelinin (tuzluluk) ve 0 ile 1.5 mM dozlarında yapılan putresin ve salisilik asit foliar uygulamalarının etkileri yer almıştır. Sonuçlar, osmotik stresin çilek bitkisinin birçok özelliği üzerinde olumsuz bir etki yarattığını belirlemiştir. Yaprak alanında %79.6, toplam klorofil içeriğinde %48, meyve veriminde %73.5, yaprakların relatif su içeriğinde %33, toplam protein içeriğinde %33.4, toplam fenolik içeriğinde %7.8 ve C vitamini içeriğinde %24.5'lik azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, osmotik stresin (POD) ve (SOD) enzim aktivitelerini, yaprak iyon kaçışını, çözünür karbonhidrat ve prolin içeriğini önemli ölçüde artırdığı saptanmıştır. Putresin ve salisilik asit uygulamalarının, tuzluluk stresine karşı tüm incelenen özellikler üzerinde (SOD aktivitesi dışında) belirgin bir iyileştirme sağladığı tespit edilmiştir. Tuzluluk ve bitki büyüme düzenleyicilerinin etkileşimleri, yaprak iyon kaçışı, POD aktivitesi, çözünür karbonhidratlar ve protein dışında kalan tüm özelliklerde anlamlı değişiklikler yaratmıştır. En yüksek toplam fenol ve C vitamini içerikleri, 15 mM tuzluluk ve foliar PGR (bitki büyüme düzenleyicisi) uygulamaları ile elde edilmiştir

Shanbehpour vd. (2020), ön hasat dönemi uygulamalarıyla kalsiyum klorür, putresin ve salisilik asidin, iki farklı Hint hurması (*Ziziphus mauritiana Lamk.*) genotipinin antioksidan sistemi ve biyokimyasal değişimleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, "Sibi" ve "Khormae" olmak üzere iki farklı Hint hurması çeşidi üzerine, kalsiyum klorür (%1 ve %2), salisilik asit (1 ve 2 mM) ve putresin (1 ve 2 mM) uygulamaları gerçekleştirilmiş ve meyveler, depolama süresi boyunca $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve 85 ± 5 nem oranında 30 gün süreyle saklanmıştır. Araştırma, uygulama edilen meyvelerin, kontrol grubuna kıyasla yumuşama ve ağırlık kaybının anlamlı şekilde daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, uygulama edilen meyvelerin antioksidan kapasitesinin, kontrol grubundan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Tüm uygulamalar, polifenol oksidaz (PPO) aktivitesini önemli ölçüde azaltmış, (CAT) ve (POD) aktivitelerini artırmış ve Hint hurması meyvesinin hızlı renk değişimini engellemiştir. En yüksek genel görsel kalite (OVQ), kalsiyum klorür (%1.5) ve putresin (2 mM) ile uygulama edilen meyvelerde gözlemlenmiştir. İki genotipin karşılaştırılmasında ise, Khormae çeşidinin Sibi çeşidine göre daha iyi bir görünüme sahip olduğu belirlenmiştir

Naing vd (2020), kesilmiş T çiçeklerinin hasat sonrası biyolojisini kontrol etmek amacıyla nano-gümüş parçacıklarının uygulanmasının etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada, çiçeklerin solma ve taç yaprağı dökülmesi gibi iki önemli sürecin, vazo ömrünü önemli ölçüde kısaltan başlıca faktörler olduğu belirtilmiştir. Bu süreçler, çiçek organlarında etilen üretimi ve ksilem damarlarındaki mikrobiyal büyümeden kaynaklanmaktadır. Etilene duyarlı çiçeklerde, etilen üretimi yaşlanma sürecini hızlandırırken, etilene duyarsız çiçeklerde mikrobiyal büyüme daha kritik bir rol oynamaktadır. Araştırmacılar, bu zorlukları aşmak amacıyla çeşitli yöntemler incelemiş, özellikle etilen biyosentezini engellemek veya mikrobiyal büyümeyi kontrol altına almak için kimyasal maddelerin kullanımını değerlendirmişlerdir. Ancak, son yıllarda nanoteknolojinin, tarımsal verimliliği artırma ve hasat sonrası atıkları azaltma potansiyeli nedeniyle önemli bir alternatif olarak öne çıktığı vurgulanmıştır. nanoteknolojinin, özellikle nano-gümüş parçacıklarının, çiçeklerin raf ömrünü uzatmada etkili bir araç olabileceğini belirtmişlerdir. NS parçacıklarının etilen üretimini engelleyici ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde, kesilmiş çiçeklerin vazo ömrünü uzatma potansiyeli üzerinde durmuşlardır. Araştırmacılar, NS parçacıklarının etkinliğini etkileyen bazı önemli faktörleri, parçacıkların konsantrasyonu, boyutu, inkübasyon süresi ve bitki genotipi gibi parametreleri vurgulamışlardır. Bu faktörlerin her biri, NS parçacıklarının çiçeklerin hasat sonrası ömrünü uzatma kapasitesini etkileyebilmektedir. Araştırma ayrıca, biyolojik olarak sentezlenen NS parçacıklarının kullanımının potansiyel faydalarını tartışmıştır. Biyoteknolojik olarak üretilen NS parçacıkları, çevre dostu tarım uygulamalarıyla uyumlu bir şekilde, kesilmiş çiçeklerin ömrünü uzatmak amacıyla umut verici sonuçlar göstermektedir. Bu yaklaşım, daha sürdürülebilir bir alternatif sunmakta ve geleneksel kimyasal yöntemlere göre çevre üzerinde daha az olumsuz etki yaratmaktadır. Araştırmalarının nanoteknolojinin özellikle NS parçacıklarının, tarımsal sanayideki potansiyelini derinlemesine incelemeye olanak sağladığını belirtmişlerdir. Elde edilen bulgular, nano-gümüş parçacıklarının, özellikle kesilmiş çiçeklerin vazo ömrünü uzatmada, hasat sonrası biyolojisini yönetme şeklini devrim niteliğinde değiştirebileceğini ortaya koymuştur. Yapılan çalışmalar, NS parçacıklarının, atıkları azaltma, çiçek kalitesini artırma ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sağlama açısından önemli bir araç haline gelebileceği

sonucuna varmıştır. Bu bulgular, gelecekteki araştırma ve geliştirmeler için umut verici bir temel sunmaktadır.

Langroudi vd. (2020), kesme alstroemeria çiçeklerinin (Alstroemeria Summer Sky) hasat sonrası yaşamını uzatmak amacıyla çeşitli kimyasal bileşiklerin, gümüş nanoparçacıklarının ve bitkisel uçucu yağların etkilerini incelemişlerdir. Araştırmanın amacı, alstroemeria çiçeklerinin vazoda kalma süresini uzatmaya yönelik farklı uygulama yöntemlerinin etkinliğini belirlemektir. Alstroemeria çiçekleri, estetik değeri yüksek ve sıklıkla çiçek düzenlemelerinde kullanılan popüler çiçekler arasında yer almaktadır. Deney, tamamen rastgele bir tasarımla üç tekrar ile yapılmış olup, uygulama yöntemleri arasında 1, 3, 5 ve 10 mg/l konsantrasyonlarında nano-gümüş, 30, 50, 200 ve 300 mg/l salisilik asit, 5, 10 ve 20 mg/l spermine, 5, 10, 50 ve 100 mg/l dereotu ve kimyon uçucu yağları bulunmaktaydı. Bu uygulamalar, çiçeklerin hasat öncesi, pulsing ve sürekli uygulama yöntemleriyle uygulanmıştır. Araştırmacılar, çiçeklerin vazoda kalma süresi, karotenoid yıkımı, peroksidaz aktivitesi, yaprak ve taç yapraklarından iyon sızıntısı ile vazodaki bakteriyel kontaminasyon gibi temel kalite parametrelerini değerlendirmiştir. Çalışmanın sonuçları, en ideal uygulamanın çiçeklerin hasat öncesinde 10 mg/l nano-gümüş ile uygulama edilmesiyle elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, salisilik asit, spermine ve kimyon ile dereotu uçucu yağlarının çiçeklerin kalitesini artırıcı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Araştırma, aynı zamanda *E. coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Proteus*, *Serratia*, ve *Citrobacter* gibi bakterilerin yanı sıra beş başka bakteriyel koloni tespit ederek, bakteriyel kontaminasyonun çiçeklerin hasat sonrası kalitesine olan etkisini vurgulamıştır.

Shahat vd. (2020), gümüş nanoparçacıklarının kayısı meyvelerinin kalitesini iyileştirme ve raf ömrünü uzatma potansiyelini araştırmışlardır. Nanoteknoloji, özellikle AgNP'ler, son yıllarda güçlü antimikrobiyal özellikleri nedeniyle gıda uygulamalarında büyük ilgi görmekte olup, Shahat ve ekibi, bu nanoparçacıkları kullanarak kayısıların kalitesini artırmayı ve hasat sonrası bozulmalarını azaltmayı hedeflemişlerdir. Araştırmada, AgNP'ler ekonomik ve çevre dostu bir yöntem olan nişasta kullanılarak sentezlenmiştir. Sentezlenen nanoparçacıkların boyut ve şekli, geçiş elektron mikroskobu (TEM) tekniğiyle incelenmiş ve nanoparçacıkların boyutunun 9,52 ila 26,4 nm arasında değiştiği ve genellikle yuvarlak şekillerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, AgNP'lerin antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri değerlendirilmiş ve bu özelliklerin

kayısıların kalitesini korumada etkili olduğu gözlemlenmiştir. AgNP çözeltileri, kayısı meyvelerine aktif kaplama olarak uygulanmış ve meyveler iki gruba ayrılmıştır: İlk grup, ortam sıcaklığında ($25\pm3^{\circ}\text{C}$) saklanırken, ikinci grup soğuk sıcaklıkta ($6\pm2^{\circ}\text{C}$) tutulmuştur. Her iki grup, farklı depolama koşullarında çeşitli kalite parametreleri açısından izlenmiştir. Antimikrobiyal testler, AgNP'lerin bakteriyel suşlar üzerinde 20,8 ila 24,7 mm arasında değişen inhibitör bölgeleri oluşturduğunu, fungal suşlar üzerinde ise bu değerin 17 ila 20 mm arasında olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, AgNP'lerin mikroorganizma büyümesini etkili bir şekilde baskıladığını ortaya koymuştur. Ayrıca, AgNP'lerin güçlü antioksidan aktiviteleri tespit edilmiş, bu da gıda kalitesinin korunmasında önemli bir faktördür. Depolama süresi boyunca, AgNP ile kaplanan kayısılar, kontrol grubuna kıyasla daha iyi kalite korumuş ve daha düşük ağırlık kaybı, daha az çürüme ve daha düşük (MDA) konsantrasyonu gözlemlenmiştir. MDA, oksidatif stresin bir göstergesi olarak bilindiği için, bu düşük seviyeler, AgNP'lerin kayısıların stresle başa çıkmasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Ek olarak, AgNP ile kaplanan kayısılarda toplam asidite ve toplam karotenoid seviyelerinin daha yüksek olduğu, bu da meyvelerin besin değerinin korunduğunu göstermektedir.

El Attar vd. (2020), karanfil çiçeklerinin (*Dianthus caryophyllus* cv. *Dover*) vazoda kalma ömrünü uzatmak amacıyla gümüş nanoparçacıkları humik asit ve Aloe Vera jeli ile yapılan posthasat uygulamalarının etkilerini incelemiştir. Araştırmada, karanfil çiçekleri sabah erken saatlerde hasat edilip, 4°C 'de 6 saat soğutulmuş ve ardından kuru koşullarda laboratuvara getirilmiştir. Çiçekler tartıldıktan sonra, 0, 5 veya 10 ppm'lik AgNPs çözeltileriyle 24 saat süreyle uygulama edilmiştir. Sonrasında, çiçekler, sırasıyla humik asit (200, 400 ve 600 ppm) ve Aloe Vera jeli (%2.5, %5.0, %7.5 w/v) çözeltileriyle korunmuş, kontrol grubuna ise distile su uygulanmıştır. Tüm çözeltilere %2'lik sukroz eklenmiş ve çiçeklerin vazodaki ömrü, renk solması ve yaprak kıvrılması gözlemlenene kadar izlenmiştir. Araştırmanın sonuçları, uygulanan tüm koruyucu uygulamaların, kontrol grubuna kıyasla çiçeklerin kalitesini ve vazodaki ömrünü önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Özellikle gümüş nanoparçacıkları uygulamaları, karanfil çiçeklerinin posthasat vazodaki kalma süresini uzatmada ve kalitesini iyileştirmede etkili bir çözüm olarak belirlenmiştir. Uygulama edilen çiçeklerde, vazoya su alımı, çiçek çapı, yapraklardaki toplam klorofil, yapraklardaki toplam karbonhidratlar ve toplam fenoller artarken, vazoya alınan bakteri sayısında

belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. En iyi sonuçlar, 5 ppm AgNPs + %5.0 Aloe Vera jeli ve 5 ppm AgNPs + %7.5 Aloe Vera jeli çözeltilerinde elde edilmiştir. Aloe Vera jelinin, özellikle %5.0 seviyesinde, tek başına veya AgNPs ile kombinlendiğinde humik asitten daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 5 ppm AgNPs'in tek başına kullanımının, 10 ppm AgNPs'e kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Das vd. (2020), yapraklarının hasat sonrası raf ömrünü uzatmak amacıyla biyojenik gümüş nanoparçacıkları kullanımını araştırmışlardır. Araştırmanın temel amacı, gümüş nanoparçacıklarının *Morus alba* yapraklarının raf ömrü üzerindeki etkilerini ve bu yaprakların kalitesini nasıl iyileştirebileceğini belirlemektir. *Morus alba*, Hindistan alt kıtasında ekonomik açıdan önemli bir tarım ürünü olup, özellikle ipek üretimi için kritik bir besin kaynağıdır. Ancak, bu yaprakların hasat sonrası korunması büyük bir zorluk teşkil etmektedir, çünkü yapraklarda zamanla klorofil, protein ve şeker gibi besin maddelerinin konsantrasyonu azalmakta, bunun sonucunda serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri (ROS) birikmektedir. Bu durum, ipek böceği larvalarının gelişimi üzerinde olumsuz etkiler yaparak yüksek ölüm oranlarına yol açmaktadır. Das ve ekibi, bu sorunu çözmek amacıyla, gümüş nitrat ve nanosilver çözeltilerini koruyucu olarak kullanmaya karar vermişlerdir. Araştırmada, bu çözeltilerin enzimatik ve enzim olmayan antioksidan aktivitelerini artırarak serbest radikallerin ve ROS'un zarar verici etkilerini azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, nanosilver çözeltisinin, gümüş nitratla kıyaslandığında benzer derecede etkili olduğu ve nanosilver ile uygulama edilen yaprakların daha fazla primer metabolit (pigmentler, proteinler, şekerler) tuttuğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, nanosilver ile korunmuş yapraklarla beslenen ipek böceği larvalarında olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Bu larvaların büyüme hızları, kozalarının ağırlığı, kabuk ağırlıkları ve verimliliği, taze yapraklarla beslenen larvalarla neredeyse aynı seviyeye ulaşmıştır. Bu bulgular, nanosilver kullanımının *Morus alba* yapraklarının raf ömrünü uzatmakla kalmayıp, aynı zamanda ipek böceği larvalarının büyüme ve gelişimini olumlu yönde etkilediğini ve ipek üretim sürecinde yüksek verimliliğin korunmasına yardımcı olduğunu göstermektedir.

Kibar vd. (2021), şeftali meyvesinin (cv. Monley) biyokimyasal değişikliklerini ve kalite özelliklerini incelemek amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada, putresinin (0.4, 0.8, 1.2 ve 1.6 mM) şeftali meyvesinin kalite parametreleri ve biyolojik aktif bileşenler üzerindeki etkileri

değerlendirilmiştir. Meyveler, 0 ± 0.5 °C sıcaklık ve $\%90 \pm 5$ nem oranında 40 gün süreyle depolanmıştır. Araştırma sonuçları, Kibar ve ark. (2021) tarafından, kontrol grubundaki meyvelerde depolama süresi boyunca önemli biyokimyasal değişiklikler gözlemlenmiş olduğunu ortaya koymuştur. Bu değişiklikler arasında ağırlık kaybı, çürüme, çözünür katı maddeler (SSC) oranında artışlar ve meyve yoğunluğu, sertlik, titrasyon asiditesi, pH, solunum hızı ve renk parametrelerinde (L, a, b, C ve H°) belirgin azalmalar yer almıştır. Ancak, putresin uygulanan meyvelerde bu olumsuz değişiklikler önemli ölçüde ertelenmiş ve putresinin özellikle fenolik bileşikler, C vitamini ve organik asitlerin korunmasında faydalı olduğu belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca, meyvelerin fenolik bileşenleri, C vitamini ve organik asit içeriği genellikle azalma eğilimindeyken, putresinin tüm dozlarının bu bileşenlerin bozulmasını kontrol grubuna kıyasla daha fazla engellediği gözlemlenmiştir. 1.6 mM'lık putresin uygulamasında, 40. günde, klorojenik asit ($9.26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) ve rutin ($5.74 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) içeriklerinde en az değişiklikler tespit edilmiştir. Ayrıca, meyvelerin baskın organik asidi olan malik asidin, 40. günde 1.2 mM ve 1.6 mM putresin uygulamalarında sırasıyla 6.73 g kg^{-1} ve 8.61 g kg^{-1} olarak belirlendiği görülmüştür. Bir diğer önemli bulgu ise, 1.6 mM putresin uygulamasının, C vitamini içeriğini kontrol grubuna kıyasla daha fazla koruyarak $12.90 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ seviyesine ulaştığının tespit edilmesidir; bu, kontrol grubundaki $6.10 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ seviyesinin oldukça üzerindedir.

Elatafi vd. (2022), soğuk depolama süresi boyunca üzüm salkımlarının fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile kalitesini etkileyen gümüş nitrat ve nano-gümüş etkilerini incelemişlerdir. Araştırmanın amacı, bu maddelerin üzüm salkımlarının saklama süresince ömrünü uzatma ve kalitesini iyileştirme potansiyelini değerlendirmektir. Çalışmada, Shine Muscat ve Kyoho olmak üzere iki farklı üzüm çeşidi seçilmiş ve bu üzümler, farklı konsantrasyonlardaki AgNO_3 ve Ag-NPs solüsyonları ile post-harvest daldırma işlemlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler, AgNO_3 ve Ag-NPs'nin üzümün ömrünü ve kalitesini artırdığını ortaya koymuştur. Araştırma sonuçlarına göre, Ag-NPs ile uygulama edilen üzümler, en düşük ağırlık kaybını gösterirken, kontrol grubundaki üzümlerde en yüksek kayıp gözlemlenmiştir. Ag-NPs ile yapılan daldırma işlemi, her iki üzüm çeşidi için de saklama kalitesinin korunmasında en iyi sonuçları sağlamıştır. Ayrıca, Ag-NPs uygulaması, (SSC), (TA), (MDA) içeriği, (PPO), pirogalol (POD) ve (PME) aktivitesinde de en iyi sonuçları elde etmiştir. Bu bulgular, Ag-NPs'nin

üzümlerin fizyolojik ve biyokimyasal bütünlüğünü korumada önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Çalışmada, Ag-NPs ve AgNO₃'ün, üzüm salkımlarının kalitesini 30 gün boyunca soğuk depolamada koruyabildiği belirlenmiştir. Oysa, kontrol grubundaki üzümler 30 gün sonunda bozulmuş durumdaydı. Bu bulgu, Ag-NPs ve AgNO₃ uygulamalarının üzümlerin raf ömrünü önemli ölçüde uzattığını ve post-harvest koruma için etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Singh vd (2022), armut meyvelerinin raf ömrünü uzatmak ve kalitelerini korumak amacıyla hasat öncesi putresin uygulamalarını incelemiştir. Araştırmada, armut meyvesinin iklimakterik özellikleri göz önünde bulundurularak, bu meyvenin biyolojik olarak aktif kalmaya devam ettiği ve solunum, terleme gibi biyokimyasal süreçlerin hasattan sonra da sürdüğü belirtilmiştir. Bu süreçler, armut meyvesinin raf ömrünü kısaltmaktadır, özellikle de Kuzeybatı Hindistan'daki ortam koşullarında. Çalışmada, Punjab Beauty cinsi armutların raf ömrünü artırmak için 1 mM, 2 mM ve 3 mM konsantrasyonlarında putresin uygulamaları kullanılmıştır. Putresinle uygulama edilen ve kontrol grubundaki olgun armutlar, 32 ± 2 °C sıcaklık ve %78 ± 5 nemde ortam koşullarında depolanmış ve depolama süresi boyunca 0, 3, 6, 9, 12 ve 15. günlerde çeşitli fiziksel, kimyasal parametreler ve enzimatik aktiviteler izlenmiştir. Araştırma sonuçları, 2 mM ve 3 mM putresin uygulamalarının, kontrol grubuna kıyasla armut meyvelerinde ağırlık kaybını ve bozulmayı önemli ölçüde azalttığını, ayrıca meyvelerin daha yüksek sertlik, çözünür katı madde içeriği (SSC), titrasyon asiditesi (TA) ve nişasta içeriğini koruduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bu uygulamalar, hücre duvarı yıkıcı enzimlerin (pektin metilesteraz ve selüloz) aktivitelerini azaltarak meyve yumuşamasını da engellemiştir.

Song vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, maviyemiş (*Vaccinium spp.*) meyvelerinde putresin maddesinin meyve sertliğini koruma ve depolama süresini uzatma üzerindeki rolü incelenmiştir. Hasat edilen maviyemiş meyveleri, 1 mM Putresinçözeltisine 10 dakika daldırılmıştır. Uygulama sonrasında, meyveler 20 ± 0.5 °C ve %80 bağıl nemde 10 gün süreyle depolanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Putresinuygulamasının maviyemişlerinin yumuşamasını geciktirdiğini göstermiştir. Kontrol grubuna kıyasla, Putresin ile uygulama edilen yaban mersini meyvelerinin sertlik ve protopektin seviyeleri daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, Putresinuygulaması, hücre duvarı metabolizmasında yer alan enzimlerin, özellikle poligalakturonaz , β-galaktosilaz ve β-glukozidaz

aktivitelerini ve ifade seviyelerini önemli ölçüde inhibe etmiştir. Putresinuygulaması, Putresinsentezine katkıda bulunan VcODC geninin ifadesini artırırken, Putresinmetabolizmasında rol oynayan VcSPDS geninin ifadesini inhibe etmiştir. Ayrıca, VcPG1 geninin aşırı ekspresyonunun meyve sertliğini önemli ölçüde azalttığını göstererek, VcPG1'in meyve yumuşamasında anahtar bir gen olduğunu bildirmiştir.

