

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI**

**ÜZÜM POSASI VE YAPRAĞINDAN YEŞİL SENTEZ YOLU İLE
ELDE EDİLEN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN BAZI MEYVE
SEBZELERİN AKTİF AMBALAJLANMASINDA KULLANIMI**

Dilay YILDIZ

**Danışman
Prof. Dr. Semra KAYAARDI**

MANİSA-2024

**DİLAY
YILDIZ**

**ÜZÜM POSASI VE YAPRAĞINDAN YEŞİL SENTEZ YOLU İLE ELDE
EDİLEN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN BAZI MEYVE SEBZELERİN
AKTİF AMBALAJLANMASINDA KULLANIMI**

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zeka ve program kullanmadığımı beyan ederim.

İmza
Dilay YILDIZ



ÖZET

Doktora Tezi

Dilay YILDIZ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Semra KAYAARDI

Üzüm posası ve yaprağı, dünyada en büyük üzüm üreticileri arasında yer alan ülkemizin önemli atık çıktılarından. Günümüzde bu atıklar genel olarak toprak düzenleyici, organik gübre, doğal boyaların elde edilmesi ve gıdalarda koruyucu olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu tür uygulamalar katma değerli ürünlerin israfına yol açabilmektedir. Üzüm atıkları polifenoller, diyet lifleri ve vitaminler dahil olmak üzere iyi bir besin ve biyoaktif bileşen kaynağı olmaları nedeniyle katma değerli fonksiyonel gıda özellikleri açısından önemli bir role sahiptir. Bu bilgiler ışığında bu çalışmada üzüm posası ve yaprağından elde edilen antimikrobiyal ve antioksidan gümüş nanopartiküllerin (AgNP) aktif meyve sebze ambalajı üretiminde kullanımı ile ürünlerin raf ömrünün ve kalitesinin artırılması amaçlanmıştır.

Çalışmada, kurutulan üzüm posası ve üzüm yapraklarından yeşil sentez yöntemi ile gümüş nanopartikül eldesi sağlanmıştır. Elde edilen gümüş nanopartiküller %0,5 ve %1 oranlarında lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) ile karıştırılıp aktif ambalaj filmi üretimi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle nanopartikül ilavesinin, filmlerin yapısal ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Daha sonra elde edilen aktif ambalaj filmleri ile çilek, karadut, enginar çanağı ve hazır salata ürünleri paketlenerek +4 °C’de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

Yeşil sentez yöntemi ile üzüm yaprağı ve üzüm posasından AgNP’ler sentezlenmiştir. Sentezlenen AgNP’ler UV-VIS spektroskopisi, FTIR, XRD, TGA/DTA ve SEM ile karakterize edilmiştir. Çalışmada elde edilen AgNP’lerin termal profiline bakıldığında ise 300-350°C’lere gelindiğinde bile sadece % 10’luk bir ağırlık kaybının olması AgNP’lerin termal özelliklerinin iyi olduğunu göstermiştir. SEM görüntülerinde üzüm yapraklarından ve üzüm posasından elde edilen küresel morfolojiye sahip nanopartiküllerin boyutlarının sırasıyla 26,3-55 nm ve 33,04-57,1 nm aralığında olduğu tespit edilmiştir. Nanopartikül ilavesinin, aktif ambalaj filmlerinin gerilme mukavemeti ve yüzde uzama miktarı değerlerinde artış sağlayarak ambalajın mekanik dayanıklılığını arttırdığı belirlenmiştir. Gerek üzüm yaprağı gerekse üzüm posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilavesinin LLDPE filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenlik hızlarını azalttığı bulunmuştur. 0,5 YP kodlu filmlerin oksijen geçirgenliği hızının, nanopartikül içermeyen kontrol grubuna göre yaklaşık % 17 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Çilek örneklerinin başlangıç maya-küf sayısı 3,75 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda en yüksek maya-küf sayısı (5,37 log kob/g)