Taş vd. (2022), kivi meyvesinin hasat sonrası saklama koşullarını incelemek amacıyla önemli bir araştırmaya imza atmıştır. Araştırmada, farklı konsantrasyonlarda putresin (0.4, 0.8, 1.2, 1.6 ve 2.0 mM) uygulamalarının kivi meyvesinin saklama süresi boyunca gösterdiği etkiler belirlenmiştir. Hayward çeşidi kiviler üzerine yapılan bu uygulamalar, meyvelerin kalitesini ve raf ömrünü korumaya yönelik önemli veriler sunmuştur. Araştırmacılar, kivileri sıcaklık kontrolü altında ($0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$) ve nem oranı ($\%90 \pm 5$) ile 140 gün boyunca soğuk depolarda tutmuşlardır. Bu süre zarfında, kontrol grubundaki yani putresin uygulanmayan kivilerde belirgin değişiklikler gözlemlenmiştir. Kontrol grubundaki meyvelerde, depolama süresince önemli bir ağırlık kaybı, sertlikte azalma ve titrasyon asiditesinde düşüş yaşanmış; ayrıca solunum hızları artmış ve meyve yoğunlukları düşmüştür. Bu durum, meyvelerin bozulmaya başladığının klasik işaretleri olarak tanımlanmıştır. Ancak putresin ile tedavi edilen kivilerde gözlemlenen durum farklılık göstermiştir. Farklı konsantrasyonlar arasında yapılan karşılaştırmada, 1.2 mM'lik uygulama diğer dozlara göre daha etkili bulunmuştur; bu tedavi, organik asitlerin korunmasında en başarılı sonuçları vermiştir. Özellikle sitrik asit ve malik asit düzeylerinin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, 2.0 mM'lik putresin tedavisinin C vitamini kaybını önlemede en etkili uygulama olduğu öne çıkmıştır. Bu doz, meyvenin C vitamini içeriğini uzun süre boyunca korumayı başarmıştır. Araştırmacılar, kivilerin kimyasal bileşenlerini daha ayrıntılı olarak incelediklerinde, meyvede baskın olarak bulunan organik asidin sitrik asit olduğunu, bunu malik asit, süksinik asit ve C vitamininin izlediğini belirlemişlerdir. Putresin uygulama yapılan meyveler, bu organik asitleri kontrol grubuna göre daha iyi korumuştur. Fenolik bileşiklerin korunması da araştırmanın önemli bulgularından biri olmuştur; fenolik asitler ve flavonoidler, putresinle uygulama kivilerde daha az kayba uğramıştır. Özellikle 2.0 mM'lik doz, fenolik asitler ve flavonoidlerin korunmasında kontrol grubuna ve diğer tedavilere göre daha etkili olmuştur. Kivide en yaygın fenolik asit olarak protokateşuik asidi

belirlenmiş, onu klorojenik asit takip etmiştir. Depolama süresinin 140. gününde, 1.6 mM putresin tedavisi uygulanan kivilerde protokateşuik asit en az değişime uğramıştır; klorojenik asit ve kateşin gibi bileşikler ise, 2.0 mM'lik putresin tedavisi ile daha fazla korunmuştur. Taş ve ekibi, bu araştırmalarıyla putresin tedavisinin kivi meyvesinin hasat sonrası saklama koşullarını iyileştirmedeki önemini ortaya koymuşlardır. Özellikle 1.2 mM ve 2.0 mM'lik doza sahip uygulamalar, organik asitler, fenolik bileşikler ve vitaminlerin korunmasında önemli avantajlar sağlamıştır. Bu bulgular, kivi raf ömrünü uzatmak ve besin değerini korumak isteyenler için umut verici bir yaklaşım sunmaktadır.

Küçüker vd. (2023), tarafından gerçekleştirilen bu araştırma, hassas bir meyve yapısına sahip olan incirin kısa depolama ve raf ömrünün sebep olduğu ekonomik kayıplara çözüm bulmayı amaçlamıştır. Çalışmada, incirlerde hasat sonrası farklı dozlarda (0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 mM) putresin uygulamasının soğukta depolama süresince meyve kalite özellikleri ve biyokimyasal içerik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Soğukta depolama sonunda meyvelerdeki çürüme hızı ve ağırlık kaybı sırasıyla %1,0-1,6 ve %1,0-5,0 aralığında gerçekleşmiştir. Putresin uygulanan meyvelerde çürüme hızı ve ağırlık kaybı daha düşük seviyelerde gözlemlenmiştir. Ayrıca, putresin uygulaması meyve eti sertlik değerleri üzerinde olumlu bir etki sağlamıştır. Meyvelerin SSC oranı %14-20 arasında değişmiş ve depolama süresiyle putresin dozuna bağlı olarak bu oranlarda önemli farklılıklar görülmüştür. Putresin uygulaması sayesinde, soğukta muhafaza süresinde incir meyvesinin asitlik oranındaki azalma daha az olmuştur; soğukta muhafaza sonunda asitlik oranı %1,5-2,5 ile %1,0-5,0 arasında değişiklik göstermiştir. Putresin uygulamaları ayrıca toplam antioksidan aktivite değerlerini de etkilemiş ve dozlara bağlı olarak bu değerlerde değişimler meydana gelmiştir. Çalışmada, incir meyvesindeki fenolik asit miktarının muhafaza süresince azaldığı, ancak putresin dozlarının bu azalışı engellediği gözlemlenmiştir. Putresin uygulaması, soğukta muhafaza süresince organik asit miktarındaki değişimleri de etkilemiş, bu etkinin organik asit türüne ve muhafaza süresinin uzunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Gemail vd. (2023) , Murcott mandalina meyvelerinin soğuk depolama süresi boyunca ve sonrasındaki raf ömründe balmumu ve gümüş nanoparçacıklarının koruma kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Narenciye meyveleri, özellikle mandalinler, hızlı bozulma eğiliminde olan ve yerel ile küresel düzeyde

büyük ekonomik öneme sahip tarım ürünleri olarak kabul edilmektedir. Meyve üretiminde karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, hasat sonrası kayıpları en aza indirmek, meyve kalitesini korumak, depolama süresini uzatmak ve pazarlanabilirliğini sağlamaktır. Bu bağlamda, araştırma ekibi, 2018 ve 2019 yıllarında iki ardışık sezon boyunca, Murcott mandalinlerinin depolama süresini ve raf ömrünü uzatmayı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmada, mandalina meyveleri 1 Mart'ta toplanmış, yıkanmış ve ardından dört farklı uygulama uygulanmıştır: kontrol uygulaması olarak 1000 ppm imazalil (IMZ), balmumu, 50 ppm nanosilver, 100 ppm nanosilver ve son olarak balmumu ile 100 ppm nanosilver karışımı. Meyveler, %0.005 delikli polietilen (PPE) ambalajına yerleştirilmiş ve $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ile %90–95 bağıl nemde dört ay süreyle depolanmıştır. Depolama süresi boyunca ve ardından 6 günlük raf ömrü sırasında, her bir uygulamanın meyve kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, balmumu ile 100 ppm nanosilver karışımının, delikli polietilen ambalajda en etkili uygulama olduğunu ortaya koymuştur. Bu uygulama, meyve kaybını, taze ağırlık kaybını ve katalaz enzimi aktivitesini en fazla azaltmış; aynı zamanda, meyve özü sertliğini, C vitamini içeriğini koruyarak daha iyi bir tat paneli indeksi sağlamıştır.

Lieu vd. (2024) meyve ve sebzelerin (FaV) korunmasında sürdürülebilir bir yöntem olarak yeşil sentezlenmiş gümüş nanoparçacıklarının kullanılmasını araştırmışlardır. Araştırmalarında, nanoteknolojinin, özellikle AgNP'lerin mikroorganizmalara karşı gösterdiği antimikrobiyal etkinin, bozulmaya meyilli gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmada büyük bir potansiyel taşıdığına dikkat çekmişlerdir. farklı AgNP sentezleme yöntemlerinin mevcut olduğunu, ancak biyolojik indirgeme yönteminin özellikle bitki özleri kullanarak yapılan biyolojik sentezin—non toksik, çevre dostu ve ekonomik olarak uygulanabilir bir yaklaşım olarak öne çıktığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, AgNP'lerin FaV koruma amaçlı iki ana yöntemle uygulanabileceğini belirtmişlerdir: Birincisi, ürünlerin doğrudan AgNP çözeltisine batırılması, diğeri ise nanoparçacıkların yenilebilir kaplamalar veya ambalaj filmlerine dahil edilmesidir. İkinci yöntemin, AgNP'lerin kontrollü bir şekilde salınımını sağlayarak mikroorganizma büyümesini engelleyip, meyve ve sebzelerin tazeliğini uzatmaya yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak, uygun kaplama malzemelerinin seçilmesinin, antimikrobiyal etkinliği sağlamak ve koruma verimliliğini artırmak için kritik öneme sahip olduğunu

vurgulamışlardır. Lieu ve ekibi, araştırmalarında yeşil sentezle üretilen AgNP'lerin etkinliğini incelemiş ve kullanılan bitki özleri ve bakteriyel malzemelerin mikroorganizmalara karşı gösterdiği etkileri değerlendirmişlerdir. Ayrıca, AgNP içeren kaplama filmlerinin yapısal özellikleri ile son ürünün güvenlik özelliklerini de ele almışlardır. Araştırmalarında, bitki veya bakteriyel sentezli AgNP'lerin yenilebilir kaplamalar içinde kullanılmasının, hem gıda güvenliğini artırmak hem de kaliteyi korumak için sürdürülebilir ve çevre dostu bir çözüm sunduğunu belirtmişlerdir.

Yaviç vd. (2024), dondurulmuş dut meyvelerinin soğuk depolama sürecini inceledikleri bir araştırma yapmışlardır. Araştırmalarında, hasat sonrası putresin uygulamasının (0.5, 1.0, 1.5 mM) soğuk koşullarda depolanan dut meyvelerinin kalite özellikleri ve biyokimyasal içeriği üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Dut meyvesi, kısa raf ömrü ve korunması zor olan meyveler arasında yer almakta olup, bu durum dünya genelinde meyve üretimi sonrası önemli kayıplara yol açmaktadır. Bu kayıpları en aza indirmek amacıyla putresinin potansiyel koruyucu etkilerini araştırmayı hedeflemişlerdir. Araştırmada, dut meyvelerine putresin uygulandıktan sonra, meyveler soğuk koşullarda ($0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ve 90 ± 5 nem) 7, 14 ve 21 gün süreyle depolanmıştır. Depolama süresi boyunca en dikkat çekici bulgulardan biri, putresin uygulamasının ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığı olmuştur. Özellikle, 21. günde 1.5 mM putresin uygulanan meyvelerin ağırlık kaybı %3.72 olarak ölçülürken, kontrol grubundaki meyvelerde bu oran %6.39 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, putresin uygulamasının yaklaşık %2.67 oranında bir ağırlık kaybı azalışı sağladığını göstermektedir. Putresin uygulamaları aynı zamanda meyvelerdeki çürüme oranını da önemli ölçüde engellemiş ve solunum hızındaki artışı önlemiştir. Depolama süresi boyunca, meyvelerdeki organik asitler ve fenolik bileşiklerin içeriğinde bir azalma gözlemlenmiş olmasına rağmen, 1.5 mM putresin uygulaması, özellikle malik asit içeriğini %14 oranında korumuştur. 21. günde, 1.5 mM putresin uygulanan meyvelerde malik asit içeriği $8.29 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak ölçülürken, kontrol grubundaki meyvelerde bu değer $7.25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Depolama süresinin sonunda, 1.5 mM putresin uygulaması, klorojenik asit içeriğindeki %10'luk bir azalmayı engellemiş ve fenolik bileşiklerin bozulmasını kontrol altına almıştır. Bu bulgular, putresinin hasat sonrası dut meyvelerinin kalite özelliklerini ve biyokimyasal içeriğini depolama süresi

boyunca başarılı bir şekilde koruduğunu ve bu uygulamanın meyve kayıplarını azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Fakorizadeh vd. (2024), "Salatalığın Kalitesini Koruma ve Raf Ömrünü Uzatma Üzerine Hasat Sonrası Kitin ve Putresin Uygulamaları başlıklı çalışmalarında, salatalık meyvelerinin yüksek su içeriği, yüksek metabolik aktivite ve mikroorganizmaların büyümesi sonucu hasat sonrası hızlı bir şekilde bozulduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmanın amacı, salatalık meyvesinin depolama süresi boyunca ($12 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 0, 10 ve 20 gün) ve 25°C 'de bir gün süreyle uygulanan putresin (0, 0.5, 1 ve 2 mM) ve kitin (0, 0.5, 1 ve 1.5%) uygulamalarının meyve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemektir. Araştırma sonuçları, kitin ve putresin uygulamalarının, salatalık meyvesinin ağırlık kaybını önemli ölçüde engellediğini, toplam çözünür katı maddeler, titrasyon asiditesi, pH, sertlik, kabukta toplam klorofil ve askorbik asidi koruyarak, meyvenin duyusal kalitesini geliştirdiğini ortaya koymuştur. En düşük ağırlık kaybı ve en yüksek sertlik, 10 ve 20 günlük depolama süresinde, 1.5% kitin ve 2 mM putresin uygulamaları ile elde edilmiştir. Ayrıca, en yüksek çözünür katı maddeler, titrasyon asiditesi, toplam klorofil, C vitamini, toplam antioksidan, toplam fenol içerikleri ile en düşük pH ve duyusal kalite kaybı, 10 ve 20 günlük depolama süresinde 1.5% kitin ve 2 mM putresin uygulamaları ile gözlemlenmiş ve bu değerler kontrol grubuna kıyasla anlamlı farklar göstermiştir. %1 ve %1.5 kitin kaplama uygulamaları, depolama süresi boyunca diğer kalite parametrelerinde, ağırlık kaybı dışında anlamlı bir fark yaratmamıştır. Bu bulgular, putresin (2 mM) ve kitin kaplamasının (%1 - %1.5), salatalık meyvesinin kalitesini daha uzun süre koruyarak, raf ömrünü uzatmada etkili olabileceğini göstermektedir.

Gündoğdu vd. (2024), putresinin hasat sonrası depolama üzerindeki etkilerini inceledikleri bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, kornişon kirazı gibi klimakterik meyvelere farklı dozlarda (0.3 mM, 0.5 mM ve 1.0 mM) putresin uygulaması yapılmış ve meyveler 45 gün boyunca depolanmıştır. Araştırma, putresinin meyve kalitesini nasıl koruyabileceği ve biyokimyasal içeriğin bozulmasını nasıl engelleyebileceği konusunda derinlemesine bir anlayış sağlamayı amaçlamıştır putresin uygulamasının meyve kalitesinin korunmasında önemli bir rol oynadığını belirlemiştir. Összellikle, meyve kaybı, çözünür katı maddeler asidite ve solunum hızı gibi kalite göstergelerindeki olumsuz değişikliklerin putresin ile engellendiği gözlemlenmiştir. En yüksek doz olan 1.0

mM putresin uygulaması, kornişon kirazı meyvelerindeki fenolik bileşiklerin, organik asitlerin ve C vitamini içeriğinin bozulmasını önemli ölçüde engellemiştir. 1.0 mM'lik uygulamada, malik asit 64.07 g kg⁻¹, C vitamini 13.20 mg 100 g⁻¹ ve sitrik asit 11.42 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Depolama süresinin sonunda, fenolik asitlerin bozulmasının en fazla engellendiği dozun 1.0 mM putresin olduğu saptanmıştır. Bu doz, özellikle klorojenik asit (9.73 mg 100 g⁻¹), o-kumarik asit (3.78 mg 100 g⁻¹) ve ferulik asit (2.43 mg 100 g⁻¹) gibi fenolik asitlerdeki bozulmayı minimum seviyeye indirmiştir. Ayrıca flavonoid bileşiklerde de en etkili dozlar 1.0 mM (rutin), 0.5 mM (kateşin) ve 0.3 mM (kuersetin) olarak belirlenmiştir.

Khalid Noori vd. (2024), Hasat Sonrası Putresin ve Spermidin Uygulamalarının Şahroudi Üzüm Çeşidinin Kantitatif ve Kalitatif Özelliklerinin Korunması Üzerine Etkilerinin Araştırılması" başlıklı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırma, üzümün dünya çapında en önemli ve en eski meyvelerden biri olduğunu belirterek, hasat sonrası putresin ve spermidin poliaminlerinin, 'Şahroudi' üzümü meyvelerinin kalitatif ve kantitatif özelliklerini depolama süresince nasıl koruduğunu incelemeyi amaçlamıştır. Araştırma, tamamen rastgele bir tasarımla ve iki ana faktörlü faktöriyel deney düzeniyle yapılmıştır. İlk faktör, putresin ve spermidin olmak üzere iki farklı poliamin türü; ikinci faktör ise her bir poliaminin üç farklı konsantrasyonu (0.5, 1 ve 2 mmol) ile depolama süresi (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 ve 105 gün) olmuştur. Çalışma kapsamında, üzüm meyveleri 2°C sıcaklık ve %85-95 nem oranında 105 gün süreyle depolanmış ve düzenli aralıklarla meyvelerin kantitatif ve kalitatif özellikleri değerlendirilmiştir. Bulguları, putresin ve spermidin uygulamalarının, üzüm meyvelerinin sertliği, ağırlık kaybı, antosiyanin içeriği, titrasyon asiditesi, C vitamini ve toplam çözünür katı maddeler gibi özellikler üzerinde %1 güven düzeyinde anlamlı bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, pH üzerinde de %5 güven düzeyinde anlamlı bir etki gözlemlenmiştir. Ancak, meyve suyu yüzdesi üzerinde herhangi bir anlamlı etki bulunmamıştır. Araştırmada, depolama süresinin tüm incelenen özellikler üzerinde %1 güven düzeyinde anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, uygulama ile depolama süresi arasındaki etkileşimlerin, toplam fenol, asidite ve toplam çözünür katı maddeler üzerinde %1 güven düzeyinde anlamlı bir etkisi olduğu, pH üzerinde ise %5 güven düzeyinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

2. MATERİYAL ve YÖNTEM

2.1 Çalışma Materyalleri ve Özellikleri

Yapılan çalışmalarda bitkisel materyal olarak üzüm meyvesi kullanılmıştır. Seben siyah üzümleri, koyu, koyu rengi ve tatlı, hafif ekşimsi tadı nedeniyle oldukça beğenilmektedir ve bu da onları hem sofralık üzümler hem de şarapçılık için popüler bir seçim haline getirmektedir (Karaoğlu, M. M. ve Doğan, H. A. 2014).

Özellikler:

Renk: siyah, Tat: tatlı, hafif ekşimsi tadı, İklim: Genellikle sıcak, güneşli bölgelerde yetişir.



Fotoğraf 2.1 Seben siyah üzümünden bir görüntü

2.2 Çalışmada Kullanılan Başlıca Ekipmanlar

Hassas terazi, Inolab wtw pH metre, Üzümleri muhafaza etmek için plastik kaplar, refraktometreler, tüpler, titrasyon cihaz veya titrator, renk ölçüm cihazı, Spektrofotometre cihazı, Nanogümüş (50 ppm), putresin (0.5 mM), NaOH(5ml), Homojenizasyon Makinesi, Santrifüj cihazı

2.3 Araştırma Alanı

Araştırma 2024 yılında Çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yürütülmüştür. Eylül ayının başında Üzümler, Bolu ili Seben ilçesinden temin edilmiş ve olgunluk döneminde hasat edilmiştir. Aynı gün Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne getirilmiştir.



Fotoğraf 2.2 Hasat edilmiş üzümler

2.4 Meyve Materyalinin Uygulamaya Hazırlanması

Meyvelerin seçiminde ihracat kriterleri dikkate alınmış; çürük, ezik ve yaralı olan tüm meyveler ayrılarak, tamamen sağlıklı görünen üzümler uygulamaya alınmıştır (Şekil 3.3). Daha sonra üzümler dört farklı uygulamaya ayrılmıştır. Üzümler, her bir uygulama için ayrı ayrı oda sıcaklığında beş dakika boyunca çözeltiye daldırılmıştır: İlk uygulama kontrol, ikinci uygulama putresin (0.5 mM), üçüncü uygulama, Nanogümüş (50 ppm) ve dördüncü uygulama Nanogümüş (50 ppm) + putresin'dir. Her uygulama için üç tekrarlama bulunmaktadır. Araştırma üç tekerrürlü ve her tekerrürde 4 omca olacak şekilde planlanmıştır. Kontrol parçanın üzerine bir dakika süreyle Nanogümüş ve putresin karışımı yerleştirilmiş, ağırlıkları karşılaştırılmış ve üç hafta boyunca bu her yedi günde bir çeşitli analizler yapılmıştır. Çalışmada ölçümler, depolama başlangıcında 7, 14 ve 21. Günlerde yapılmıştır.



Fotoğraf 2.3 Kurutulmaya alınmış salkımlar

Üzüm meyveleri uyguladıktan sonra, her bir uygulamanın adı ve tekrarlama numarasının yazıldığı özel gıda paketlerine konulmuş ve ardından 4°C ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) sıcaklıkta ve $\%90$ ($\pm 5\%$) nem oranında koşullarında soğuk odaya yerleştirilmiştir. Aşağıdaki resimde olduğu gibi



Fotoğraf 2.4 Soğuk odaya götürülen örnekler

2.5 Ağırlık Kaybı

Ağırlık kaybı, 7, 14 ve 21. günlerde depodan çıkarılan örneklerin 0.001 g duyarlılıktaki hassas terazi ile tartılarak aşağıdaki formülle belirlenmiştir:

$$AK = [(ilk\ ağırlık - son\ ağırlık) / ilk\ ağırlık] * 100$$

Üzümler, Soğuk odasında yedi gün bekletildikten sonra ilk ve son ağırlıkları ölçüldü. Üzümün ilk ağırlığı, tekerrürden numunesi alınmadan önceki ağırlığı; son ağırlığı ise tekerrürden numunesi alındıktan sonraki ağırlığıdır. Ölçümler, 14. ve 21. günlerde tekrarlanmıştır. Ağırlıkları almak için kullanılan cihaz hassas bir teraziydi. Yani ağırlıklar 7. günde, 14. günde ve 21. günde ölçüldü.



Fotoğraf 2.5 Biyokimyasal analizler için -80 dereceye kaldırılan örnekler.

Analizlerde daha sonra kullanılacak tekerrürden numune almak için kullanılan kapları göstermektedir. Her numunenin üzerinde uygulama niteliği,

tekerrür sayısı ve kaç gün sonra yazılmıştır. Ardından, yirmi bir gün sonra Pomolojik Analizler ve Biyokimyasal Analizler başlamıştır.

2.6 Kalite Analizleri

2.6.1 Meyve Kabuk Rengi

Üzüm meyvesinin renk değerlerini belirlemek için Colorimeter NR60CP (3nh Technology Co. Ltd) kullanılmıştır. Ölçümden önce üzümler dikkatlice seçilip temizlenmiş ve yüzeylerinin tamamen kuru olmasına özen gösterilmiştir. Cihaz, ölçümden önce beyaz veya siyah bir yüzeyle kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonrası üzümler teker teker sensöre yerleştirilmiş, cihazın aydınlatması ve yansıyan ışığın analiziyle L^* , a^* , b^* , Hue ve chroma değerleri hesaplanmıştır.

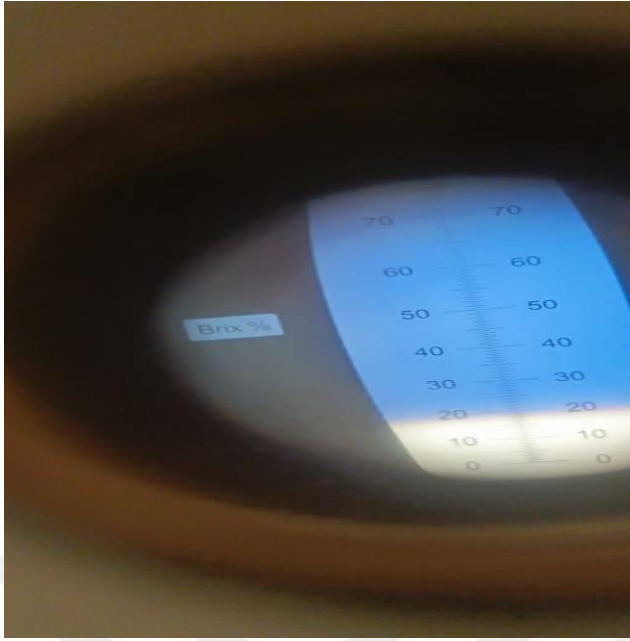
2.6.2 Meyve Suyu pH'sı

Üzüm meyvelerinin pH değeri, Thermo Scientific Orion Star A111 cihazıyla ölçülmüştür. Ölçüm için üzümler elle sıkılarak yaklaşık 5 ml taze meyve suyu hazırlanmış, temiz bir kaba aktarılmış ve cihaz kalibre edilmiştir. pH elektrodu, meyve suyuna daldırılarak asitlik seviyesi ölçülmüş ve sonuç cihaz ekranında gösterilmiştir. Doğru sonuçlar için elektrot ölçüm öncesi saf suyla temizlenip kurutulmuş, meyve suyu taze tutulmuş ve ölçüm sonrası elektrot uygun şekilde muhafaza edilmiştir.

2.6.3 Suda Çözünabilir Kuru Madde (SÇKM)

Üzüm meyvesinin suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM), taşınabilir el tipi refraktometre (ATC, BX50) ile ölçülmüştür. Önce üzümler elle sıkılarak yaklaşık 5 ml taze meyve suyu hazırlanmış, temiz bir kaba aktarılmıştır. Refraktometre cihazı temizlendikten sonra prizmaya birkaç damla meyve suyu damlatılmış ve ışık kırılma derecesi ölçülerek SÇKM değeri belirlenmiştir. Ölçüm sonrası cihaz temizlenip saklanmıştır. Bu yöntem, üzümlerin tatlılık ve olgunluk seviyesini belirlemede kullanılmıştır. Aşağıdaki resim Şekil 3.6 bir

refraktometrenin nasıl kullanılacağını göstermektedir.



Fotoğraf 2.6 Refraktometrede ölçülen SÇKM örneği

2.6.4 Titre Edilebilir Asit Miktarı

Bu işlem, üzümlerden taze meyve suyu elde edilmesiyle başlamıştır. Meyveler elle sıkılarak yaklaşık 5 ml üzüm suyu hazırlanmıştır. Elde edilen meyve suyu, ölçümün doğru yapılabilmesi için temiz bir kaba aktarılmış ve herhangi bir yabancı maddeden arındırılmıştır.

Hazırlanan üzüm suyu numunesi, bir titrasyon kabına alınmış ve pH ölçüm cihazı yardımıyla başlangıç pH değeri ölçülmüştür. Titrasyon işlemi sırasında, üzüm suyunun asitliğini nötralize etmek amacıyla, küçük miktarlarda 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi dikkatlice eklenmiştir. Her eklemekten sonra, numunenin pH değeri ölçülmüş ve karışım iyice homojen hale getirilmiştir. Bu işlem, pH değeri 8,1 seviyesine ulaşana kadar tekrarlanmıştır. Bu nokta, numunedeki asitlerin tamamen nötralize edildiğini gösteren eşdeğerlik noktasıdır.

2.7Biyokimyasal Analizler

2.7.1 Toplam Fenolik ve Antioksidan Aktivite Tayinleri

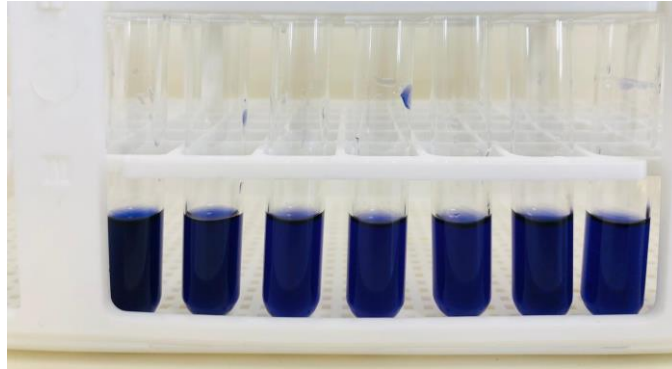
Üzümdeki antosiyaninlerin analizi için 500 mikrolitre taze üzüm suyu örneği kullanılmıştır. Analiz işlemi, 500 mikrolitre meyve suyu örneğinin, 2000 mikrolitre oranında hazırlanmış 1/30/70 (örneğin uygun bir tampon çözeltisi ve çözücülerden oluşan bir karışım) ile karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Karışım

homojen hale getirildikten sonra, numuneler spektrofotometreye yerleştirilmiş ve 540 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, antosiyanin miktarını belirlemek için standart bir referans eğrisi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Fenolik bileşiklerin analizi için, 50 µL meyve suyu, 1600 µL saf su, 50 µL Folin ciocalteu çözeltisi ve 300 µL %7'lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi karıştırılmıştır. Bu karışım hazırlandıktan 2 saat sonra, örneklerin ışık emilimi 760 nm dalga boyunda bir spektrofotometre ile ölçülmüştür. Standart çözeltinin hazırlanmasında ise, 1 mM konsantrasyona sahip gallik asit çözeltileri seri sulandırılmıştır.

2.7.2 FRAP Analizi

FRAP analizi için 40 mikrolitre üzüm suyu örneği, 1500 mikrolitre FRAP reaktifi ile karıştırılarak ölçüm yapılmıştır. FRAP reaktifi; asetat tamponu (pH 3.6), TPTZ çözeltisi ve $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisinden oluşmuş ve 10:1:1 oranında hazırlanmıştır. Karışım homojen hale getirildikten sonra oda sıcaklığında 4-8 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Ardından spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbans ölçümü gerçekleştirilmiş ve ölçüm sonuçları standart eğri kullanılarak değerlendirilmiştir. FRAP reaktifi taze hazırlanmış ve ışıktan korunmuştur. Standart için 2 mM askorbik asit seri sulandırılarak hazırlanmıştır

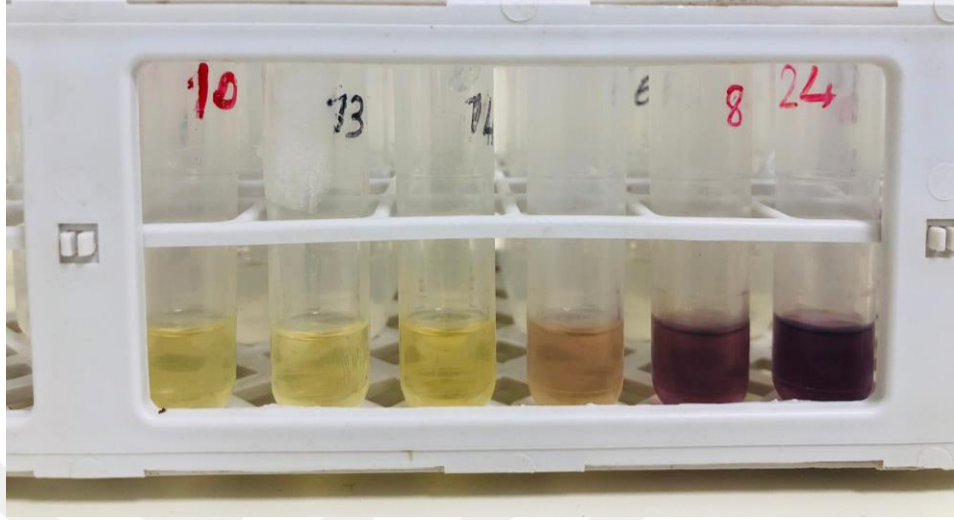


Fotoğraf 2.7 FRAP standartları

2.7.3 DPPH Analizi

Üzümdeki antioksidan aktiviteyi belirlemek için DPPH analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizde, 2 mM askorbik asit seri dilüsyon yöntemiyle standart çözelti olarak hazırlanmıştır. Numune analizi için 100 µL üzüm suyu, 1500 µL etanol ve 500 µL DPPH solüsyonu bir tüpte karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım, homojen hale getirildikten sonra oda sıcaklığında karanlık bir ortamda kısa bir süre inkübasyona

bırakılmıştır. Numunelerin ışık absorpsiyonu, spektrofotometre kullanılarak 517 nm dalga boyunda ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar standart eğriye göre değerlendirilmiştir. Bu yöntem, üzümdeki serbest radikal giderme kapasitesini belirlemek için etkili bir analiz sunmaktadır.



Fotoğraf 2.8 DPPH standartları

2.7.4 Protein Analizi

Üzümdeki genel protein miktarını belirlemek için Bradford analizi yapılmıştır. Bu analizde, standart eğri oluşturmak amacıyla %10 serum albumin seri dilüsyon yöntemiyle hazırlanmıştır. Protein analizi için 100 μ L üzüm suyu örneği, 1500 μ L Bradford reaktifi ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım homojen hale getirildikten sonra oda sıcaklığında kısa bir süre inkübasyona bırakılmıştır. Numunelerin ışık emilimi, spektrofotometre kullanılarak 595 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, standart eğriye göre değerlendirilmiş ve üzümlerdeki toplam protein miktarı belirlenmiştir. Bu yöntem, hızlı ve güvenilir bir şekilde protein analizine olanak sağlamaktadır.

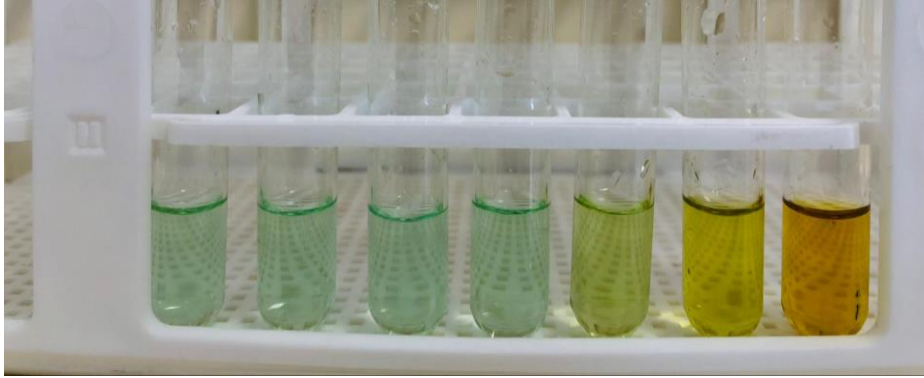
2.7.5 Flavonoid Analizi

Üzümdeki flavonoid miktarını belirlemek için spektrofotometrik bir analiz yapılmıştır. Standart eğri oluşturmak amacıyla 0.2 mM askorbik asit seri dilüsyon yöntemiyle hazırlanmıştır. Flavonoid analizi için 100 μ L üzüm suyu, 100 μ L alüminyum nitrat çözeltisi, 100 μ L sodyum nitrat çözeltisi, 800 μ L sodyum hidroksit çözeltisi ve 1000 μ L etanol bir tüpte karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım homojen hale getirildikten sonra oda sıcaklığında kısa bir süre bekletilmiştir. Numunelerin ışık emilimi, spektrofotometre ile 431 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

Ölçüm sonuçları, standart eğri kullanılarak değerlendirilmiş ve üzümlerdeki flavonoid içeriği hesaplanmıştır. Bu yöntem, üzümlerdeki flavonoid seviyesini hızlı ve hassas bir şekilde analiz etmek için kullanılmıştır.

2.7.6 CUPRAC Analizi

Üzümdeki antioksidan kapasiteyi belirlemek için CUPRAC analizi yapılmıştır. Standart eğri oluşturmak amacıyla 2 mM askorbik asit seri dilüsyon yöntemiyle hazırlanmıştır. CUPRAC analizi için 40 µL üzüm suyu örneği, 1500 µL CUPRAC reaktifi ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım homojen hale getirildikten sonra oda sıcaklığında kısa bir süre bekletilmiştir. Numunelerin ışık Emilimi, spektrofotometre ile 450 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları, standart eğriye göre değerlendirilmiş ve üzümlerdeki toplam antioksidan kapasite hesaplanmıştır. Bu yöntem, üzümlerin antioksidan potansiyelini hızlı ve güvenilir bir şekilde belirlemek için kullanılmıştır.



Fotoğraf 2.9 CUPRAC standartları

2.7.7 ABTS+ İndirgenme Analizi

CEAC analizi sırasında, 100 mikrolitre üzüm suyu örneği, 2000 mikrolitre ABTS çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışım homojen hale getirildikten sonra, spektrofotometre cihazında 760 nm dalga boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, standart eğri kullanılarak değerlendirilmiş ve üzümlerdeki antioksidan kapasite hesaplanmıştır. Bu yöntem, üzümlerin antioksidan özelliklerini hızlı ve hassas bir şekilde analiz etmek için uygulanmıştır.

2.7.8 Toplam Çözünabilir Karbonhidrat Analizi

Üzümdeki karbohidrat miktarını belirlemek için spektrofotometrik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Standart eğri oluşturmak amacıyla askorbik asit referans madde olarak kullanılmıştır. Analiz için, 50 mikrolitre üzüm suyu örneği, 20

mikrolitre fenolftalein ve 1500 mikrolitre konsantre sülfürik asit ile karıştırılmıştır. Karışım homojen hale getirildikten sonra, karbohidratlar ile fenolftalein arasında asidik koşullarda oluşan renkli kompleksin ışık absorpsiyonu, spektrofotometre cihazı kullanılarak 490 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Bu yöntem, oluşan kompleksin absorpsiyon değerinin karbohidrat konsantrasyonu ile doğru orantılı olması prensibine dayanmakta ve üzümlerdeki toplam karbohidrat içeriğini doğru bir şekilde analiz etmeye olanak sağlamaktadır.

2.8Enzim Analizleri

Enzim analizlerine hazırlanması: -80 °C’de muhafaza edilen üzümlerden 1-2 adet üzüm numunesi alınarak tartımları yapılmıştır. Daha sonra analizler için gerekli uygulama, homojenizasyon makinesi ve santrifüj cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Özellikle enzim analizlerinde, enzimin bozulmadan ve zarar görmeden korunabilmesi için meyve suyu örneklerinin mutlaka buz içerisinde saklanması gerektiği önemle vurgulanmalıdır. Bu aşamadan sonra, gerekli ölçümlerin yapılabilmesi için hazırlık sürecine başlanır.

SOD, CAT ve APX Ekstraksiyonu

0.2 g örnek, içerisinde 0.5 mM sodyum EDTA bulunan 2 mL 0.1 M fosfat tamponunda homojenize edilir. Askorbik asidin ekleneceği APX analizi için, hazırlanan fosfat tamponuna 1 mM L-askorbik asit ilave edilir. 0.5 mM sodyum EDTA ve 0.1 M potasyum fosfat içeren çözeltinin hazırlanması için, 0.017 g sodyum EDTA ve 1.42 g sodyum fosfat tartılarak 100 mL’lik bir behere konulur ve son hacim 100 mL’ye tamamlanır. Bu hazırlanan çözeltiliye, APX analizi için 0.035 g L-askorbik asit eklenir.

2.8.1 CAT Analizi

Kimyasalların hazırlanması ve analiz süreci şu şekilde gerçekleştirilmiştir: 50 mM fosfat tamponu (pH 7) hazırlamak için, 0.68 potasyum fosfat tartılarak saf su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Elde edilen tamponun pH’ı 7’ye ayarlanmıştır; eğer pH düşükse sodyum hidroksit, yüksekse hidroklorik asit kullanılarak ayarlama yapılmıştır. %0.036 hidrojen peroksit çözeltisi hazırlamak için, mevcut %35’lik hidrojen peroksitten 100 mikrolitre alınmış ve saf su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan fosfat tamponu ve hidrojen peroksit çözeltisi aynı beherde karıştırılarak reaksiyon karışımı elde edilmiştir.

Analiz sırasında, spektrofotometre cihazı 240 nm dalga boyuna ayarlanmıştır. Reaksiyon karışımından 3 mL alınarak kuvars küvete konmuş ve spektrofotometreye yerleştirilmiştir. Daha sonra, küvete 100 mikrolitre örnek ekstraktı eklenmiş ve küvetin kapağı kapatılmıştır. İlk ölçüm yapılarak sıfırcı saniyedeki en yüksek absorbans değeri kaydedilmiştir. Ardından, 60 saniye beklenmiş ve ekranda görülen absorbans değeri ikinci ölçüm olarak not edilmiştir. Aynı işlem diğer örnekler için de tekrarlanmıştır.

2.8.2 SOD Analizi

SOD aktivitesinin analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz için 3 mL reaksiyon karışımı hazırlanmış ve aşağıdaki bileşenler eklenmiştir: 13.33 mM metionin, 75 µM nitroblue tetrazolyum (NBT), 0.1 mM EDTA, 50 mM fosfat tamponu (pH 7.8), 50 mM sodyum karbonat ve 0.1 mL enzim ekstraktı. Reaksiyonu başlatmak için 2 mM riboflavin çözeltisinden 0.1 mL eklenmiş ve tüpler 15 dakika boyunca ışık altında bekletilmiştir. Absorbans değerleri, spektrofotometre ile 560 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

Hesaplama

SOD aktivitesi, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{SOD aktivitesi} = (A_{\text{kör}} - A_{\text{okuma}}) / A_{\text{kör}} \times \text{Okunan Cözelti Hacmi} / \text{Ornek Hacmi} \times \text{Sulandırma Faktörü}$$

Bu formülde:

- Akor, kontrol numunesine ait absorbans değerini,
- Aokuma, okunan örnek absorbans değerini,
- Okunan çözelti hacmi, ölçümde kullanılan toplam çözeltinin hacmini,
- Örnek hacmi, deney sırasında kullanılan örnek miktarını,
- Sulandırma faktörü, örneğin sulandırılma oranını ifade etmektedir.

Tüm ölçümler, deney koşullarına uygun bir şekilde yapılmış olup, birimler arasında tutarlılık sağlanmıştır. Formül, SOD aktivitesinin doğru bir şekilde hesaplanması için uygun bir yapıdadır.

Reaksiyon karışımı hazırlığı:

100 mL reaksiyon karışımı hazırlamak için şu miktarlar kullanılmıştır:

- 0.199 g L-metionin

- 0.0061 g nitroblue tetrazolyum
- 0.00336 g EDTA
- 0.71 g sodyum fosfat
- 0.535 g sodyum karbonat

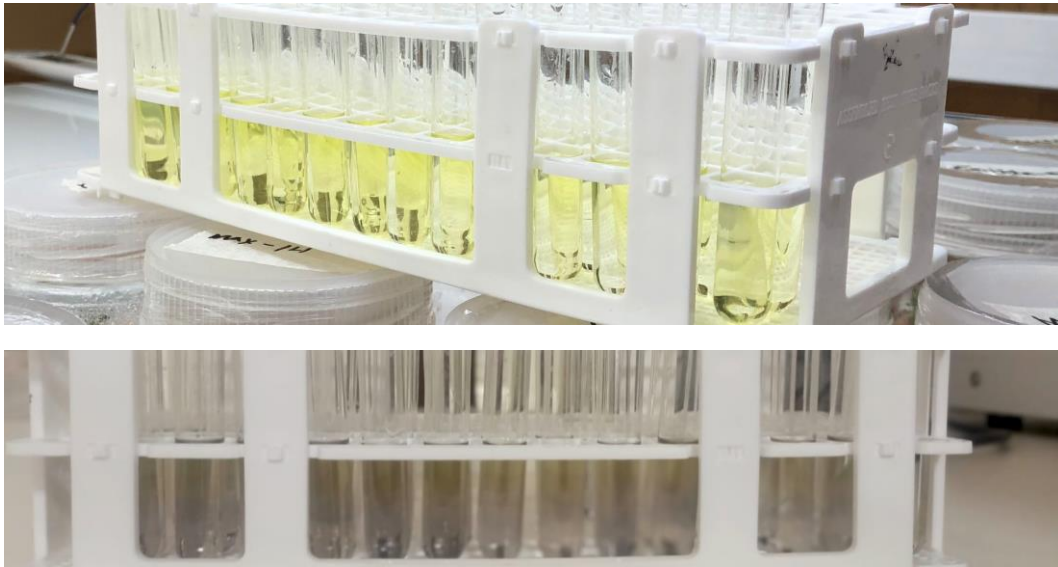
Tüm maddeler bir behere tartılarak konulmuş ve saf su eklenerek hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır. Ayrıca, 2 mM riboflavin çözeltisi hazırlamak için 0.075 g riboflavin, 100 mL saf su içerisinde çözülmüştür.

Stok çözelti hazırlığı:

Tartılacak miktarların hassasiyeti nedeniyle, stok çözeltiler 100 katı alınarak hazırlanmıştır. Bunun için gerekli miktarların 100 katı bir behere tartılmış ve hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır. Stok çözeltilerinden 1 mL alınarak reaksiyon karışımı hazırlanacak behere eklenmiş ve diğer maddeler ile tamamlanmıştır. Son olarak, hacim 100 mL'ye tamamlanarak reaksiyon karışımı elde edilmiştir.

Analiz uygulaması:

Analiz sırasında, 2.9 mL reaksiyon karışımına 0.1 mL enzim ekstraktı eklenmiş ve vortex ile karıştırılmıştır. Daha sonra, karışıma 0.1 mL riboflavin eklenmiş ve tekrar vortexlenmiştir. Hazırlanan tüpler, 15 dakika boyunca ışık altında bekletilmiş ve ardından absorbans değerleri ölçülmüştür. Işık kaynağı olarak bir iklim odası kullanılmıştır.