kontrol örneğinde, en düşük maya-küf sayısı (2,93 log kob/g) üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde saptanmıştır. AgNP ilaveli ambalaj filmlerinin çilek örneklerinde antimikrobiyal etki göstererek logaritmik artışın önüne geçtiği ve toplam fenolik madde içeriğindeki kayıpları kontrol grubuna göre etkili bir şekilde azaltarak çilek kalitesinin ve tazeliğinin korunmasında etkili olduğu saptanmıştır. Nanopartikül ilavesinin çilek örneklerinde olduğu gibi karadut örneklerinin de asitliğini korumada ve mikrobiyal gelişimi sınırlayarak raf ömrünü arttırmada etkili olduğu saptanmıştır. Karadut örneklerinde depolama sonunda en düşük toplam fenolik madde içeriğine kontrol grubu örneklerinin (94,94 mg/100 g GAE) en yüksek toplam fenolik madde içeriğine üzüm posasından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örnek grubunun (160,83 mg/100 g GAE) sahip olduğu tespit edilmiştir. AgNP'lerin ilavesi karadut örneklerindeki fenolik bileşiklerin daha iyi korunmasına katkı sağlamıştır. Enginar örnekleri incelendiğinde depolama sonunda başlangıca göre a* ve b* değerlerindeki en yüksek değişim kontrol grubu örneklerinde, en az değişim üzüm yaprağından elde edilen %0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde belirlenmiştir. AgNP ilavesinin enginar örneklerinin renk ve tazeliğini korumada etkili olduğu görülmüştür. Tüm enginar örneklerinde depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Kontrol grubu enginar örneklerin TAMB değerlerinde 10. ve 15. günlerde önemli düzeyde artış gözlenirken (p<0,05), AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin TAMB değerlerinde ise önemli ölçüde azalma tespit edilmiştir (p<0,05). Hazır salata örneklerinin pH değerleri incelendiğinde kontrol grubu örneklerinde 10. ve 15. günlerde asitlik artarak pH değeri azalmıştır. Bunun yanı sıra pH değerindeki en az değişimin üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde olduğu gözlemlenmiştir. AgNP ilaveli filmler ile ambalajlanan örneklerin kontrol örneklerine kıyasla depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, AgNP ilavesi yapılan filmlerin, kontrol grubuna kıyasla çilek, karadut, enginar ve hazır salata örneklerinde kalite özelliklerinin korunması, mikrobiyolojik güvenliğin sağlanması ve raf ömrünün uzatılması açısından daha etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bulgular, AgNP içeren filmlerin gıda muhafazasında önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: aktif ambalaj, gümüş nanopartikül, meyve, sebze, raf ömrü

2024, 206 sayfa

ABSTRACT

PhD Thesis

Dilay YILDIZ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Semra KAYAARDI

Grape pomace and leaves are significant byproducts in Turkey, one of the world's leading grape producers. Currently, these wastes are generally used as soil conditioners, organic fertilizers, sources for natural dyes, and preservatives in foods. However, such applications may lead to the waste of value-added products. Grape residues are rich sources of nutrients and bioactive compounds, including polyphenols, dietary fibers, and vitamins, and play a crucial role in the development of value-added functional food properties. In this context, the present study aims to use antimicrobial and antioxidant silver nanoparticles (AgNP) synthesized from grape pomace and leaves in the production of active fruit and vegetable packaging, thereby enhancing product shelf life and quality.

In this study, silver nanoparticles were synthesized using the green synthesis method from dried grape pomace and grape leaves. The synthesized AgNPs were mixed with linear low-density polyethylene (LLDPE) at concentrations of 0.5% and 1%, resulting in the production of active packaging films. The first phase of the study investigated the effect of nanoparticle addition on the structural and physical properties of the films. Subsequently, strawberries, black mulberries, artichoke hearts, and ready-made salad products were packaged using the active packaging films and stored at +4°C for 15 days. Physical, chemical, and microbiological analyses were conducted on days 0, 3, 5, 7, 10, and 15 of storage.

AgNPs were synthesized from both grape pomace and leaves using the green synthesis method. The synthesized AgNPs were characterized using UV-VIS spectroscopy, FTIR, XRD, TGA/DTA, and SEM techniques. The thermal profile of the AgNPs showed that even at 300-350°C, there was only a 10% weight loss, indicating the AgNPs possessed good thermal properties. SEM images revealed that the nanoparticles, synthesized from grape leaves and pomace, had spherical morphology with sizes ranging between 26.3-55 nm and 33.04-57.1 nm, respectively. The addition of AgNPs improved the mechanical durability of the active packaging films by increasing tensile strength and elongation percentage. It was also found that silver nanoparticle addition reduced the oxygen and water vapor permeability rates of the LLDPE films. The oxygen permeability rate of the 0.5 YP coded films decreased by approximately 17% compared to the control group without nanoparticles.

The initial yeast and mold count in strawberry samples was determined to be 3.75 log CFU/g. At the end of the storage period, the highest yeast and mold count

(5.37 log CFU/g) was found in the control group, while the lowest count (2.93 log CFU/g) was observed in samples packaged with 0.5% AgNP films derived from grape leaves. The AgNP-added packaging films exhibited antimicrobial effects in the strawberry samples by preventing logarithmic increases and effectively reducing the loss of total phenolic content compared to the control group, thus preserving strawberry quality and freshness. Similarly, AgNP addition was found to be effective in maintaining the acidity of black mulberry samples and extending their shelf life by limiting microbial growth. At the end of the storage period, the control group of black mulberry samples had the lowest total phenolic content (94.94 mg/100 g GAE), while the samples packaged with 1% AgNP films derived from grape pomace had the highest total phenolic content (160.83 mg/100 g GAE). The addition of AgNPs contributed to better preservation of phenolic compounds in black mulberries. In artichoke samples, the greatest changes in a^* and b^* color values were observed in the control group at the end of the storage period, while the least changes were found in samples packaged with 0.5% AgNP films derived from grape leaves. AgNP addition was effective in maintaining the color and freshness of artichoke samples. Although the total phenolic content of all artichoke samples significantly decreased during storage, the highest loss was observed in the control group ($p < 0.05$). Significant increases in total aerobic mesophilic bacteria (TAMB) counts were observed in control artichoke samples on days 10 and 15 of storage ($p < 0.05$), whereas significant reductions were detected in TAMB counts in samples packaged with AgNP-added films ($p < 0.05$). In the ready-made salad samples, an increase in acidity and a decrease in pH values were observed in the control group on days 10 and 15 of storage. In contrast, the least changes in pH values were found in samples packaged with 0.5% AgNP films derived from grape leaves. It was also determined that the samples packaged with AgNP-added films exhibited less change compared to the control group from the beginning of storage and had the highest antioxidant activity values at the end of the storage period.