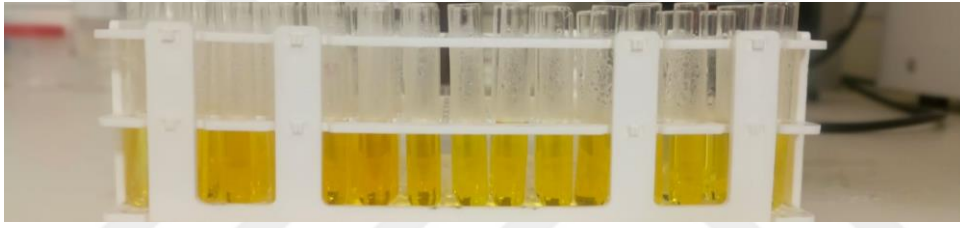


Fotoğraf 2.10 SOD analizi için hazırlanmış örneklerin ışıktan tutulmadan (üst resim) ve ışıktan bekletildikten sonraki görünüşleri

2.8.3 MDA Analizi

MDA analizi için 1 gram örneğe 3 mL %10'luk trikloroasetik asit (TCA) içerisinde çözülmüş %0.6 TBA eklenir ve karıştırılarak homojen bir karışım elde edilir. %10 TCA içerisinde %0.6 TBA hazırlanması için, 25 gram TCA, 250 mL'lik bir behere konularak üzerine 100 mL saf su eklenir. Ardından, 1.5 gram TBA, 50 mL'lik bir behere sıcak saf su ile çözülür ve bu çözüm, TCA'nın üzerine eklenir. Beherin son hacmi 250 mL'ye tamamlanır. Daha sonra, hazırlanan tüpler su banyosuna konularak 100 °C'de 15 dakika bekletilir. İnkübasyon süresinin ardından, tüpler su banyosundan çıkarılıp hızlı bir şekilde buz içinde soğutulur. Soğuduktan sonra, örnekler 5000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilir. Santrifüjleme işleminden sonra süpernatant kısmı alınır ve ölçümler 450 nm, 532 nm ve 600 nm dalga boylarında gerçekleştirilir. Sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

$$\text{MDA } (\mu\text{mol/g/FW}) = 6.45 \times (532 \text{ nm} - 600 \text{ nm}) - (0.56 \times 450 \text{ nm})$$



Fotoğraf 2.11 MDA analizi için hazırlanmış örneklerin inkübasyon sonrası görüntüsü

Örnek, %0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi kullanılarak ekstrakte edilir. %0.1 TCA hazırlamak için, 1 gram TCA 1 litre saf suda çözülür.

Ekstrakttan 0.5 mL alınarak üzerine 0.5 mL 100 mM potasyum fosfat tamponu ve 2 mL 0.1 M potasyum iyodür (KI) eklenir. 100 mM potasyum fosfat çözelti hazırlamak için, 1.36 gram potasyum fosfat son hacmi 100 mL olan bir behere çözülür. Aynı şekilde, 0.1 M KI çözeltisi hazırlamak için 1.66 gram KI, son hacmi 100 mL olacak şekilde saf su ile çözülür. Standart eğrisi oluşturmak için farklı derişimlerde (100 µM'dan seri sulandırılarak) H₂O₂ eğrisi kullanılır. Hedeflenen miktarları elde etmek için, %35'lik sıvı hidrojen peroksitten 100 mL 1 mM stok çözeltisi hazırlanır. Bu stok çözeltisini hazırlamak için 10 µL %35'lik sıvı hidrojen peroksit 100 mL su içerisinde çözülür. Ardından, 100 µL stok çözeltisi pipetle alınıp 5 mL'lik deney tüpüne konularak üzerine 900 µL saf su eklenerek 100 µM hidrojen peroksit çözeltisi elde edilir. Bu çözeltiden 500 µL alınıp yanındaki tüpe aktarılır, üzerine 500 µL su eklenerek seri sulandırma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem toplam yedi veya sekiz tüpe kadar tekrarlanır. Karışım, 1 saat boyunca

karanlık bir ortamda bekletilir. Bekletme süresinin ardından, absorbands 390 nm dalga boyunda ölçülür.

2.8.4 H₂O₂ Analizi

İlk olarak, örnekler %0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi ile ekstrakte edilmiştir. Bu çözeltinin hazırlanması için 1 gram TCA, 1 litre saf suda çözülmüştür. Elde edilen ekstraktan 0,5 mL alınmış ve üzerine 0,5 mL 100 mM potasyum fosfat tamponu ile 2 mL 0,1 M potasyum iyodür (KI) eklenmiştir.

Standart eğri oluşturulması amacıyla, farklı derişimlerde hidrojen peroksit (H₂O₂) çözeltileri hazırlanmıştır. %35'lik sıvı H₂O₂'den 100 mL 1 mM stok çözeltisi, 10 µL H₂O₂'nin 100 mL saf suda çözülmesiyle elde edilmiştir. Bu stok çözeltisinden alınan 100 µL, 5 mL'lik bir tüpe konmuş, üzerine 900 µL saf su eklenerek 100 µM H₂O₂ çözeltisi hazırlanmıştır. Ardından, seri sulandırma işlemi uygulanarak toplam yedi-sekiz farklı derişimde çözelti elde edilmiştir.

Karışımlar, karanlık bir ortamda 1 saat bekletilmiş ve ardından absorbands değerleri 390 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

3. BULGULAR

3.1 Ağırlık Kaybı Analizi

Ağırlık kaybı üzerine uygulamaların ve depo uygulama interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunurken ($p>0.05$), depo süresinin önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir ($p\leq 0.001$). Uygulamalar arasında en düşük ağırlık kaybı ortalama %2.49 ile putresin + nanogümüş kombinasyonundan elde edilirken, en yüksek ağırlık kaybı kontrolde (%3.42) olmuştur. Depolama süresi ağırlık bakımından incelendiğinde, ağırlık kaybının zaman arttıkça arttığı ve 21. Günde %4.78'ye ulaştığı belirlenmiştir. Ağırlık kaybı üzerine uygulamaların zamana göre etkileri incelendiğinde en yüksek ağırlık kaybının kontrol grubunun 21. gün ölçümlerinde (%6.26) olduğu görülmüştür. Putresinin yalnız ve gümüőle uygulanması 21. günde kontrole göre önemli derecede ağırlık kaybını azaltmıştır (Tablo 3.1)

3.2 Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (SÇKM)

SÇKM değerleri açısından depo süresinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$); depo süresi boyunca SÇKM değerlerinin genel olarak sabit kaldığı ve önemli bir değişim göstermediğı gözlemlenmiştir. Başlangıçta %15.53 olarak kaydedilen SÇKM değeri, 21. günde de benzer bir seviyede (%15.53) devam etmiştir. Uygulamalar arasında SÇKM değerleri açısından da anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p> 0.05$); tüm uygulamalarda SÇKM değerleri %15.11 ile %15.77 arasında sınırlı bir değişim göstermiştir. Ayrıca, depo süresi ile uygulamalar arasındaki etkileşimlerin SÇKM değerine etkisi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p> 0.05$), (Tablo 3.1).

3.3 Ph

Depo süresinin ph üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p\leq 0,001$); başlangıçta pH değeri 3.76 iken, depo süresi boyunca dalgalı bir seyir göstermiştir ve 21. günde pH 3.56'ya düşerek en düşük seviyesine ulaşmıştır. Uygulamalar arasında ise pH üzerinde anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p > 0.05$), ancak kontrol grubunda en yüksek pH değeri 3.68 olarak kaydedilirken, en düşük pH değeri putresin uygulamasında 3.58 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşim pH üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmıştır ($p \leq 0.01$); kontrol grubunun başlangıç gününde en yüksek pH

değeri 3.76 olarak ölçülürken, putresin uygulamasının 21. gününde en düşük pH değeri 3.22 olarak gözlemlenmiştir, (Tablo 3.1)

3.4 Titre Edilebilir Asit Miktarı (TA)

Toplam Asitlik (TA) değerleri, depo süresinin ilerlemesiyle istatistiksel olarak önemli değişiklikler göstermiştir ($p \leq 0.001$); başlangıçta 7.22 g/L olarak kaydedilen TA değeri, 14. günde minimum 5.30 g/L'ye düşmüş, ardından 21. günde 5.93 g/L değerine ulaşmıştır. Bu süre zarfında asitlikte genel bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Uygulamalar arasında TA değerleri açısından ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$), ancak kontrol uygulamasında TA değeri 6.41 g/L ile diğer uygulamalara göre biraz daha yüksek gözlenmiştir. Ayrıca, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşim TA üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmuştur ($p \leq 0.05$); en düşük TA değeri kontrol uygulamasının 14. gününde 3.90 g/L olarak ölçülürken, en yüksek TA değeri başlangıç gününde tüm uygulamalarda benzer şekilde 7.22 g/L olarak belirlenmiştir, (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Seben Siyahı üzümünde putresin, nano gümüş ve kombine uygulamaların hasat sonrası genel kalite özelliklerine etkileri

Depo süresi	Ağırlık kaybı (%)	SCKM (%)	pH	TA (g/L)
0	0.00 ± 0.00 c	15.53 ± 0.12 a	3.76 ± 0.03 a	7.22 ± 0.06 a
7	2.90 ± 0.22 b	15.51 ± 0.29 a	3.62 ± 0.06 ab	6.73 ± 0.27 ab
14	3.68 ± 0.42 b	15.27 ± 0.35 a	3.69 ± 0.04 ab	5.30 ± 0.49 c
21	4.87 ± 0.34 a	15.53 ± 0.24 a	3.56 ± 0.09 b	5.93 ± 0.38 bc
Uygulama				
Kontrol	3.42 ± 0.69 a	15.77 ± 0.27 a	3.68 ± 0.05 a	6.41 ± 0.51 a
Putresin	2.78 ± 0.64 a	15.11 ± 0.31 a	3.58 ± 0.09 a	6.06 ± 0.36 a
AgNP	2.76 ± 0.56 a	15.31 ± 0.22 a	3.68 ± 0.03 a	6.56 ± 0.36 a
AgNP +PUT	2.49 ± 0.51 a	15.63 ± 0.19 a	3.67 ± 0.06 a	6.16 ± 0.36 a
Uygulama x Gün				
Kontrol, 7	3.29 ± 0.31 bcd	16.40 ± 0.75 a	3.75 ± 0.03 a	7.11 ± 0.83 a
Kontrol, 14	4.12 ± 0.16 bc	15.33 ± 0.62 ab	3.69 ± 0.09 a	3.90 ± 0.35 c
Kontrol, 21	6.26 ± 0.59 a	15.83 ± 0.55 ab	3.54 ± 0.16 ab	7.40 ± 0.82 a
Putresin, 7	3.05 ± 0.20 cd	14.90 ± 0.42 ab	3.69 ± 0.10 a	6.40 ± 0.56 a
Putresin, 14	3.85 ± 1.86 bcd	14.53 ± 1.12 b	3.66 ± 0.08 a	4.60 ± 0.85 bc
Putresin, 21	4.21 ± 0.31 bc	15.50 ± 0.50 ab	3.22 ± 0.22 c	6.00 ± 0.17 ab
AgNP, 7	2.92 ± 0.37 cd	15.10 ± 0.55 ab	3.67 ± 0.04 a	6.80 ± 0.36 a
AgNP, 14	3.28 ± 0.25 bcd	15.47 ± 0.32 ab	3.63 ± 0.07 ab	6.50 ± 1.30 a
AgNP, 21	4.84 ± 0.76 ab	15.17 ± 0.71 ab	3.66 ± 0.03 a	5.71 ± 0.61 ab
AgNP +PUT 7	2.34 ± 0.77 d	15.63 ± 0.29 ab	3.37 ± 0.12 bc	6.60 ± 0.62 a
AgNP +PUT 14	3.46 ± 0.29 bcd	15.73 ± 0.73 ab	3.75 ± 0.07 a	6.20 ± 0.66 ab
AgNP +PUT 21	4.17 ± 0.39 bc	15.63 ± 0.32 ab	3.82 ± 0.05 a	4.60 ± 0.26 bc
ANOVA				
Depo süresi	48,26***	0,22öd	3,00*	8,06***
Uygulama	1,74öd	1,17öd	1,02öd	0,59öd
Uygulama x depo süresi	0,60öd	0,48öd	3,05**	2,60*

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle ifade edilen değerler arasında anlamlı farklılık vardır ($p \leq 0.05$). öd: önemli değil, *, **, *** sırasıyla $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ derecesinde önemi belirtmektedir.

3.5 L* Değeri

Depo süresinin L değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.001$); başlangıçta 20.81 olan L değeri, depolama süresi boyunca azalarak 21. günde 17.60'a düşmüştür. Bu durum, parlaklığın depolama süresince azaldığını göstermektedir. Uygulamalar arasında L değeri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$), ancak putresin uygulamasında en yüksek L değeri 19.04 olarak kaydedilirken, kontrol grubunda en düşük değer 18.32 olarak ölçülmüştür. Ayrıca, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşimler L değeri üzerinde anlamlı bir değişim yaratmamıştır ($p > 0.05$); bununla birlikte, kontrol grubunun başlangıç gününde en yüksek L değeri 20.81 olarak gözlemlenmiştir (Tablo 3.2).

3.6 a* Değeri

Depo süresinin a değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.001$); başlangıçta 6.77 olan a değeri, depo süresi boyunca azalarak 21. günde 5.01'e düşmüştür. Bu durum, kırmızı rengin yoğunluğunda bir azalma olduğunu göstermektedir. Uygulamalar arasında a değeri açısından anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p > 0.05$), ancak putresin uygulaması, 5.68 ile daha yüksek bir a değeri sergileyerek dikkat çekmiştir. Ayrıca, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşimlerin a değeri üzerinde anlamlı bir uç göstermediği ($p > 0.05$) belirlenmiş olup, en yüksek a değeri kontrol grubunun başlangıç gününde 6.77 olarak kaydedilmiştir. (Tablo 3.2)

3.7 b* Değeri

Depo süresinin b değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$); depo süresi boyunca b değerlerinde hafif dalgalanmalar gözlemlenmiş olup, başlangıç değeri 6.35 ile 21. gün değeri 6.33 arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Uygulamalar arasında b değeri açısından da anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$), ancak putresin uygulamasında b değerinin diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu (7.11) kaydedilmiştir. Ayrıca, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşimlerin b değeri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p > 0.05$) .(Tablo 3.2)

3.8 Chroma Değeri

Depo süresinin chroma değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p \leq 0.001$); başlangıçta 10.66 olan chroma değeri, depolama süresi boyunca azalarak 21. günde 8.05 olarak ölçülmüştür. Bu durum, renk yoğunluğunda bir düşüş yaşandığını göstermektedir. Uygulamalar arasında chroma değeri açısından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$), ancak putresin uygulaması en yüksek chroma değerine 9.54 ile sahip olmuştur. Ayrıca, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşimlerin chroma değeri üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır ($p > 0.05$) (Tablo 3.2).

3.9 Hue Değeri

Depo süresinin hue açısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$); başlangıçta 53.75 olan hue değeri, depo süresi boyunca hafif bir azalma göstererek 21. günde 50.70 olarak ölçülmüştür. Uygulamalar arasında da hue değeri açısından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$), ancak putresin uygulaması 53.23 değeri ile en yüksek hue değerine sahip olmuştur. Ayrıca, depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşimlerin hue değeri üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır ($p > 0.05$) (Tablo 3.2).

Tablo 3.2 Uygulama ve depolama süresine göre renk değerlerindeki değişimler.

Depo süresi	L	a*	b*	Chroma	Hue°
0	20.81 ± 0.31 a	6.77 ± 0.05 a	6.35 ± 0.09 a	10.66 ± 0.08 a	53.75 ± 0.22 a
7	18.01 ± 0.53 b	5.40 ± 0.18 b	6.90 ± 0.41 a	8.42 ± 0.52 b	51.17 ± 1.68 a
14	17.49 ± 0.32 b	5.16 ± 0.22 b	6.55 ± 0.37 a	8.47 ± 0.36 b	50.84 ± 1.55 a
21	17.60 ± 0.40 b	5.01 ± 0.16 b	6.33 ± 0.44 a	8.05 ± 0.41 b	50.70 ± 1.85 a
Uygulama					
Kontrol	18.32 ± 0.56 a	5.87 ± 0.26 a	6.46 ± 0.30 a	9.21 ± 0.39 a	50.21 ± 1.47 a
Putresin	19.04 ± 0.57 a	5.68 ± 0.22 a	7.11 ± 0.44 a	9.54 ± 0.36 a	53.23 ± 1.90 a
AgNP	18.34 ± 0.53 a	5.41 ± 0.27 a	6.43 ± 0.29 a	8.37 ± 0.57 a	51.91 ± 1.10 a
AgNP +put	18.20 ± 0.59 a	5.39 ± 0.29 a	6.14 ± 0.33 a	8.48 ± 0.52 a	51.11 ± 1.36 a
Uygulama x Gün					
Kontrol 7	18.75 ± 0.74 abc	6.05 ± 0.43 ab	7.41 ± 0.66 a	9.66 ± 0.47 ab	50.27 ± 3.80 a
Kontrol 14	17.02 ± 0.70 bc	5.69 ± 0.62 bc	6.65 ± 0.48 a	9.12 ± 0.39 abc	49.62 ± 3.70 a
Kontrol 21	16.70 ± 0.29 c	4.96 ± 0.16 cde	5.43 ± 0.49 a	7.40 ± 0.37 c	47.20 ± 2.81 a
Putresin 7	19.09 ± 1.61 ab	5.23 ± 0.28 bcde	7.17 ± 1.35 a	8.99 ± 1.03 abc	52.60 ± 5.66 a
Putresin 14	18.19 ± 0.80 bc	5.55 ± 0.28 bcd	7.48 ± 0.87 a	9.37 ± 0.56 abc	52.66 ± 4.48 a
Putresin 21	18.09 ± 0.96 bc	5.15 ± 0.20 cde	7.43 ± 1.11 a	9.13 ± 0.78 abc	53.93 ± 5.14 a
AgNP 7	17.67 ± 0.71 bc	5.46 ± 0.23 bcd	7.30 ± 0.68 a	7.52 ± 1.69 c	52.24 ± 3.46 a
AgNP 14	17.89 ± 0.37 bc	4.90 ± 0.09 cde	6.19 ± 0.24 a	7.90 ± 0.18 bc	49.95 ± 0.85 a
AgNP 21	16.99 ± 0.88 bc	4.50 ± 0.24 e	5.86 ± 0.86 a	7.41 ± 0.77 c	51.69 ± 3.17 a
AgNP +put 7	16.54 ± 0.70 c	4.85 ± 0.08 de	5.70 ± 0.23 a	7.49 ± 0.23 c	49.57 ± 0.69 a
AgNP +put 14	16.87 ± 0.55 bc	4.52 ± 0.37 e	5.89 ± 1.08 a	7.49 ± 1.06 c	51.11 ± 3.98 a
AgNP+put 21	18.60 ± 0.73 abc	5.42 ± 0.44 bcd	6.61 ± 0.96 a	8.28 ± 1.15 bc	49.99 ± 4.37 a
ANOVA					
Depo süresi	15,66***	32,01***	0,53öd	10,5***	0,76öd
Uygulama	0,92öd	2,60öd	1,29öd	2,37öd	0,61öd
Uygulama x depo süresi	1,04öd	2,03öd	0,79öd	0,88öd	0,17öd

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle ifade edilen değerler arasında anlamlı farklılık vardır ($p \leq 0.05$). öd: önemli değil, *** $p \leq 0.001$ derecesinde önemi belirtmektedir.

3.10 TEAC Değeri

Depo süresi ve uygulamalar incelendiğinde, CEAC değerinin depo süresi boyunca anlamlı değişiklikler gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). 0. günde TEAC değeri 7.88 mM olarak ölçülmüştür. Depo süresi ilerledikçe TEAC değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiştir. 7. günde bu değer 9.55 mM'ye yükselmiş, 14. günde TEAC değeri 10.73 mM ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Ancak 21. günde, TEAC değerinde hafif bir düşüş gözlemlenerek 10.18 mM seviyesine gerilemiştir. Uygulamalar açısından incelendiğinde, AgNP (50 ppm) uygulaması en yüksek TEAC değerini (10.80 mM) sağlamıştır. Buna karşılık, AgNP+PUT uygulaması 8.12 mM ile en düşük TEAC değerine sahip olmuştur. Depo süresi ve uygulama etkileşimlerine bakıldığında, en yüksek TEAC değeri 12.85 mM ile AgNP (50 ppm) uygulamasının 21. gününde en düşük değeri 7.62 mM ile AgNP+PUT uygulamasının 21 gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.3)

3.11 CUPRAC Değeri

CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) değerleri depo süresi'uygualama ve depo suresi x uygulama etkilesimi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde CUPRAC değeri 45.17 mM olarak ölçülmüştür. 7. günde, CUPRAC değeri 53.40 mM'ye yükselmiştir, 14. günde, değer hafif bir düşüşle 52.24 mM olarak ölçülmüştür. Ancak 21. günde, CUPRAC değeri tekrar artış göstererek 56.12 mM ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Uygulama bazında incelendiğinde, Kontrol grubu 60.23 mM ile en yüksek CUPRAC değerini göstermiştir. Buna karşılık, AgNP+PUT uygulaması 45.66 mM ile en düşük değeri göstermiştir. Depo süresi ve uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek CUPRAC değeri 73.98 mM ile kontrol uygulamasının 14. gününde, en düşük değeri 35.78 mM ile AgNP (50ppm) uygulamasının 14. gununded elde edilmiştir. (Tablo 3.3).

3.12 DPPH (%)

DPPH% (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil radikal süpürme aktivitesi) değerleri depo süresi, uygulama ve depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde, DPPH% değeri 16.82 olarak ölçülmüştür. 7. günde, DPPH% değeri 26.49'a yükselmiştir. 14. günde, değer 28.38 olarak ölçülmüştür. 21. günde, DPPH% değeri en yüksek seviyesine ulaşarak 30.88 olarak

kaydedilmiştir. Uygulama bazında incelendiğinde, kontrol grubu DPPH% açısından en yüksek değeri AgNP 26,40 göstermiştir. Buna karşılık, PUT uygulaması DPPH% açısından en düşük değeri 24,77 göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek DPPH% değeri 31.77 ile AgNP uygulamasının 21. gününde, en düşük değer ise 16.82 ile Kontrol uygulamasının 0. gününde elde edilmiştir. (Tablo 33.3).

3.13 FRAP Değeri

FRAP (Ferrik İyon Redükleme Kapasitesi) değerleri depo süresi, uygulama ve depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde, FraP değeri 3.14 mM olarak ölçülmüştür. 7. günde, FraP değeri belirgin bir artış göstererek 47.12 mM'ye yükselmiştir. 14. günde, değer hafif bir düşüşle 43.86 mM olarak kaydedilmiştir. 21. günde, FRAP değeri tekrar artış göstererek 47.62 mM ile en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Uygulama bazında incelendiğinde, kontrol grubu FraP açısından en yüksek değeri PUT 41.24 mM ile göstermiştir. Buna karşılık, AgNP uygulaması FraP açısından en düşük değeri 28,08 mM ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek FraP değeri 64.83 mM ile kontrol uygulamasının 14. gününde, en düşük değer ise 3.14 mM ile kontrol uygulamasının 0. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Uygulama ve depolama süresine göre kimyasal değerlerindeki değişimler.

Depo süresi (Gün)	CEAC (mM)	CUPRAC (mM)	DPPH %	FRAP (mM)	
0	7.88 ± 0.93 b	45.17 ± 2.34 b	16.82 ± 3.15 c	3.14 ± 0.87 b	
7	9.55 ± 2.09 a	53.40 ± 9.66 ab	26.49 ± 3.12 b	47.12 ± 9.38 a	
14	10.73 ± 2.44 a	52.24 ± 15.80 ab	28.38 ± 2.47 b	43.86 ± 15.60 a	
21	10.18 ± 2.17 a	56.12 ± 7.42 a	30.88 ± 2.26 a	47.62 ± 6.16 a	
Uygulama					
AgNP	10.80 ± 2.66 a	46.99 ± 8.46 bc	26.40 ± 6.44 a	28.08 ± 17.12 a	
AgNP+put	8.12 ± 0.78 b	45.66 ± 4.69 c	25.42 ± 5.76 a	31.30 ± 17.54 a	
Kontrol	9.42 ± 2.19 ab	60.23 ± 11.62 a	25.96 ± 6.24 a	41.12 ± 24.31 a	
Putresin	9.99 ± 2.05 a	54.06 ± 9.83 ab	24.77 ± 6.27 a	41.24 ± 23.55 a	
Uygulama x Depo süresi					
Kontrol	7	9.05 ± 0.96 cdef	59.09 ± 6.81 b	27.40 ± 2.25 abc	49.40 ± 4.32 cd
	14	10.65 ± 3.96 abcde	73.98 ± 7.02 a	29.37 ± 4.15 ab	64.82 ± 2.76 a
	21	10.12 ± 1.30 abcdef	62.69 ± 2.07 b	30.27 ± 2.17 ab	47.11 ± 7.83 cde
AgNP	7	10.91 ± 4.17 abcd	53.82 ± 6.86 bcd	28.93 ± 1.00 ab	35.66 ± 5.21 f
	14	11.57 ± 0.46 abc	35.78 ± 3.23 f	28.10 ± 0.87 ab	26.20 ± 1.38 g
	21	12.85 ± 0.45 a	53.19 ± 2.72 bcde	31.77 ± 4.22 a	47.33 ± 1.14 cde
Putresin	7	9.57 ± 0.96 bcdef	54.03 ± 16.55 bcd	22.97 ± 4.05 c	58.68 ± 4.37 ab
	14	12.37 ± 1.57 ab	55.77 ± 6.71 bc	27.67 ± 1.80 abc	50.19 ± 1.88 cd
	21	10.13 ± 1.77 abcdef	61.27 ± 2.18 b	31.63 ± 0.32 a	52.96 ± 8.25 bc
AgNP+put	7	8.65 ± 0.54 def	46.67 ± 5.38 cde	26.67 ± 1.53 bc	44.72 ± 2.36 de
	14	8.35 ± 0.78 def	43.46 ± 4.23 ef	28.37 ± 3.15 ab	34.25 ± 0.96 f
	21	7.62 ± 0.50 f	47.34 ± 7.31 cde	29.83 ± 1.10 ab	43.08 ± 2.00 e
ANOVA					
Gün	6.03**	6.75**	53.99***	401.22***	
Uygulama	5.01**	14.17***	0.71öd	39.33***	
Uygulama*gün	1.15öd	4.47***	0.7öd	15.78***	

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle ifade edilen değerler arasında anlamlı farklılık vardır ($p \leq 0.05$). öd: önemli değil, ** ve *** sırasıyla $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ derecesinde önemi belirtmektedir.

3.14 Protein (%)

Protein (%) değerleri depo süresi ve depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 0. günde, protein değeri 0.89% olarak ölçülmüştür. 7. günde, protein değeri hafif bir artışla 0.96% olmuştur. 14. günde, değer belirgin bir artış göstererek 1.26% olarak kaydedilmiştir. 21. günde, protein değeri en yüksek seviyeye ulaşarak 2.21% olarak ölçülmüştür. Uygulama bazında incelendiğinde, AgNP grubu protein açısından en yüksek değeri 1.38% ile göstermiştir. Buna karşılık, AgNP+PUT uygulaması protein açısından en düşük değeri 1.26% ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek protein değeri 2.58% ile AgNP uygulamasının 21. gününde, en düşük değer ise 0.86% ile AgNP+PUT uygulamasının 7. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.4).

3.15 Toplam Antosiyanin (mg/L)

Toplam antosiyanin (Toplam Antioksidan Kapasite, mg/L) değerleri depo süresi, uygulama ve depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde, topAnt değeri 62.34 mg/L olarak ölçölmüştür. 7. günde, topAnt değeri belirgin bir düşüşle 34.48 mg/L olmuştur. 14. günde, değer hafif bir azalma ile 31.28 mg/L olarak kaydedilmiştir. 21. günde, topAnt değeri 31.38 mg/L ile stabil bir seyir izlemiştir. Uygulama bazında incelendiğinde, AgNP+PUT grubu topAnt açısından en yüksek değeri 48,85mg/L ile göstermiştir. Buna karşılık, PUT uygulaması topAnt açısından en düşük değeri 35,62mg/L ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek topAnt değeri 62.34 mg/L ile kontrol uygulamasının 0. gününde, en düşük değer ise 20.79 mg/L ile PUT uygulamasının 21. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.4).

3.16 Toplam Fenolik (mg/g)

Toplam Fenolik (Toplam Fenolik İçerik, mg/g) değerleri depo süresi, uygulama ve depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemsiz bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde, topfen değeri 0.89 mg/g olarak ölçölmüştür. 7. günde, topfen değeri hafif bir artışla 0.98 mg/g olmuştur. 14. günde, değer en yüksek seviyesine ulaşarak 0.99 mg/g olarak kaydedilmiştir. 21. günde, topfen değeri hafif bir düşüşle 0.98 mg/g olarak ölçölmüştür. Uygulama bazında incelendiğinde, kontrol grubu topfen açısından en yüksek değeri 1.3 mg/g ile göstermiştir. Buna karşılık, AgNP uygulaması topfen açısından en düşük değeri 0.94 mg/g ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek topfen değeri 1.13 mg/g ile kontrol uygulamasının 7. gününde, en düşük değer ise 0.82 mg/g ile AgNP uygulamasının 7. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.4).

3.17 Toplam Flavonoid (mM)

Toplam flavonoid değerleri depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Toplam flavonoid değeri 0. günde 0.22 mM olarak ölçölmüştür. 7. günde, topflav değeri hafif bir artışla 0.23 mM olmuştur. 14. günde, değer en yüksek seviyesine ulaşarak 0.26 mM olarak kaydedilmiştir. 21. günde, flavonoid değeri hafif bir düşüşle 0.23 mM olarak ölçölmüştür. Uygulama bazında incelendiğinde, kontrol grubu flavonoid açısından en yüksek değeri 0.24 mM ile göstermiştir. Buna karşılık, AgNP+PUT uygulaması flavonoid açısından en düşük değeri 0.23 mM ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en

yüksek flavonoid değeri 0.31 mM ile AgNP+PUT uygulamasının 14. gününde, en düşük değer ise 0.20 mM ile kontrol uygulamasının 21. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Uygulama ve depolama süresine göre toplam içeriklerdeki değişimler.

Depo süresi (Gün)	Protein (%)	Antosiyanin (mg/L)	Fenolik (mg/g)	Flavonoid (mM)	
0	0.89 ± 0.25 c	62.34 ± 2.36 a	0.89 ± 0.03 a	0.22 ± 0.01 b	
7	0.96 ± 0.17 c	34.48 ± 10.56 b	0.98 ± 0.22 a	0.23 ± 0.04 b	
14	1.26 ± 0.36 b	31.28 ± 5.16 b	0.99 ± 0.20 a	0.26 ± 0.05 a	
21	2.21 ± 0.36 a	31.38 ± 11.64 b	0.98 ± 0.18 a	0.23 ± 0.04 ab	
Uygulama					
AgNP	1.38 ± 0.75 a	37.33 ± 15.77 ab	0.94 ± 0.21 a	0.24 ± 0.02 a	
AgNP+put	1.26 ± 0.52 a	48.85 ± 10.56 a	0.89 ± 0.10 a	0.24 ± 0.05 a	
Kontrol	1.37 ± 0.49 a	37.68 ± 15.92 ab	1.03 ± 0.20 a	0.23 ± 0.05 a	
Putresin	1.30 ± 0.70 a	35.62 ± 16.95 b	0.98 ± 0.15 a	0.23 ± 0.03 a	
Uygulama x Depo süresi					
Kontrol	7	1.04 ± 0.26 de	34.91 ± 3.39 c	1.13 ± 0.14 a	0,22 ± 0,01 bcd
	14	1.66 ± 0.27 bc	29.39 ± 7.24 cdef	1.06 ± 0.23 ab	0,27 ± 0,08 ab
	21	1.88 ± 0.23 b	24.09 ± 4.35 fg	1.03 ± 0.31 ab	0,20 ± 0,06 d
AgNP	7	1.03 ± 0.15 de	25.91 ± 4.54 efg	0.82 ± 0.23 b	0,23 ± 0,03 bcd
	14	1.03 ± 0.21 de	27.23 ± 2.24 defg	1.03 ± 0.34 ab	0,25 ± 0,02 bcd
	21	2.58 ± 0.13 a	33.83 ± 5.40 cd	1.01 ± 0.16 ab	0,25 ± 0,01 bcd
Putresin	7	0.90 ± 0.13 e	26.92 ± 3.11 defg	1.07 ± 0.25 ab	0,26 ± 0,03 abc
	14	0.99 ± 0.16 de	32.43 ± 4.56 cde	0.97 ± 0.12 ab	0,21 ± 0,02 cd
	21	2.43 ± 0.23 a	20.79 ± 3.40 g	1.01 ± 0.14 ab	0,24 ± 0,02 bcd
AgNP+put	7	0.86 ± 0.08 e	50.19 ± 2.34 b	0.89 ± 0.16 ab	0,20 ± 0,05 d
	14	1.35 ± 0.37 cd	36.06 ± 1.36 c	0.90 ± 0.06 ab	0,31 ± 0,02 a
	21	1.95 ± 0.24 b	46.81 ± 8.45 b	0.88 ± 0.16 ab	0,25 ± 0,05 bcd
ANOVA					
Gün	76.33***	150.57***	0.83öd	2,67öd	
Uygulama	0.65öd	24.34***	1.33öd	0,42öd	
Uygulama*gün	3.62**	7.22***	0.54öd	2,37*	

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle ifade edilen değerler arasında anlamlı farklılık vardır ($p \leq 0.05$). öd: önemli değil, *, ** ve *** sırasıyla $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ ve $p \leq 0.001$ derecesinde önemi belirtmektedir.

3.18 CAT Değeri

CAT değerleri depo süresi etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 0. günde CAT değeri 2.50 μM olarak ölçülmüştür. 7. günde, değer 1.19 μM 'ye düşmüştür. 14. günde, hafif bir artış ile 1.65 μM olarak ölçülmüştür. 21. günde, CAT değeri 1.08 μM ile en düşük seviyeye gerilemiştir. Uygulama bazında incelendiğinde, uygulamalar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Ancak en yüksek CAT değeri AgNP+put uygulamasında (1.88 μM) ölçülmüştür. Kontrol grubu, 1.40 μM ile en düşük değer göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimleri açısından en yüksek CAT değeri AgNP (2.50 μM) uygulamasının 0. gününde, en düşük değer ise PUT(0.63 μM) uygulamasının 7. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.5).

3.19 SOD Aktivitesi

SOD (%) değerleri depo süresi, uygulama ve depo süresi x uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde SOD değeri 4.71% olarak ölçölmüştür. 7. günde, değer önemli bir artışla 7.76%'ya yükselmiştir. 14. günde, bu değer hafif bir artışla 7.92% olarak ölçölmüştür. 21. günde ise SOD değeri 7.05 seviyesine hafif bir düşüş göstermiştir. Uygulama bazında incelendiğinde, putresin uygulaması 7.96% ile en yüksek SOD değerini göstermiştir. Buna karşılık, AgNP uygulaması 6.07% ile en düşük SOD değerini göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek SOD değeri putresin uygulamasının 7. gününde (9.33%), en düşük SOD değeri 0. gününde (4.71%) elde edilmiştir. (Tablo 3.5).

3.20 H₂O₂ Aktivitesi

H₂O₂ değerleri depo süresi etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde, H₂O₂ değeri 5.92 μ M olarak ölçölmüştür. 7. günde, H₂O₂ değeri belirgin bir artış göstererek 8.54 μ M'ye yükselmiştir. 14. günde, değer hafif bir düşüşle 7.23 μ M olarak kaydedilmiştir. 21. günde, H₂O₂ değeri 6.00 μ M olarak ölçölmüştür. Uygulama bazında incelendiğinde, kontrol grubu H₂O₂ açısından en yüksek değeri 7.31 μ M ile göstermiştir. Buna karşılık, PUT uygulaması H₂O₂ açısından en düşük değeri 674 μ M ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek H₂O₂ değeri 9.47 μ M ile kontrol uygulamasının 7. gününde, en düşük değer ise 5.27 μ M ile AgNP (50 ppm) uygulamasının 21. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.5).

3.21 MDA Değeri

MDA değerleri depo süresi, uygulama etkileşimi açısından önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 0. günde, MDA değeri 0.18 μ M/g olarak ölçölmüştür. 7. günde, MDA değeri belirgin bir artış göstererek 0.38 μ M/g olmuştur. 14. günde, değer hafif bir düşüşle 0.32 μ M/g olarak kaydedilmiştir. 21. günde, MDA değeri 0.27 μ M/g olarak ölçölmüştür. Uygulama bazında incelendiğinde, kontrol grubu MDA açısından en yüksek değeri 0.34 μ M/g ile göstermiştir. Buna karşılık, AgNP uygulaması MDA açısından en düşük değeri 0.22 μ M/g ile göstermiştir. Depo süresi x uygulama etkileşimlerinde ise, en yüksek MDA değeri 0.44 μ M/g ile kontrol uygulamasının 7. gününde, en düşük değer ise 0.16 μ M/g ile AgNP uygulamasının 21. gününde elde edilmiştir. (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Uygulama ve depolama süresine göre enzimler değerlerindeki değişimler.

Depo süresi (Gün)	CAT (mM)	H ₂ O ₂ (μM)	MDA (mM/g)	SOD (%)	
0	2.50 ± 0.13 a	5.92 ± 0.32 c	0.18 ± 0.01 c	4.71 ± 0.69 b	
7	1.19 ± 0.82 b	8.54 ± 1.05 a	0.38 ± 0.09 a	7.76 ± 1.54 a	
14	1.65 ± 1.26 b	7.23 ± 0.68 b	0.32 ± 0.13 ab	7.92 ± 1.38 a	
21	1.08 ± 1.40 b	6.00 ± 0.73 c	0.27 ± 0.13 b	7.05 ± 1.29 a	
Uygulama					
AgNP	1.38 ± 1.40 a	6.77 ± 1.53 a	0.22 ± 0.13 b	6.07 ± 1.07 b	
AgNP+put	1.88 ± 0.92 a	6.87 ± 1.13 a	0.28 ± 0.08 ab	6.70 ± 1.76 ab	
Kontrol	1.40 ± 0.77 a	7.31 ± 1.56 a	0.34 ± 0.14 a	6.72 ± 1.75 ab	
Putresin	1.76 ± 1.42 a	6.74 ± 0.93 a	0.31 ± 0.11 ab	7.96 ± 2.07 a	
Uygulama x Depo süresi					
Kontrol	7	1.40 ± 0.38 a-d	9.47 ± 0.75 a	0.44 ± 0.14 a	6.51 ± 0.30 c
	14	0.83 ± 0.59 bcd	7.55 ± 0.73 bc	0.44 ± 0.10 a	8.88 ± 1.24 a
	21	0.88 ± 0.18 bcd	6.31 ± 0.84 d-g	0.30 ± 0.03 a-e	6.80 ± 1.18 c
AgNP	7	0.62 ± 0.16 cd	8.81 ± 0.63 a	0.33 ± 0.06 abc	6.69 ± 0.92 c
	14	2.07 ± 2.34 abc	7.07 ± 0.77 cde	0.21 ± 0.19 cde	6.73 ± 0.58 c
	21	0.32 ± 0.17 d	5.27 ± 0.99 g	0.16 ± 0.14 e	6.16 ± 0.66 cd
Putresin	7	0.63 ± 0.40 cd	7.38 ± 1.26 cd	0.38 ± 0.06 ab	9.33 ± 0.85 a
	14	1.40 ± 0.80 a-d	7.48 ± 0.29 bc	0.32 ± 0.04 a-d	9.09 ± 0.39 a
	21	2.50 ± 2.55 a	6.19 ± 0.34 efg	0.36 ± 0.17 abc	8.71 ± 0.80 a
AgNP+put	7	2.11 ± 1.04 abc	8.50 ± 0.36 ab	0.36 ± 0.06 abc	8.52 ± 1.68 ab
	14	2.28 ± 0.53 ab	6.81 ± 0.87 c-f	0.31 ± 0.06 a-e	7.01 ± 1.27 bc
	21	0.64 ± 0.22 cd	6.24 ± 0.14 efg	0.28 ± 0.07 b-e	6.55 ± 0.95 c
ANOVA					
Gün	5.4**	41.51***	10.13***	29.92***	
Uygulama	0.84öd	1.93öd	3.54*	8.53***	
Uygulama*gün	1.76öd	1.92öd	0.87öd	2.52*	

Aynı sütun içerisinde farklı harflerle ifade edilen değerler arasında anlamlı farklılık vardır (p≤0.05).
öd: önemli değil, *, ** ve *** sırasıyla p≤0.05, p≤0.01 ve p≤0.001 derecesinde önemi belirtmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bizim çalışmamızda elde edilen ağırlık kaybı sonuçları, literatürde yer alan birçok önceki çalışma ile paralellik göstermektedir. Örneğin, Hanifa ve arkadaşlarının (2020) yaptığı çalışmada, 2 mM putresin uygulamasının papaya meyvesindeki ağırlık kaybını kontrol grubuna kıyasla 2.9 kat daha düşük seviyede tuttuğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, aynı çalışmada 1.5% kitin ve 2 mM putresin uygulamalarının 10 ve 20 günlük depolama süresi boyunca en düşük ağırlık kaybını sağladığı ifade edilmiştir. Bizim çalışmamızda da ağırlık kaybı üzerine uygulamaların ve depo uygulama interaksiyonunun etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$). Ancak, depo süresinin önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir ($p\leq 0,001$). Uygulamalar arasında, en düşük ağırlık kaybı ortalama %2,49 ile putresin + nanogümüş kombinasyonundan elde edilirken, en yüksek ağırlık kaybı kontrol grubunda (%3,42) gözlemlenmiştir. Depolama süresinin etkisi incelendiğinde, ağırlık kaybının zamanla arttığı ve 21. günde %4,78'e ulaştığı belirlenmiştir. Özellikle, kontrol grubunun 21. gün ölçümlerinde %6,26 ile en yüksek ağırlık kaybını gösterdiği, buna karşın putresin ve nanogümüş uygulamalarının bu kaybı anlamlı derecede azalttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, literatürde Davarynejad ve arkadaşlarının (2013) Santa Rosa eriklerinde putresin ve salisilik asit uygulamalarıyla ağırlık kaybını azaltmada elde ettikleri bulgularla uyumludur. Buna ek olarak, Hassan ve arkadaşlarının (2014) çalışmasında, AgNP (gümüş nanoparçacık) uygulamasının güllerin relative taze ağırlık (RFW) değerlerini korumada etkili olduğu ve kontrol grubuna kıyasla daha iyi sonuçlar sağladığı belirtilmiştir. Aynı şekilde, Jiangsu Eyaleti'nde yapılan bir araştırmada (2019/2020), balmumu ve 100 ppm nanosilver karışımının taze ağırlık kaybını en fazla azaltan uygulama olduğu ifade edilmiştir. Bu bulgular da bizim çalışmamızdaki putresin ve nanogümüş kombinasyonunun etkisiyle uyum içerisindedir. Ayrıca, Gudadhe ve arkadaşlarının (2013) agar-gümüş nanoparçacıklarından (A-AgNp) yapılan kaplamanın, meyvelerde ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığını rapor etmeleri, çalışmamızda nanogümüşün ağırlık kaybını azaltmadaki etkisiyle benzerlik göstermektedir. Çalışmamızda, putresin ve nanogümüş kombinasyonu, hem depolama süresince ağırlık kaybını kontrol altında

tutmuş hem de kontrol grubuna göre daha düşük seviyelerde ağırlık kaybı sağlamıştır. Sonuç olarak, çalışmamızda elde edilen bulgular, putresin ve nanogümüş uygulamalarının meyve ağırlık kaybını azaltmada etkili olduğunu ve literatürdeki önceki çalışmalarla tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, çalışmamızın sonuçlarının güvenilirliğini ve mevcut literatüre katkısını pekiştirmektedir.

Çalışmamızda, SÇKM değerlerinin depo süresi boyunca genel olarak sabit kaldığı ve uygulamalar arasında anlamlı bir fark görülmediği belirtilmiştir. Başlangıçta %15,53 olarak ölçülen SÇKM değerinin 21. gün sonunda aynı seviyede devam etmesi, uygulamaların SÇKM üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, Davarynejad vd. (2013) tarafından yapılan çalışmayla uyumluluk göstermektedir; Santa Rosa eriklerinde putresin ve salisilik asit uygulamaları sırasında SÇKM değerlerinde depo süresi boyunca önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Benzer şekilde, Hanifa vd. (2020), papaya meyvelerinde uygulamaların toplam çözünür katı madde içeriklerini (TSS) sabit tutma eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, Taş vd. (2022) tarafından yapılan kivi meyvesi çalışmasında da farklı putresin dozlarının SÇKM üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğu ve depo süresi boyunca SÇKM değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği rapor edilmiştir. Bu bulgular, çalışmamızdaki sonuçları destekler niteliktedir. Benzer şekilde, Kibar vd. (2021) tarafından şeftali meyvesinde yapılan çalışmada, putresin uygulamalarının SÇKM üzerinde önemli bir etkisi olmadığı, ancak depo süresinin belirli bir seviyede bu değeri korumaya yardımcı olduğu belirtilmiştir. SÇKM değerlerinizin depo süresi boyunca sabit kalması ve uygulamalar arasında anlamlı bir fark bulunmaması, bu parametrenin çalışmamızda uygulanan yöntemlere karşı duyarsız olduğunu göstermektedir. Literatürdeki benzer bulgularla uyumlu olarak, SÇKM'nin depo süresi boyunca büyük değişiklikler göstermediği ve bu parametrenin uygulama farklılıklarından etkilenmediği görülmektedir. Bu durum, SÇKM'nin meyve kalite ölçütü olarak depo süresi ve uygulamalardan bağımsız, genellikle sabit bir değer olduğunu bir kez daha doğrulamaktadır.

Çalışmamızda, depo süresinin pH değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu ($p \leq 0.001$) ve depo süresi boyunca pH değerinin dalgalı bir seyir izleyerek 21. günde 3.56'ya düşerek en düşük seviyeye ulaştığı görülmüştür. Uygulamalar arasında anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen ($p >$

0.05), depo süresi ve uygulamalar arasındaki etkileşim pH üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmıştır ($p \leq 0.01$). Özellikle putresin uygulamasının 21. gününde pH 3.22'ye kadar düşmüştür. Bu sonuçlar, Davarynejad vd. (2013) tarafından yapılan Santa Rosa eriklerinde pH değerinin depo süresi boyunca düştüğünü ve putresin ile salisilik asit uygulamalarının bu değişimi kontrol altına almayı başardığını belirten bulgularla uyum göstermektedir. Aynı şekilde, Hanifa vd. (2020) tarafından yapılan papaya çalışmasında depo süresince pH değerinin azaldığı ve bu azalmada uygulamaların sınırlı bir etkisinin olduğu rapor edilmiştir. Kibar vd. (2021) tarafından şeftali meyvelerinde yapılan bir başka çalışmada, depo süresi boyunca pH değerinde dalgalanmalar gözlemlenmiş ve özellikle putresin uygulamalarının pH değerindeki düşüşü kısmen sınırlandırdığı belirtilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde, putresin uygulamasının pH üzerinde en düşük değerleri oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca, Taş vd. (2022), kivi meyvesinde depo süresi boyunca pH değerinde bir düşüş gözlemlenmiş, ancak uygulamaların bu azalmayı belirgin şekilde etkilemediğini belirtmiştir. Bu bulgu, çalışmamızda uygulamalar arasında anlamlı bir fark olmamasıyla örtüşmektedir. Son olarak, Shahat vd. (2020) çalışmasında, gümüş nanoparçacıklarının meyve pH değerlerini korumada sınırlı bir etkisinin olduğu ve depo süresi boyunca pH değerlerinin düşüş eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmamızda kontrol grubunun başlangıçtaki yüksek pH değerinin (3.76) depo süresince düştüğü ve putresin uygulamasının 21. gün sonunda en düşük değere (3.22) ulaştığı sonucu, bu bulgularla da desteklenmektedir. Depo süresi boyunca pH değerinin düşmesi, meyve olgunlaşması ve depo koşullarında mikrobiyal aktivitelerin etkisiyle ilişkilendirilebilir. Putresin uygulamasının pH üzerindeki en düşük değeri oluşturması, bu uygulamanın depo süresi boyunca meyve olgunlaşma ve bozulma süreçlerini etkilediğini göstermektedir. Bu durum, önceki çalışmalarla paralellik göstermekte ve putresin gibi biyolojik uygulamaların depo koşullarındaki pH değişiklikleri üzerindeki etkisini bir kez daha doğrulamaktadır.

Çalışmamızda toplam asitlik (TA) değerlerinin depo süresi boyunca anlamlı bir şekilde değişiklik gösterdiği ($p \leq 0.001$) ve asitlikte genel bir azalma eğiliminin olduğu görülmüştür. Başlangıçta 7.22 g/L olarak ölçülen TA değeri, depo süresi ilerledikçe azalarak 14. günde 5.30 g/L'ye kadar düşmüş, ardından 21. günde 5.93 g/L seviyesine yükselmiştir. Bununla birlikte, uygulamalar arasında TA değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte ($p > 0.05$), depo

süresi ile uygulamalar arasındaki etkileşim anlamlı bir farklılık yaratmıştır ($p \leq 0.05$). Özellikle kontrol grubunun 14. gününde en düşük TA değerine (3.90 g/L) ulaşması, uygulama etkilerinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, literatürdeki birçok çalışmayla uyum göstermektedir. Davarynejad vd. (2013) tarafından Santa Rosa eriklerinde yapılan bir çalışmada, toplam asitlik değerlerinin depo süresi boyunca düştüğü ve bu azalmanın meyve olgunlaşma sürecine bağlı olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, Hanifa vd. (2020) papaya meyvelerinde toplam asitlikte belirgin bir azalma gözlemlenmiş ve bu değişimin depo süresince organik asitlerin solunum sırasında metabolize edilmesiyle ilişkili olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızdaki TA değerlerindeki azalma eğilimi bu bulgularla tutarlıdır. Ayrıca, Kibar vd. (2021) tarafından şeftali meyvesinde yapılan araştırmada, depo süresi boyunca toplam asitlik seviyelerinin azaldığı ve uygulamaların bu azalma üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu belirtilmiştir. Bu bulgu, çalışmamızdaki uygulamaların TA üzerinde belirgin bir etki yaratmadığını ancak depo süresi ilerledikçe genel bir azalma eğiliminin gözlemlendiğini desteklemektedir. Kivi meyvesi üzerinde yapılan bir başka çalışmada, Taş vd. (2022) toplam asitlik seviyelerinde depo süresi boyunca önemli bir azalma rapor etmiş ve farklı putresin konsantrasyonlarının bu süreci yalnızca kısmen kontrol edebildiğini bildirmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde, depo süresi boyunca TA seviyelerinde azalma gözlemlenmiş ancak uygulamalar bu azalmayı sınırlamakta yeterince etkili olmamıştır. Shahat vd. (2020) ise gümüş nanoparçacıklarının toplam asitlik değerlerini koruma potansiyelinin sınırlı olduğunu, ancak depo süresi boyunca bu değişimi yavaşlatabildiğini belirtmiştir. Çalışmamızda nanogümüş ve putresin kombinasyonunun TA üzerindeki etkisinin düşük olduğu sonucu bu bulgularla paralellik göstermektedir. Üzüm meyvesi üzerinde yapılan bir araştırmada, Khalid Noori vd. (2024), putresin ve spermidin uygulamalarının toplam asitlik değerlerini korumada sınırlı bir etkisinin olduğunu ve asitlikteki azalmanın depo süresiyle bağlantılı olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmamızdaki bulgular bu çalışma ile örtüşmekte ve depo süresinin TA değerlerini etkileyen ana faktör olduğunu göstermektedir. Ek olarak, Gudadhe vd. (2013) antimikrobiyal kaplamaların organik asitlerin korunmasında sınırlı bir etkisi olduğunu ve depo süresi boyunca asitlik seviyelerinde kaçınılmaz bir azalma yaşandığını bildirmiştir. Çalışmamızda gözlemlenen TA değerlerindeki azalma, bu bulgularla uyum içerisindedir. Son olarak, Omole vd. (2018), muz meyvelerinde depo süresi boyunca toplam asitlik

değerlerinin azaldığını ve bu azalmanın mikrobiyal aktiviteler ve olgunlaşma süreçleriyle bağlantılı olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda toplam asitlik değerlerindeki azalma eğilimi benzer şekilde mikrobiyal ve biyokimyasal süreçlerle ilişkilendirilebilir. Genel olarak, çalışmamızın sonuçları, toplam asitlik değerlerindeki azalma eğiliminin depo süresiyle ilişkili olduğunu ve uygulamaların bu süreci sınırlama potansiyelinin sınırlı kaldığını göstermektedir. Literatürdeki diğer çalışmalarla uyumlu olarak, organik asitlerin metabolize edilmesiyle birlikte asitlik seviyelerindeki azalma, depo süresi boyunca doğal bir süreç olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, çalışmamızın bulgularını desteklemekte ve depo süresi ile uygulamaların toplam asitlik üzerindeki etkisini daha iyi anlamamıza katkı sağlamaktadır.

Çalışmamızda depo süresinin meyve parlaklığını ifade eden L değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu ($p \leq 0.001$) ve bu değer in başlangıçta 20.81 olarak kaydedildiği, depo süresi ilerledikçe azalarak 21. günde 17.60 seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Bu durum, depo süresi boyunca meyve parlaklığında genel bir azalma eğiliminin olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, uygulamalar arasında L değeri açısından anlamlı bir fark bulunmamış ($p > 0.05$), ancak putresin uygulamasının en yüksek L değerini (19.04) sağladığı ve kontrol grubunun en düşük parlaklık değerine (18.32) sahip olduğu tespit edilmiştir. Depo süresi ile uygulamalar arasındaki etkileşimler ise L değerinde anlamlı bir değişim yaratmamıştır ($p > 0.05$). Bu sonuçlar, literatürdeki birçok çalışma ile uyum göstermektedir. Hanifa vd. (2020) tarafından papaya meyvesinde yapılan bir çalışmada depo süresi boyunca L değerinde bir düşüş olduğu ve parlaklığın azalmasının, depo koşullarında meyve kabuğunda meydana gelen oksidatif değişikliklere bağlı olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, Davarynejad vd. (2013) çalışmasında Santa Rosa eriklerinin depo süresi boyunca parlaklık kaybı yaşadığı, bu durumun mikrobiyal büyüme ve yüzey nem kaybıyla ilişkilendirilebileceği ifade edilmiştir. Çalışmamızda parlaklık kaybının, bu çalışmalarda belirtildiği gibi, depo koşullarına bağlı olarak meydana gelen biyokimyasal ve mikrobiyal değişimlerle ilişkilendirildiği değerlendirilebilir. Shahat vd. (2020), gümüş nanoparçacıklarının kayısı meyvelerinde parlaklık değerlerini koruma üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ve depo süresi boyunca L değerinde belirgin bir düşüş yaşandığını rapor etmiştir. Çalışmamızda nanogümüş ve putresin kombinasyonunun parlaklık kaybını yalnızca sınırlı ölçüde azaltabilmesi bu bulgularla paralellik göstermektedir. Benzer

şekilde, Taş vd. (2022) tarafından kivi meyvelerinde yapılan çalışmada, depo süresi boyunca L değerinde bir azalma gözlemlenmiş ve putresin uygulamalarının bu kaybı kısmen sınırladığı ifade edilmiştir. Çalışmamızda putresin uygulamasının en yüksek L değerini sağlaması, bu bulguları desteklemektedir. Kibar vd. (2021) tarafından şeftali meyvesinde yapılan bir çalışmada depo süresi boyunca L değerinin düştüğü, bu durumun su kaybı ve kabuk rengindeki değişikliklerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde, Esfandiari vd. (2020) guava fidanlarında parlaklık kaybını rapor etmiş ve bunun oksidatif stres ve pigmentasyon değişiklikleriyle bağlantılı olabileceğini açıklamıştır. Çalışmamızda L değerindeki azalmanın da benzer mekanizmalarla açıklanabileceği düşünülmektedir. Khalid Noori vd. (2024), Şahrudi üzümünde putresin ve spermidin uygulamalarının parlaklığı kısmen koruduğunu, ancak depo süresi ilerledikçe parlaklık kaybının kaçınılmaz olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde, depo süresi boyunca parlaklık kaybı kaçınılmaz bir süreç olarak gözlenmiş ve uygulamaların bu süreci yalnızca sınırlı ölçüde etkileyebildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, çalışmamızda L değerindeki azalma, literatürdeki mevcut çalışmalarla büyük ölçüde örtüşmektedir. Meyve parlaklığındaki kaybın depo süresiyle ilişkilendirilmesi ve uygulamaların bu kaybı tamamen engelleyememesi, bu değişimlerin doğal süreçlerin bir sonucu olduğunu göstermektedir. Putresin ve nanogümüş uygulamalarının L değerini kısmen koruma potansiyeli, bu tür biyoteknolojik yaklaşımların meyve kalitesini artırmadaki rolünü bir kez daha vurgulamaktadır.

Çalışmamızda depo süresinin a değeri (kırmızı rengin yoğunluğu) üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu ($p \leq 0.001$) ve başlangıçta 6.77 olan bu değer depo süresi boyunca azalarak 21. günde 5.01 seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Bu sonuç, depo süresi boyunca meyve yüzeyindeki kırmızı renk yoğunluğunda bir azalma olduğunu göstermektedir. Uygulamalar arasında a değeri açısından anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen ($p > 0.05$), putresin uygulamasının 5.68 ile diğer uygulamalardan daha yüksek bir a değeri sergilediği görülmüştür. Depo süresi ile uygulamalar arasındaki etkileşimlerin ise a değeri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı ($p > 0.05$) kaydedilmiştir. Bu bulgular, literatürdeki birçok çalışmayla paralellik göstermektedir. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde depo süresi boyunca kırmızı rengin yoğunluğunda azalma gözlemlenmiş ve bu durumun meyve kabuğundaki antosiyaninlerin oksidasyonu ile ilişkilendirilebileceğini ifade

etmiştir. Benzer şekilde, Davarynejad vd. (2013) çalışmasında Santa Rosa eriklerinin depo süresi boyunca a değerinde düşüş olduğunu, bu durumun meyve olgunlaşması ve depolama sırasında pigment kaybına bağlı olarak geliştiğini belirtmiştir. Çalışmamızda gözlemlenen a değerindeki azalma eğilimi, bu mekanizmalarla açıklanabilir. Shahat vd. (2020), gümüş nanoparçacıklarının kayısı meyvesinde depo süresi boyunca kırmızı renk pigmentlerini koruma konusunda sınırlı bir etkisinin olduğunu ve a değerinde azalma gözlemlendiğini rapor etmiştir. Çalışmamızda nanogümüş ve putresin kombinasyonunun kırmızı renk kaybını tamamen engelleyememesi, bu bulgularla uyumludur. Kivi meyvesi üzerinde yapılan bir başka çalışmada, Taş vd. (2022), depo süresi boyunca a değerinde belirgin bir azalma olduğunu ve putresin uygulamalarının bu kaybı yalnızca kısmen sınırlayabildiğini ifade etmiştir. Çalışmamızdaki putresin uygulamasının daha yüksek bir a değeri sergilemesi, bu bulguları desteklemektedir. Kibar vd. (2021), şeftali meyvesinde depo süresi boyunca kırmızı renk yoğunluğunda azalma olduğunu ve bu durumun meyve yüzeyindeki oksidatif değişimlere ve pigment kaybına bağlı olduğunu belirtmiştir. Aynı şekilde, Esfandiari vd. (2020) guava fidanlarında a değerindeki azalmanın depo süresi boyunca meydana gelen biyokimyasal değişimlerden kaynaklandığını açıklamıştır. Çalışmamızda a değerindeki azalmanın benzer mekanizmalarla ilişkili olduğu değerlendirilebilir. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin ve spermidin uygulamalarının a değerini kısmen koruduğunu, ancak depo süresi ilerledikçe kırmızı renk yoğunluğunun doğal bir şekilde azaldığını belirtmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde, putresin uygulamasının kırmızı rengin yoğunluğunu kısmen koruduğu, ancak depo süresi boyunca bu kaybın kaçınılmaz olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, çalışmamızın sonuçları literatürdeki mevcut çalışmalarla uyum içerisindedir. Depo süresi boyunca kırmızı renk pigmentlerinin azalması, meyve kabuğundaki oksidatif ve biyokimyasal değişimlerle ilişkilendirilebilir. Putresin uygulamasının a değerini kısmen koruma potansiyeli, bu tür biyolojik uygulamaların meyve kalitesini artırma üzerindeki sınırlı etkisini ortaya koymaktadır. Ancak, kırmızı rengin kaybının depo süresi boyunca kaçınılmaz olduğu, mevcut çalışmalarda da vurgulanmış ve bu durum çalışmamızın sonuçlarıyla tutarlılık göstermektedir.

Çalışmamızda, depo süresinin b değeri (sarı rengin yoğunluğu) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı ve depo süresi boyunca yalnızca

hafif dalgalanmalar gözlemlendiği belirlenmiştir. Bu bulgular, literatürdeki birçok çalışma ile uyum içerisindedir. Davarynejad vd. (2013), Santa Rosa eriklerinde b değerinin depo süresi boyunca belirgin bir değişiklik göstermediğini ve sarı rengin stabil bir pigment yapısına sahip olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde b değerindeki değişimlerin minimum seviyede olduğunu ve pigmentasyonun stabilitesini koruduğunu rapor etmiştir. Shahat vd. (2020), gümüş nanoparçacıklarının kayısı meyvesindeki sarı pigmentleri koruma potansiyelinin sınırlı olduğunu ve depo süresi boyunca b değerinin büyük ölçüde sabit kaldığını ifade etmiştir. Çalışmamızdaki benzer bulgular, nanogümüş ve putresin uygulamalarının b değeri üzerindeki sınırlı etkisini desteklemektedir. Aynı şekilde, Kibar vd. (2021) şeftali meyvesinde b değerinin depo süresi boyunca değişmediğini ve bunun meyve yüzeyindeki pigmentlerin oksidasyona dirençli yapısından kaynaklanabileceğini vurgulamıştır. Taş vd. (2022) tarafından kivi meyvelerinde yapılan bir başka çalışmada da b değerinde depo süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu bulgular, depo süresi boyunca sarı rengin korunmasının literatürde yaygın bir bulgu olduğunu göstermektedir. Ek olarak, Khalid Noori vd. (2024), Şahrudi üzümünde putresin ve spermidin uygulamalarının b değerini koruma üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu, ancak uygulamaların bu değeri bir miktar artırabildiğini belirtmiştir. Çalışmamızdaki sonuçlar, depo süresi boyunca b değerinde büyük değişiklikler olmamasını ve sarı rengin yoğunluğunun korunduğunu göstermektedir. Bu durum, meyve pigmentlerinin depo koşullarına karşı nispeten dirençli olduğunu ve uygulamaların bu süreci yalnızca kısmen etkileyebildiğini ortaya koymaktadır. Literatürdeki benzer çalışmalar, bu stabiliteyi desteklemekte ve depo süresinin sarı renk pigmentleri üzerindeki etkisinin minimum seviyede olduğunu bir kez daha doğrulamaktadır.

Çalışmamızda, depo süresinin chroma değeri (renk yoğunluğu) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu ve depo süresi boyunca renk yoğunluğunda belirgin bir azalma yaşandığı görülmüştür. Bu bulgular, literatürdeki mevcut çalışmalarla büyük ölçüde uyum göstermektedir. Örneğin, Davarynejad vd. (2013), Santa Rosa eriklerinde depo süresi boyunca chroma değerindeki azalmanın pigment kaybına ve oksidatif değişimlere bağlı olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde depo süresi boyunca azalan renk yoğunluğunu, meyve kabuğundaki antosiyanin ve karotenoid pigmentlerinin

bozulmasıyla ilişkilendirmiştir. Shahat vd. (2020) tarafından kayısı meyvesinde yapılan çalışmada, gümüş nanoparçacıklarının chroma değerini koruma üzerindeki etkisinin sınırlı olduğu ve depo süresi boyunca renk kaybının kaçınılmaz olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızdaki nanogümüş ve putresin kombinasyonunun renk yoğunluğunu kısmen koruyabilmesi, bu bulgularla paralellik göstermektedir. Ayrıca, Taş vd. (2022) kivi meyvelerinde putresin uygulamalarının renk kaybını yavaşlatabildiğini, ancak depo süresi boyunca azalmanın tamamen engellenemediğini ifade etmiştir. Bunun yanı sıra, Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin ve spermidin uygulamalarının renk yoğunluğunu kısmen koruma potansiyelini gösterdiğini, ancak depo süresi ilerledikçe azalma eğiliminin sürdüğünü rapor etmiştir. Çalışmamızdaki putresin uygulamasının en yüksek chroma değerini sağlaması, bu çalışmayla uyumlu bir bulgu olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak, çalışmamızın bulguları, depo süresi boyunca renk yoğunluğundaki azalmanın kaçınılmaz bir süreç olduğunu ve bu durumun depo koşullarına bağlı pigment kayıplarıyla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürdeki çalışmalar, putresin ve nanogümüş uygulamalarının renk yoğunluğunu kısmen koruma potansiyeline sahip olduğunu, ancak depo süresinin etkisini tamamen ortadan kaldıramadığını doğrulamaktadır. Bu durum, çalışmamızın sonuçlarını destekleyen önemli bir bulgu niteliğindedir.

Çalışmamızda, depo süresinin hue açısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı, ancak depo süresi boyunca hue değerinde hafif bir azalma gözlemlendiği belirlenmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalar, bu bulgularla uyum göstermektedir. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde hue açısının depo süresi boyunca genellikle stabil kaldığını, ancak pigment kayıplarına bağlı olarak hafif değişiklikler olabileceğini rapor etmiştir. Davarynejad vd. (2013) ise Santa Rosa eriklerinde hue değerinin depo koşulları altında büyük ölçüde korunduğunu ifade etmiştir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvelerinde gümüş nanoparçacıklarıyla yapılan uygulamaların hue açısını koruma üzerinde sınırlı etkisi olduğunu ve depo süresi boyunca bu değerin yalnızca hafif azalmalar gösterebileceğini belirtmiştir. Çalışmamızdaki putresin uygulamasının hue açısını kısmen koruyabilmesi, bu bulgularla örtüşmektedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde putresin uygulamalarının hue değerini koruma potansiyeline sahip olduğunu, ancak depo süresi boyunca hue açısında hafif bir azalma yaşandığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde hue açısının depo süresi

boyunca stabil kalma eğilimi gösterdiğini ve uygulamaların bu parametre üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ifade etmiştir. Sonuç olarak, çalışmamızın sonuçları, depo süresi boyunca hue açısında hafif bir değişim gözlenirse de bu parametrenin genel olarak stabil kaldığını ve uygulamaların bu değeri kısmen koruma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Literatürdeki mevcut çalışmalar, hue açısının pigment stabilitesinin bir göstergesi olduğunu ve depo süresinin bu parametre üzerindeki etkilerinin genellikle sınırlı olduğunu doğrulamaktadır. Bu durum, çalışmamızın bulgularını desteklemekte ve uygulamaların meyve renk kalitesini koruma potansiyelini vurgulamaktadır.

Çalışmamızda depo süresinin TEAC değerinde anlamlı bir artış sağladığı ve bu artışın depo süresi ilerledikçe belirginleştiği görülmüştür. Literatürde, Hanifa vd. (2020) ve Davarynejad vd. (2013) gibi çalışmalarda, antioksidan kapasitenin depo koşullarında artmasının, fenolik bileşiklerin aktivasyonu ve serbest radikal temizleme kapasitelerinin yükselmesiyle bağlantılı olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte, depo süresinin ilerlemesiyle azalma eğilimi gösteren TEAC değerleri, fenolik bileşiklerin tükenmesi ve oksidatif stresin etkisiyle açıklanabilir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvesinde gümüş nanoparçacıklarının depo süresi boyunca fenolik bileşiklerin stabilitesini artırdığını ve antioksidan kapasiteyi desteklediğini belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP (50 ppm) uygulamasının en yüksek TEAC değerini sağlaması, bu bulgularla uyumludur. Ayrıca, Khalid Noori vd. (2024) Şahroudi üzümünde, putresin ve spermidin uygulamalarının antioksidan kapasiteyi koruma potansiyelinin uygulama dozuna bağlı olduğunu rapor etmiş; bu durum, çalışmamızda AgNP+PUT kombinasyonunun düşük TEAC değerine sahip olmasını desteklemektedir. Sonuç olarak, çalışmamızın bulguları, depo süresi boyunca antioksidan kapasitenin dalgalandığını ve gümüş nanoparçacıklarının bu kapasitenin artırılmasında etkili bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak, fenolik bileşiklerin tükenmesiyle depo süresinin ilerleyen dönemlerinde antioksidan kapasitede azalma meydana gelmesi kaçınılmaz bir süreçtir. Literatürdeki benzer çalışmalar bu durumu doğrulamakta ve sonuçlarınızla güçlü bir uyum göstermektedir.

Çalışmamızda CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) değerlerinin depo süresi, uygulamalar ve bu iki değişkenin etkileşimi açısından anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde benzer sonuçlar geniş bir şekilde rapor edilmiştir. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde depo süresi boyunca

CUPRAC değerlerinde görülen artışı, fenolik bileşiklerin serbest radikal temizleme kapasitesinin zamanla artmasıyla ilişkilendirmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda gözlemlenen artış, fenolik bileşiklerin oksidatif süreçlere karşı korunmasıyla açıklanabilir. Davarynejad vd. (2013) ise Santa Rosa eriklerinde CUPRAC değerlerindeki dalgalanmaları, depo süresindeki oksidatif stresin meyve pigmentlerine ve antioksidan enzimlere etkisi ile ilişkilendirmiştir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvesinde gümüş nanoparçacıklarının CUPRAC değerlerini artırdığını ve fenolik içeriklerin oksidasyona karşı korunmasına yardımcı olduğunu vurgulamıştır. Ancak, çalışmamızda AgNP+PUT uygulamasının düşük CUPRAC değerine sahip olması, Taş vd. (2022) tarafından rapor edilen, putresin uygulamalarının antioksidan kapasite üzerindeki sınırlı etkileriyle paralellik göstermektedir. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamalarının antioksidan enzimlerin aktivitesini artırdığını, ancak bu etkinin depo süresi ilerledikçe azalabildiğini ifade etmiştir. Çalışmamızda gözlemlenen 14. günde geçici bir düşüş, bu tür mekanizmalarla ilişkilendirilebilir. Kibar vd. (2021), şeftali meyvesinde fenolik bileşiklerin stabilitesinin depo koşullarına bağlı olarak dalgalandığını ve CUPRAC değerlerindeki artışın depo süresine duyarlı olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda gözlemlenen artış ve dalgalanmalar, bu bulgularla uyum içindedir. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde depo süresi boyunca antioksidan kapasitedeki değişimlerin uygulama dozuna ve meyvenin genetik özelliklerine bağlı olarak değiştiğini rapor etmiştir. Çalışmamızda kontrol grubunun en yüksek CUPRAC değerini sağlaması, doğal antioksidan bileşiklerin korunmasının etkisini vurgulamaktadır. Waszkiewicz-Robak vd. (2016), elma ve domates gibi meyvelerde gümüş nanoparçacıklarının oksidatif süreçleri yavaşlatarak antioksidan kapasiteyi desteklediğini rapor etmiştir. Ancak, çalışmamızda AgNP (50 ppm) uygulamasının 14. günde düşük bir değer göstermesi, doz bağımlı etkilerin önemini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, çalışmamızın bulguları literatürdeki birçok çalışma ile uyum göstermektedir. Depo süresi boyunca CUPRAC değerlerindeki artış, fenolik bileşiklerin serbest radikal temizleme kapasitesine katkısı ile açıklanabilirken, uygulamalar arasındaki farklılıklar, kullanılan biyoteknolojik materyallerin doz ve etkileşimlerine bağlıdır. Bu durum, antioksidan kapasitenin korunması ve artırılmasında depo süresi ve uygulama türünün birlikte değerlendirilmesi gerektiğini bir kez daha vurgulamaktadır.

Çalışmamızda, DPPH% değerlerinin depo süresi boyunca artış gösterdiği ve uygulamalar arasında farklılıklar tespit edildiği belirlenmiştir. Bu bulgular, literatürdeki pek çok çalışma ile tutarlıdır. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde fenolik bileşiklerin radikal süpürme kapasitesini artırdığını ve depo süresi boyunca bu kapasitenin yükseldiğini rapor etmiştir. Çalışmamızdaki DPPH% artışları, benzer bir mekanizmayı işaret etmektedir. Shahat vd. (2020), gümüş nanoparçacıklarının kayısı meyvesinde DPPH aktivitesini artırma üzerindeki etkilerini vurgulamış ve bu artışın fenolik bileşiklerin oksidatif stres altında korunmasıyla bağlantılı olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının en yüksek DPPH% değerini sağlaması, bu bulgularla uyumludur. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamasının DPPH aktivitesine olan etkisinin sınırlı olduğunu, ancak depo süresine bağlı olarak artış gösterebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda PUT uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla daha düşük DPPH% değerine sahip olması, bu durumu destekler niteliktedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde nanogümüş uygulamalarının DPPH kapasitesini artırmada putresin uygulamasından daha etkili olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızdaki AgNP uygulamasının üstünlüğü, bu sonuçlarla paralellik göstermektedir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki DPPH% artışları, literatürde rapor edilen fenolik bileşiklerin antioksidan kapasite üzerindeki olumlu etkileri ve nanogümüş uygulamalarının radikal süpürme potansiyelini destekler niteliktedir. PUT uygulamasının sınırlı etkisi, putresin antioksidan kapasite üzerindeki daha düşük etkinliğiyle açıklanabilir. Literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak, bu bulgular antioksidan kapasiteyi artırmada uygulamaların önemini ve depo süresiyle ilişkisinin kritik rolünü bir kez daha ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda, FRAP (Ferrik İyon Redükleme Kapasitesi) değerlerinin depo süresi, uygulamalar ve bu iki değişkenin etkileşimi açısından anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde, bu bulguları destekleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde fenolik ve flavonoid bileşiklerin oksidatif stres altında antioksidan kapasiteyi artırdığını ve depo süresi boyunca FRAP değerlerinde yükseliş gözlemlendiğini rapor etmiştir. Çalışmamızdaki depo süresi boyunca artış eğilimi, bu mekanizmayla açıklanabilir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvesinde gümüş nanoparçacıklarının FRAP kapasitesini artırmada sınırlı bir etkisi olduğunu ve bu etkinin fenolik bileşiklerin korunma kapasitesine bağlı olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP

uygulamasının düşük FRAP değerine sahip olması, bu bulgularla uyum içindedir. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamalarının antioksidan kapasiteyi desteklediğini ve depo süresi boyunca FRAP değerlerinde iyileşme sağladığını bildirmiştir. Çalışmamızda PUT uygulamasının FRAP değerini artırmadaki etkisi, bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde nanogümüş uygulamalarının FRAP değerlerini artırmada diğer uygulamalardan daha etkili olduğunu ifade etmiştir. Ancak çalışmamızda AgNP uygulamasının nispeten düşük bir FRAP kapasitesine sahip olması, doz ve uygulama şekli gibi faktörlerin önemine işaret etmektedir. Kibar vd. (2021), şeftali meyvelerinde depo süresi boyunca FRAP kapasitesinin arttığını ve bu artışın depo koşullarıyla optimize edilebileceğini vurgulamıştır. Çalışmamızda FRAP değerinin 21. günde en yüksek seviyeye ulaşması, bu bulguları desteklemektedir. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin uygulamalarının fenolik bileşikleri koruma kapasitesine ve bunun sonucunda FRAP değerlerine olumlu katkıda bulunduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızdaki PUT uygulamasının etkisi, bu sonuçlarla uyum göstermektedir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki FRAP değerlerindeki artış, fenolik bileşiklerin antioksidan kapasite üzerindeki etkilerini ve depo süresi boyunca meydana gelen oksidatif değişikliklerle ilişkili mekanizmaları ortaya koymaktadır. Literatürdeki mevcut çalışmalar, bu bulgularınızı destekler niteliktedir. AgNP uygulamasının düşük FRAP kapasitesi göstermesi, uygulama dozunun ve sürekliliğin bu parametre üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. PUT uygulamasının olumlu sonuçları ise, fenolik bileşikleri koruma potansiyelini işaret etmekte ve bu durum, literatürdeki diğer çalışmalarla güçlü bir paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda, protein (%) değerlerinin depo süresi boyunca belirgin bir artış gösterdiği ve uygulamalar ile depo süresi x uygulama etkileşimlerinde farklılıklar tespit edildiği görülmüştür. Literatürde bu bulgularla ilişkili birçok çalışma bulunmaktadır. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde depo süresi boyunca protein seviyelerindeki artışı, fenolik metabolitlerin artışı ve oksidatif stresle ilişkili protein stabilizasyonu mekanizmalarına bağlamıştır. Çalışmamızda protein değerlerinin depo süresi boyunca artış göstermesi, bu mekanizmalarla açıklanabilir. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamasının depo süresi boyunca protein metabolizmasını düzenlemede etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP+PUT uygulamasının protein değerleri üzerindeki sınırlı

etkisi, bu bulgularla uyum içindedir ve uygulamaların kombinasyonunun protein stabilizasyonuna katkı sağlamada daha az etkili olabileceğini göstermektedir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvelerinde gümüş nanoparçacıklarının protein stabilitesini artırdığını ve bunun antioksidan kapasite ile bağlantılı olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının en yüksek protein değerlerini sağlaması, bu sonuçları desteklemektedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde putresin protein stabilizasyonu üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ifade etmiş, nanogümüş uygulamalarının ise protein koruma kapasitesini artırdığını belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının üstünlüğü, bu bulgularla paralellik göstermektedir. Kibar vd. (2021), şeftali meyvelerinde protein içeriğinin depo süresi boyunca artış gösterdiğini ve bu artışın depo süresine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini rapor etmiştir. Çalışmamızda depo süresine bağlı olarak protein değerlerinin sürekli artış göstermesi, bu çalışmayla uyumludur. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin uygulamalarının protein stabilitesine sınırlı katkı sağladığını, bunun uygulama dozlarına ve fenolik metabolizmanın aktivitesine bağlı olduğunu vurgulamıştır. Çalışmamızda PUT kombinasyonunun düşük protein değerleri sağlaması, bu durumla örtüşmektedir. Sonuç olarak, çalışmamızda protein değerlerindeki artış, depo süresi boyunca metabolik aktivite ve oksidatif stresle mücadele mekanizmalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Literatürdeki mevcut çalışmalar, protein stabilizasyonunun uygulama türüne ve depo süresine duyarlı olduğunu ve AgNP uygulamalarının bu süreçte etkili bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamaktadır. PUT uygulamasının sınırlı etkisi ise, bu bileşiğin protein metabolizmasını desteklemede daha az etkili olduğunu göstermekte ve literatürdeki benzer çalışmalarla uyumluluk sergilemektedir.

Çalışmamızda toplam antosiyanin (mg/L) değerlerinin depo süresi boyunca belirgin bir azalma gösterdiği ve uygulamalar arasında farklılıkların tespit edildiği belirlendi. Bu bulgular, literatürdeki mevcut çalışmalarla güçlü bir şekilde kullanılabilir. Hanifa vd. (2020), papaya meyvelerinde antosiyanin içeriklerinin depo süresi boyunca oksidasyona karşı özelliklerini gösterdiğini ve bu nedenle sürecin devamını rapor etmiştir. Çalışmamızda antosiyanin değerlerindeki belirgin düşüş, bu mekanizmayla uyumludur. Şahat vd. (2020), kayısı meyvelerinde gümüş nanoparçacıklarının fenolik resimlerinin ve antosiyaninlerin korunmasında etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP+PUT'ların en yüksek antosiyanin

değeri sağlaması (48.85 mg/L), bu teknolojinin özellikleridir. Kibar vd. (2021), şeftali meyvelerinde depo süresi boyunca antosiyanin içeriklerinde azalma gözlemlendiğini, ancak bu azalmanın uygulama türüne bağlı olarak değişebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda PUT karışımlarının en düşük antosiyanin bileşiklerine (35.62 mg/L) sahip olması, bu ürün sonuçlarıyla uyumludur. Taş vd. (2022), kivi meyvesinde nanogümüş uygulamaların antosiyanin içeriklerinin stabilizasyonunda etkili olduğunu, ancak bu etkinin uygulama dozuna bağlı olarak farklılık gösterebileceğini vurgulamıştır. Çalışmamızda AgNP+PUT analizinin antosiyanin miktarının artırılmasında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin uygulamalarının antosiyanin stabilitesine katkı sağladığı, ancak bu etkinin fenolik metabolizmanın aktivitesine ve depo süresine bağlı olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda PUT limitleri sınırlı bir etki gösteriyor, bu standartlarla uyumluluk gösteriyor. Davarynejad vd. (2013), Santa Rosa eriklerinde depo süresi boyunca antosiyanin kaybının, oksidatif stres artışının ve antosiyaninlerin yapısal dağılımları ile ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızdaki antosiyanin azalışı bu mekanizma ile açıklanabilir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki toplam antosiyanin değerlerindeki azalma, depo süresi boyunca bu nesnelerin oksidasyonu bozulmaya yazılımı ile açıklanabilir. Literatürdeki benzer çalışmalar, bu hayatınızı sürdürme kalitesinde olup, özellikle nanogümüş uygulamaların antosiyaninlerin korunmasında etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, PUT dönemlerindeki düşük performans, bu bakımın antosiyanin stabilitesini artırmadaki sınırlamanın ortaya çıktığını ortaya koyuyor. Çalışmamız, depo süresi boyunca antosiyanin kaybında uygulama seçiminin kritik önemini taşıdığını bir kez daha vurgulamaktadır.

Çalışmamızda toplam fenolik içerik (mg/g) değerlerinin depo süresi ve uygulamalar açısından anlamlı bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Ancak depo süresi boyunca hafif dalgalanmalar ve uygulamalar arasındaki farklılıklar literatürle ilişkilendirilebilir. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde depo süresi boyunca toplam fenolik içerikteki dalgalanmaların, fenolik bileşiklerin oksidatif süreçlere bağlı olarak tüketilmesi veya yenilenmesiyle açıklanabileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda fenolik içerikteki artış ve ardından hafif düşüş, bu mekanizmayı destekler niteliktedir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvesinde gümüş nanoparçacıklarının fenolik içerik üzerindeki etkisinin sınırlı olduğunu ve bu

etkinin meyveye özgü yapısal özelliklere bağlı olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının en düşük fenolik içeriğe (0.94 mg/g) sahip olması, bu bulgularla uyumludur. Kibar vd. (2021), şeftali meyvelerinde toplam fenolik içerikteki değişimlerin depo süresi boyunca genellikle sabit kaldığını, ancak fenolik bileşiklerin stabilitesinin uygulama türüne bağlı olarak farklılık gösterebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızdaki depo süresi boyunca gözlemlenen stabil seyir, bu sonuçlarla paralellik göstermektedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde nanogümüş uygulamalarının fenolik içerikleri korumada etkili olmadığını, ancak fenolik metabolizmanın diğer antioksidan parametrelerle etkileşimde bulunduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda nanogümüş uygulamasının düşük fenolik değer göstermesi, bu sonuçlarla ilişkilidir. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin uygulamalarının fenolik içerik üzerinde sınırlı bir koruma sağladığını ve bu durumun fenolik bileşiklerin oksidatif süreçlere olan duyarlılığı ile ilişkili olduğunu vurgulamıştır. Çalışmamızda kontrol grubunun daha yüksek fenolik içeriğe sahip olması (1.3 mg/g), doğal mekanizmaların fenolik bileşikleri daha iyi koruduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, çalışmamızda toplam fenolik içerikteki değişimlerin genel olarak sınırlı olduğu ve fenolik bileşiklerin stabilitesinin depo süresi boyunca büyük ölçüde korunduğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar, fenolik içeriklerin stabilitesinin meyve türüne, depo koşullarına ve uygulamalara bağlı olduğunu vurgulamaktadır. AgNP uygulamasının düşük fenolik değer göstermesi, bu uygulamanın fenolik bileşiklerin korunmasında sınırlı etkinliğine işaret ederken, kontrol grubunun daha yüksek fenolik içeriği, doğal süreçlerin etkili bir şekilde işlediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, depo süresi ve uygulama türünün fenolik bileşiklerin korunmasındaki kritik rolünü bir kez daha ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda toplam flavonoid içerik (mM) değerlerinin depo süresi x uygulama etkileşimi açısından anlamlı bulunduğu, ancak genel olarak depo süresi boyunca hafif dalgalanmalar gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde, bu bulgularla ilişkili birçok çalışma bulunmaktadır. Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde flavonoid içeriklerin oksidatif stres altında artış gösterdiğini, ancak depo süresi uzadıkça bu artışın stabilizeye dönüştüğünü belirtmiştir. Çalışmamızda flavonoid değerlerinin 14. günde zirve yapması ve ardından düşüş göstermesi, bu mekanizmayla açıklanabilir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvesinde nanoteknolojik uygulamaların flavonoid içeriklerin stabilizasyonunda etkili olduğunu ve bu etkinin

depo süresi boyunca devam edebildiğini rapor etmiştir. Çalışmamızda AgNP+PUT uygulamasının 14. günde en yüksek flavonoid değerini (0.31 mM) sağlaması, bu bulgularla paralellik göstermektedir. Kibar vd. (2021), şeftali meyvelerinde depo süresi boyunca flavonoid içeriklerdeki değişimlerin, uygulamalara bağlı olarak dalgalandığını ifade etmiştir. Çalışmamızda kontrol grubunun diğer uygulamalara göre daha yüksek flavonoid değer göstermesi (0.24 mM), bu çalışmayla uyumludur. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde putresin flavonoid içeriklerin stabilizasyonunda sınırlı bir etki gösterdiğini, ancak nanogümüş uygulamalarının bu bileşikleri korumada daha etkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP+PUT uygulamasının flavonoid içeriği artırması, bu sonuçlarla örtüşmektedir. Khalid Noori vd. (2024), Şahroudi üzümünde putresin ve spermidin uygulamalarının flavonoid içerik üzerindeki etkilerinin fenolik metabolizmaya bağlı olduğunu ifade etmiş ve flavonoid içeriklerin oksidatif süreçlere duyarlılığına dikkat çekmiştir. Çalışmamızda AgNP+PUT kombinasyonunun flavonoid içerik açısından etkili olması, bu bulguları destekler niteliktedir. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında flavonoid içeriklerin depo süresi boyunca fenolik bileşiklerle paralel olarak değişiklik gösterdiğini ve bu bileşiklerin antioksidan aktiviteye olan katkısını vurgulamıştır. Çalışmamızda flavonoid içerik değişimlerinin depo süresi boyunca fenolik metabolizmanın bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki toplam flavonoid içerik değişimleri, depo süresi boyunca oksidatif süreçlere ve uygulama türlerine bağlı olarak şekillenmektedir. Literatürdeki mevcut çalışmalar, flavonoid içeriklerin korunmasında nanogümüş uygulamalarının etkili olduğunu, ancak putresin gibi biyolojik bileşiklerin sınırlı etki gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Çalışmamızda AgNP+PUT kombinasyonunun üstün flavonoid stabilizasyonu sağlaması, uygulama türlerinin etkileşimlerinin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Bu bulgular, flavonoid içeriklerin korunması için uygulama seçiminin ve depo süresinin dikkatle optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çalışmamızda CAT değerlerinin depo süresi boyunca belirgin dalgalanmalar gösterdiği ve uygulamalar arasında anlamlı bir fark bulunmadığı belirlenmiştir. Bu bulgular, verilen literatür ışığında çeşitli mekanizmalarla ilişkilendirilebilir: Hanifa vd. (2020), papaya meyvelerinde katalaz aktivitesinin depo süresi boyunca oksidatif stresin artışıyla birlikte dalgalandığını ve depo süresinin sonunda genelde azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmamızda

21. gün itibarıyla CAT değerlerinin en düşük seviyeye gerilemesi, bu mekanizmayla örtüşmektedir.Hassan vd. (2014), kesme güllerin depo süresi boyunca katalaz aktivitesinin azalmasının oksidatif stresin artışıyla ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamızda kontrol grubunda düşük katalaz aktivitesi gözlemlenmesi (1.40 μM), bu bulgularla paralellik göstermektedir. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamalarının katalaz aktivitesini düzenleyebildiğini, ancak bu etkinin uygulama dozu ve oksidatif dengeyle sınırlı olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda PUT uygulamasının düşük katalaz aktivitesi göstermesi (0.63 μM), bu sonuçlarla uyumludur. Gudadhe vd. (2013), nanogümüş parçacıklarının oksidatif stresle mücadelede katalaz enzimini artırabileceğini, ancak etkinin depo koşullarına bağlı olarak değişebileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda AgNP+PUT kombinasyonunun en yüksek CAT değerini sağlaması (1.88 μM), bu bulguları desteklemektedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde nanogümüş uygulamalarının katalaz aktivitesini artırmadaki etkisini vurgulamış, ancak bu etkinin fenolik bileşiklerin korunmasıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının depo süresiyle dalgalı bir etki göstermesi, bu mekanizmayla açıklanabilir. Davarynejad vd. (2013), Santa Rosa eriklerinde oksidatif stresin artışıyla katalaz aktivitesinde azalma gözlemlendiğini ifade etmiş ve bu durumu oksidatif dengenin bozulmasıyla ilişkilendirmiştir. Çalışmamızdaki benzer eğilimler bu bulgularla ilişkilendirilebilir.Sonuç olarak, çalışmamızda gözlemlenen CAT değerlerindeki değişimler, oksidatif stres ve depo süresiyle ilişkili mekanizmalarla uyum göstermektedir. Nanogümüş ve putresin uygulamalarının katalaz aktivitesine olan etkisi, literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bu bulgular, uygulama türlerinin ve depo koşullarının katalaz aktivitesi üzerindeki belirgin etkisini bir kez daha vurgulamaktadır.

Çalışmamızda hidrojen peroksit (H_2O_2) değerlerinin depo süresi boyunca dalgalandığı ve uygulamalar arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, literatürdeki çalışmalarla bağlantılı çeşitli mekanizmalarla ilişkilendirilebilir.Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde oksidatif stresin artmasıyla H_2O_2 seviyelerinin depo süresi boyunca yükseldiğini, ancak antioksidan savunma mekanizmalarının devreye girmesiyle bu seviyelerin azaldığını belirtmiştir. Çalışmamızda H_2O_2 seviyelerinin 7. günde artış göstermesi ve ardından düşüş yaşaması bu mekanizmayla örtüşmektedir.Hassan vd. (2014), kesme güllerde hidrojen peroksit seviyelerinin oksidatif strese bağlı olarak artış gösterdiğini ve bu

artışın nanogümüş uygulamaları ile baskılanabileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda AgNP (50 ppm) uygulamasının depo süresi boyunca en düşük H_2O_2 değerini sağlaması (5.27 μM), bu sonuçlarla uyumludur. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamalarının H_2O_2 seviyelerini düşürdüğünü ve bu etkilerin fenolik metabolizma ile ilişkili olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda PUT uygulamasının düşük H_2O_2 seviyesi göstermesi (6.74 μM), bu mekanizmanın etkinliğini ortaya koymaktadır. Gudadhe vd. (2013), nanogümüş parçacıklarının oksidatif stresle mücadelede etkili olduğunu ve H_2O_2 birikimini sınırlayarak hücrel dengeyi koruduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda nanogümüş uygulamalarının depo süresi boyunca H_2O_2 seviyelerini düşürmesi, bu bulgularla desteklenmektedir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvelerinde oksidatif stresin depo süresine bağlı olarak artış gösterdiğini ve hidrojen peroksit seviyelerinin nanoteknolojik uygulamalarla baskılanabileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda nanogümüş uygulamalarının bu baskılayıcı etkisi gözlemlenmiştir. Davarynejad vd. (2013), Santa Rosa eriklerinde hidrojen peroksit seviyelerindeki artışı oksidatif stres ve depo süresiyle ilişkilendirmiştir. Çalışmamızda kontrol grubunun yüksek H_2O_2 seviyesi göstermesi (7.31 μM), bu bulgularla paralellik göstermektedir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki hidrojen peroksit değerlerinin depo süresi boyunca dalgalı bir seyir izlediği ve uygulamalar arasında farklılıklar gözlemlendiği belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar, nanogümüş ve putresin uygulamalarının H_2O_2 seviyelerini kontrol altında tutmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmamız, uygulama türlerinin ve depo koşullarının H_2O_2 birikimi üzerindeki kritik rolünü vurgulamakta ve oksidatif stresin yönetiminde bu uygulamaların etkinliğini bir kez daha kanıtlamaktadır.

Çalışmamızda MDA (malondialdehit) değerlerinin depo süresi boyunca dalgalanmalar gösterdiği ve uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, lipid peroksidasyonunun oksidatif stresle ilişkisini ve uygulamaların bu süreci nasıl etkilediğini ortaya koymaktadır. Literatürdeki benzer çalışmalarla ilişkisi aşağıdaki gibidir: Hanifa vd. (2020), papaya meyvesinde MDA seviyelerinin depo süresi boyunca oksidatif stresin artışıyla yükseldiğini, ancak depo sonunda azalma eğilimi gösterdiğini rapor etmiştir. Çalışmamızda MDA seviyelerinin 7. günde zirve yapması (0.38 $\mu M/g$) ve ardından düşüş göstermesi, bu mekanizmayla uyumludur. Hassan vd. (2014), kesme güllerde nanoteknolojik uygulamaların lipid peroksidasyonunu baskılayarak MDA seviyelerini

düşürdüğünü ifade etmiştir. Çalışmamızda AgNP (50 ppm) uygulamasının en düşük MDA değerine (0.22 $\mu\text{M/g}$) sahip olması, bu bulgularla örtüşmektedir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvesinde MDA seviyelerinin nanogümüş uygulamaları ile etkili bir şekilde kontrol altına alınabileceğini ve bu etkinin depo süresinin sonunda daha belirgin olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda nanogümüş uygulamasının depo süresi boyunca düşük MDA seviyelerini koruması, bu sonuçlarla paralellik göstermektedir. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamalarının lipid peroksidasyonunu sınırlı ölçüde kontrol edebildiğini ve bu etkinin antioksidan sistemlerle ilişkilendirilebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda kontrol grubunun MDA açısından en yüksek değer göstermesi (0.34 $\mu\text{M/g}$), bu bulgularla ilişkilendirilebilir. Gudadhe vd. (2013), nanogümüş partiküllerinin lipid peroksidasyonunu azaltarak hücresel hasarı engellediğini ve bu etkinin özellikle oksidatif stresin yüksek olduğu dönemlerde daha belirgin olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının düşük MDA seviyeleriyle sonuçlanması, bu mekanizmayı destekler. Khalid Noori vd. (2024), üzüm meyvelerinde putresin uygulamalarının lipid peroksidasyonuna karşı sınırlı koruma sağladığını ve bunun fenolik metabolizmanın durumu ile bağlantılı olduğunu ifade etmiştir. Çalışmamız da PUT uygulamasının etkisinin sınırlı olması, bu bulgularla örtüşmektedir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki MDA değerlerinin değişimi, lipid peroksidasyonunun depo süresi boyunca oksidatif strese nasıl yanıt verdiğini göstermektedir. Nanogümüş uygulamalarının MDA seviyelerini düşürme konusundaki etkili rolü, literatürdeki bulgularla güçlü bir şekilde desteklenmektedir. Bununla birlikte, kontrol grubu ve PUT uygulamalarının daha yüksek MDA değerleri göstermesi, bu uygulamaların lipid peroksidasyonunu kontrol etmede daha sınırlı bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, depo süresi ve uygulamaların lipid peroksidasyonu üzerindeki belirgin etkisini bir kez daha vurgulamaktadır.

Çalışmamızda süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin depo süresi boyunca önemli değişiklikler gösterdiği ve uygulamalara bağlı olarak farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir. Bu bulgular, oksidatif stresle mücadelede SOD enziminin rolüne ve uygulama türlerinin etkisine dikkat çekmektedir. Literatürdeki ilgili çalışmalar aşağıdaki gibidir: Hanifa vd. (2020), papaya meyvelerinde SOD aktivitesinin depo süresi boyunca oksidatif stresin artışıyla birlikte yükseldiğini ve belirli bir noktadan sonra stabilize kazandığını belirtmiştir. Çalışmamızda SOD aktivitesinin 7. günde

zirve yaparak (7.76) ardından düşüş göstermesi bu mekanizmayla uyumludur. Hassan vd. (2014), kesme güllerde nanogümüş uygulamalarının oksidatif strese karşı SOD aktivitesini artırmada etkili olduğunu bildirmiştir. Ancak çalışmamızda AgNP (50 ppm) uygulamasının daha düşük SOD aktivitesi göstermesi (6.07), nanogümüş uygulamalarının her koşulda aynı etkiyi göstermediğini vurgulamaktadır. Esfandiari vd. (2020), guava fidanlarında putresin uygulamalarının SOD aktivitesini anlamlı şekilde artırdığını ve bunun fenolik metabolizmayla ilişkili olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda put (0.5 mM) uygulamasının en yüksek SOD aktivitesine sahip olması (7.96), bu bulguları desteklemektedir. Taş vd. (2022), kivi meyvelerinde SOD aktivitesinin nanogümüş ve putresin kombinasyonu ile önemli ölçüde artırılabilirliğini, ancak bu etkinin depo süresine bağlı olarak değişebileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda PUT uygulamasının 7. gün itibarıyla zirve yapması (9.33), bu mekanizmayla ilişkilendirilebilir. Shahat vd. (2020), kayısı meyvelerinde nanogümüş uygulamalarının oksidatif stres enzimleri üzerinde dengeleyici bir etki gösterdiğini ve bu etkinin depolama başlangıcında daha belirgin olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda AgNP uygulamasının başlangıçtaki düşük SOD aktivitesi (4.71), bu bulgularla ilişkilendirilebilir. Davarynejad vd. (2013), Santa Rosa eriklerinde oksidatif stres enzimlerinin depo süresine bağlı olarak yükseldiğini ve bu artışın uygulamalara bağlı olarak değişiklik gösterdiğini ifade etmiştir. Çalışmamızda SOD aktivitesinin depo süresi boyunca artış göstermesi bu sonuçlarla paraleldir. Sonuç olarak, çalışmamızdaki SOD aktivitesinin depo süresi ve uygulamalara bağlı olarak değişiklik göstermesi, oksidatif stresin yönetiminde bu enzimin kritik rolünü vurgulamaktadır. Putresin uygulamasının SOD aktivitesini artırmadaki etkinliği literatürdeki benzer çalışmalarla uyumludur. Ancak AgNP uygulamasının daha düşük SOD değerleri göstermesi, bu uygulamanın oksidatif stres yönetimindeki etkinliğinin fenolik metabolizmanın durumu ve depo süresine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Bu bulgular, uygulama türlerinin ve depo süresinin oksidatif denge üzerindeki etkisinin optimize edilmesi gerektiğini bir kez daha ortaya koymaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Barman, K., Asrey, R., Pal, R. K., Kaur, C., & Jha, S. K. (2014). Influence of putrescine and carnauba wax on functional and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits during storage. *Journal of food science and technology*, 51, 111-117.
- Bolu İl Tarım Müdürlüğü. (2021). "Tarımsal Faaliyetler Yıllık Raporu Seben İlçesinde."
- Boz, Y., Bakir, M. Çelikkol, B. P., Kazan, K., Yilmaz, F., Cakir, B., ve Ergül, A. (2011). Genetic characterization of grape (*Vitis vinifera* L.) germplasm from Southeast Anatolia by SSR markers. *Vitis*, 50(3), 99-106.
- Bożena, W. R., Adam, E., Mieczysław, O., Elżbieta, B., & Ewa, G. (2015). Application of silver nanoparticles to fruits and vegetables to improve their post-harvest shelf life. *International multidisciplinary scientific geoconference surveying geology and mining ecology management, SGEM*, 1(6), 283-290.
- Burg, P., Ludín, D., Rutkowski, K., Krakowiak-Bal, A., Travnicek, P., Zemánek, P., ... & Visacki, V. (2016). Calorific evaluation and energy potential of grape pomace. *International Agrophysics*, 30(2).
- Chitwood, D. H., Ranjan, A., Martinez, C. C., Headland, L. R., Thiem, T., Kumar, R., ... & Sinha, N. R. (2014). A modern ampelography: a genetic basis for leaf shape and venation patterning in grape. *Plant physiology*, 164(1), 259-272.
- Coleman, R. G., & Hegarty, M. P. (1957). Metabolism of dl-ornithine-2-¹⁴C in normal and potassium-deficient barley. *Nature*, 179(4555), 376-377.
- Cuevas, R., Morfin, M., Morales, J., Rivera, J., Cruz, R. D. L., & Mendoza, J. (1989). Programa de alimentación escolar de Guatemala: transferencia de tecnología a panificadores artesanales, productores de la galleta nutricionalmente mejorada. *Arch. latinoam. nutr*, 457-75.
- Das, D., & Mandal, P. (2020). Use of biogenic silver nanoparticles in enhancing shelf life of *Morus alba* L. at post harvest stage. *Scientific Reports*, 10(1), 8923.
- Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M. E., & Ardakani, E. (2015). Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. *Journal of food science and technology*, 52, 2053-2062.
- Di Stefano, V., Buzzanca, C., Melilli, M. G., Indelicato, S., Mauro, M., Vazzana, M., ... & Bongiorno, D. (2022). Polyphenol characterization and antioxidant activity of grape seeds and skins from Sicily: a preliminary study. *Sustainability*, 14(11), 6702.
- Elatafi, E., & Fang, J. (2022). Effect of silver nitrate (AgNO₃) and nano-silver (Ag-NPs) on physiological characteristics of grapes and quality during storage period. *Horticulturae*, 8(5), 419.
- Ennab, H. A., El-Shemy, M. A., & Alam-Eldein, S. M. (2020). Salicylic acid and putrescine to reduce post-harvest storage problems and maintain quality of murcott mandarin fruit. *Agronomy*, 10(1), 115.
- Fakorizadeh, S., Daneshvar, M. H., & Zare-Bavani, M. R. (2024). Postharvest application of chitosan and putrescine on maintaining the quality and extend shelf-life of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Food Science & Technology (2008-8787)*, 20(144).
- Ferri, M., Righetti, L., & Tassoni, A. (2011). Increasing sucrose concentrations promote phenylpropanoid biosynthesis in grapevine cell cultures. *Journal of Plant Physiology*, 168(3), 189-195.

- Fortes, A. M., & Pais, M. S. (2016). Grape (vitis species). In Nutritional composition of fruit cultivars (pp. 257-286). Academic Press.
- Gemail, M. M., Elesawi, I. E., Jghef, M. M., Alharthi, B., Alsanei, W. A., Chen, C., ... & Gad, M. M. (2023). Influence of wax and silver nanoparticles on preservation quality of murcott mandarin fruit during cold storage and after shelf-life. *Coatings*, 13(1), 90.
- Ghalati, R. E., Shamili, M., & Homaei, A. (2020). Effect of putrescine on biochemical and physiological characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) seedlings under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 261, 108961.
- Gleiss, M., & Nirschl, H. (2015). Modeling separation processes in decanter centrifuges by considering the sediment build-up. *Chemical Engineering & Technology*, 38(10), 1873-1882.
- Graf, G. A., Yu, L., Li, W. P., Gerard, R., Tuma, P. L., Cohen, J. C., & Hobbs, H. H. (2003). ABCG5 and ABCG8 are obligate heterodimers for protein trafficking and biliary cholesterol excretion. *Journal of Biological Chemistry*, 278(48), 48275-48282.
- Graf, N. S. B. (2003). Business and capitalism: An introduction to business history. Beard Books.
- Gudadhe, J. A., Yadav, A., Gade, A., Marcato, P. D., Durán, N., & Rai, M. (2014). Preparation of an agar-silver nanoparticles (A-AgNp) film for increasing the shelf-life of fruits. *IET nanobiotechnology*, 8(4), 190-195.
- Guler, A., & Turgut, D. Y. (2021). Fatty acids, phenolic compounds and antioxidant capacity of the seeds from nine grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Ciência e Técnica Vitivinícola*, 36(2), 116-125.
- Haghshenas, M., Nazarideljou, M. J., & Shokoohian, A. (2020). Phytochemical and quality attributes of strawberry fruit under osmotic stress of nutrient solution and foliar application of putrescine and salicylic acid. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(3), 263-278.
- Hanif, A., Ahmad, S., Jaskani, M. J., & 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.
- Hassan, F. A. S., Ali, E. F., & El-Deeb, B. (2014). Improvement of postharvest quality of cut rose cv. 'First Red' by biologically synthesized silver nanoparticles. *Scientia Horticulturae*, 179, 340-348.
- Hosseini, M. S., Babalar, M., Askari, M. A., & Zahedi, S. M. (2019). Comparison the effect of putrescine application on postharvest quality of *Pyrus communis* cv. "Shah-Miveh" and "Spadona". *Food Science & Nutrition*, 7(1), 14-21.
- Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., & Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. *Beilstein journal of nanotechnology*, 9(1), 1050-1074.
- Kalyan Barman, K. B., Ram Asrey, R. A., Pal, R. K., Charanjit Kaur, C. K., & Jha, S. K. (2014). Influence of putrescine and carnauba wax on functional and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits during storage.
- Karaoğlu, M. M. ve Doğan, H. A. (2014). "Bolu'daki Üzüm Çeşitlerinin Kalite Parametreleri Açısından Değerlendirilmesi." *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 29(4), 379-386.
- Keller, M. (2015). The science of grapevines (M. Keller Ed.).

- Kibar, H., Taş, A., & Gündoğdu, M. (2021). Evaluation of biochemical changes and quality in peach fruit: Effect of putrescine treatments and storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 102, 104048.
- Kim, J., Jo, C., Lim, W. G., Jung, S., Lee, Y. M., Lim, J., ... & Kim, W. J. (2018). Programmed nanoparticle-loaded nanoparticles for deep-penetrating 3D cancer therapy. *Advanced Materials*, 30(29), 1707557.
- Kucuker, E., Aglar, E., Sakaldaş, M., Şen, F., & Gundogdu, M. (2023). Impact of postharvest putrescine treatments on phenolic compounds, antioxidant capacity, organic acid contents and some quality characteristics of fresh fig fruits during cold storage. *Plants*, 12(6), 1291.
- Langroudi, M. E., Hashemabadi, D., KalateJari, S., & Asadpour, L. (2020). Effects of silver nanoparticles, chemical treatments and herbal essential oils on the vase life of cut alstroemeria (*Alstroemeria* 'Summer Sky') flowers. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 95(2), 175-182.
- Lieu, D. M., Dang, T. K. T., & Nguyen, T. H. (2024). Green synthesized silver nanoparticles, a sustainable approach for fruit and vegetable preservation: An overview. *Food Chemistry: X*, 101664.
- Liu, Q., Tang, G. Y., Zhao, C. N., Feng, X. L., Xu, X. Y., Cao, S. Y., ... & Li, H. B. (2018). Comparison of antioxidant activities of different grape varieties. *Molecules*, 23(10), 2432.
- Mahna, N., Vahed, S. Z., & Khani, S. (2013). Plant in vitro culture goes nano: nanosilver-mediated decontamination of ex vitro explants. *J Nanomed Nanotechol*, 4(161), 1.
- McGovern, P. E. (2013). *Ancient wine: the search for the origins of viniculture*. Princeton University Press.
- Naing, A. H., & Kim, C. K. (2020). Application of nano-silver particles to control the postharvest biology of cut flowers: A review. *Scientia Horticulturae*, 270, 109463.
- Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D. S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant science*, 179(3), 154-163.
- Nejatzadeh, F. (2021). Effect of silver nanoparticles on salt tolerance of *Satureja hortensis* L. during in vitro and in vivo germination tests. *Heliyon*, 7(2).
- Noori, A. K., Akberpour, F. V., Alizadeh, M., & Abadi, M. H. (2024). Investigating The Effect of Postharvest Application of Putrescine and Spermidine on Preserving Quantitative and Qualitative Properties of Grape Cv. Shahroudi. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 3(2), 32-38.
- OIV, O. (2022). *International organization of vine and wine. Statistics*.
- Omole, R. K., Torimiro, N., Alayande, S. O., & Ajenifuja, E. (2018). Silver nanoparticles synthesized from *Bacillus subtilis* for detection of deterioration in the post-harvest spoilage of fruit. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 10, 33-40.
- Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology advances*, 27(1), 76-83.
- Ramos, M. J. N., Coito, J. L., Silva, H. G., Cunha, J., Costa, M. M. R., & Rocheta, M. (2014). Flower development and sex specification in wild grapevine. *BMC genomics*, 15, 1-21.
- Saxton, V. P., Creasy, G. L., Paterson, A. M., & Trought, M. C. (2009). Behavioral responses of European blackbirds and Australasian silvereyes to varying acid and sugar levels in artificial grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 60(1), 82-86.

- Shahat, M. S., Ibrahim, M. I., Osheba, A. S., & Taha, I. M. (2020). Preparation and characterization of silver nanoparticles and their use for improving the quality of apricot fruits. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*, 45(1), 38-55.
- Sharma, G., Kalra, S. K., Tejan, N., & Ghoshal, U. (2020). Nanoparticles based therapeutic efficacy against *Acanthamoeba*: Updates and future prospect. *Experimental Parasitology*, 218, 108008.
- Singh, V., Jawandha, S. K., & Gill, P. P. S. (2020). Putrescine application reduces softening and maintains the quality of pear fruit during cold storage. *Acta physiologiae plantarum*, 42, 1-10.
- Singh, V., Jawandha, S. K., Gill, P. P. S., & Singh, D. (2022). Preharvest putrescine application extends the shelf life and maintains the pear fruit quality. *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 514-524.
- Slocum, R. D. (2005). Genes, enzymes and regulation of arginine biosynthesis in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 43(8), 729-745.
- Soejima, A., & Wen, J. (2006). Phylogenetic analysis of the grape family (Vitaceae) based on three chloroplast markers. *American Journal of Botany*, 93(2), 278-287.
- Soltani Nejad, M., Samandari Najafabadi, N., Aghighi, S., Zargar, M., Stybayev, G., Baitelenova, A., & Kipshakbayeva, G. (2023). Application of biosynthesized silver nanoparticles from oak fruit exudates against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* causing postharvest soft rot disease in vegetables. *Agronomy*, 13(6), 1624.
- Song, X., Dai, H., Wang, S., Ji, S., Zhou, X., Li, J., & Zhou, Q. (2022). Putrescine Treatment Delayed the softening of postharvest blueberry fruit by inhibiting the expression of cell wall metabolism key gene VcPG1. *Plants*, 11(10), 1356.
- Taş, A., Berk, S. K., Kibar, H., & Gündoğdu, M. (2022). An in-depth study on post-harvest storage conditions depending on putrescine treatments of kiwifruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, 111, 104605.
- Taş, A., Gundogdu, M., Berk, S., Kibar, H., & Uyak, C. (2024). Role of polyamines in post-harvest storage: Influence of post-harvest putrescine treatment on quality properties and specific biochemical contents of cornelian cherry fruit. *Scientia Horticulturae*, 337, 113587.
- This, P., Lacombe, T., & Thomas, M. R. (2006). Historical origins and genetic diversity of wine grapes. *Trends in Genetics*, 22(9), 511-519.
- Trinklein, D. (2013). Grapes—A Brief History. 2013. Integrated Pest Management, University of Missouri.
- Tsuno, K., Terasaki, H., Ohtani, E., Suzuki, A., Asahara, Y., Nishida, K., ... & Kikegawa, T. (2007). In situ observation and determination of liquid immiscibility in the Fe-O-S melt at 3 GPa using a synchrotron X-ray radiographic technique. *Geophysical Research Letters*, 34(17).
- Turan, S., ve diğerleri (2016). "Bolu'da İklim Koşullarının Üzüm Üretimine Etkisi: Seben'de Bir Vaka Çalışması." *İklim ve Tarım Dergisi*, 15(3), 123-129.
- Verdugo-Vásquez, N., Acevedo-Opazo, C., Valdés-Gómez, H., Araya-Alman, M., Ingram, B., García de Cortázar-Atauri, I., & Tisseyre, B. (2016). Spatial variability of phenology in two irrigated grapevine cultivar growing under semi-arid conditions. *Precision Agriculture*, 17, 218-245.
- Wen, J., Lu, L. M., Nie, Z. L., Liu, X. Q., Zhang, N., Ickert-Bond, S., & Chen, Z. D. (2018). A new phylogenetic tribal classification of the grape family (Vitaceae). *Journal of Systematics and Evolution*, 56(4), 262-272.

- White, M., Hill, S., McGovern, P., Mills, C., & Smeaton, D. (2003). 'High-performance' management practices, working hours and work–life balance. *British journal of industrial Relations*, 41(2), 175-195.
- Winkler, A. J. (1974). *General viticulture*. University of California Press
- Yaviç, A. (2024). Detailed study on cold storage of mulberry fruits: Effect of postharvest putrescine treatments on quality characteristics and biochemical properties of mulberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 126, 105916.
- Zhang, K. Y., & Yu, H. M. (2014). Diatomite Experimental Study on New Wet Purification Process. *Advanced Materials Research*, 1004, 1386-1390.
- Zohary, D. (2003). The domestication of the grapevine *Vitis vinifera* L. in the Near East. In *The origins and ancient history of wine* (pp. 21-28). Routledge.
- Niesenbaum, R. *Grapes, the Wine-iest of Fruits* by Kerry Anne Rogers. Trinklein, D. (2013). *Grape: A brief history*. University of Missouri, Missouri.