In conclusion, films with AgNP additions were more effective in preserving the quality characteristics, ensuring microbiological safety, and extending the shelf life of strawberries, black mulberries, artichokes, and ready-made salads compared to the control group. These findings suggest that AgNP-containing films have significant potential for use in food preservation.

Keywords: active packaging, silver nanoparticles, fruit, vegetables, shelf life

2024, 206 pages

ÖNSÖZ

Geleneksel gıda ambalaj malzemeleri ve sistemleri ile gıdaların muhafazası sağlanmakla birlikte raf ömrü süresince kalitenin yeterli derecede korunamamasından dolayı endüstride yeni ambalaj sistemlerine olan ihtiyaç artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere geliştirilen aktif ambalaj sistemleri, gıda güvenliğinin sağlanması ve gıda kalitesinin korunması bakımından artan tüketici ve pazar talebini karşılamayı amaçlamaktadır. Gıdaların ambalajlanması için farklı ambalajlama tekniklerinden söz edilebilir. Bu tekniklerden biri olan aktif ambalajlamada, materyale istenilen özelliklerin kazandırılabilmesi için antimikrobiyal, antioksidan vb. etkiye sahip bileşenler dahil edilmekte ve böylece taze gıdaların stabilitesi arttırılmakta ve gıda güvenliği sağlanmaktadır. Antimikrobiyal aktif ambalajlamada organik ve inorganik kökenli birçok antimikrobiyal madde kullanılmakla birlikte, son zamanlarda yeni bir yaklaşım olarak nanopartiküllerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bunlardan gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), geniş yüzey alanları, yüksek termal kararlılık ve antimikrobiyal aktivite gibi benzersiz özellikleri sayesinde ambalaj uygulamalarında oldukça ilgi gören ve genellikle kimyasal sentez yoluyla elde edilen inorganik ürünlerdir. Bununla birlikte, kimyasal metotlara alternatif olarak düşük maliyetli ve çevre dostu olması nedeniyle gümüş nanopartiküllerin sentezinde yeşil sentez yöntemi de kullanılabilmektedir. Son yıllarda gıda endüstrisinde yeşil sentez ile üretilen nanopartiküllerin polimerlere ilave edilmesi ve ambalajlara antimikrobiyal özellik kazandırılmasına yönelik araştırmalar dikkat çekmektedir.

Aktif ambalajlama ile ilgili yapılan güncel çalışmalarda diğer bir yaklaşım ise atıklardan elde edilen nanopartiküllerin antimikrobiyal bileşen olarak kullanımıdır. Dünya’da ve Manisa başta olmak üzere ülkemizin farklı bölgelerinde en çok yetiştirilen meyvelerden biri olan üzümün işlenmesiyle her hasat dönemi sonunda onlarca ton atık açığa çıkmaktadır. Üzüm atıkları fonksiyonel bileşikler açısından iyi bir kaynak olarak bilinmektedir. Bu bağlamda literatürde üzüm atıklarından elde edilen nanopartiküllerin gıda muhafazası için kullanılabileceği bildirilmektedir. Yeşil sentez ile elde edilen gümüş nanopartiküllerin gıda ambalajı olarak kullanımına dair çok az sayıda da olsa çalışma bulunmakla birlikte materyal olarak üzüm posası ve yaprakların kullanıldığı bir çalışma tespit edilememiştir.

Bu çalışma kapsamında besin değeri yüksek ve hızlı bozulabilen çilek, karadut, enginar çanağı ve hazır salata örneklerinin raf ömürlerinin arttırılmasına yönelik yenilikçi bir yaklaşımla aktif ambalaj tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda önemli bir endüstri atığı olan üzüm posası ve yaprağından yeşil sentez ile gümüş nanopartiküllerin kazanımı gerçekleştirilmiş ve aktif ambalaj filmleri üretilmiştir. Üretilen filmler seçilen ürünlerin ambalajlanmasında kullanılarak depolanan ürünlerde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilerek ürünlerin raf ömrü belirlenmiştir.

Atıkların değerlendirilmesi ve çevre duyarlılığı açısından yenilikçi bir yaklaşımla planlanan çalışma hem üzüm posa ve yapraklarından yeşil sentez ile üretilmiş gümüş nanopartikül içeren film üretimi, hem de bu filmlerin çilek, karadut ve enginar çanağının ambalajlanmasında kullanılarak ürünlerin raf ömrüne etkisini ortaya koymaya yönelik ilk çalışma olacaktır ve bu bakımdan gelecekteki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yolumun kesişmesiyle birlikte akademik hayatıma yön veren, her zaman desteğini ve sevgisini hissettiğim, tecrübesi ve bilgi birikimi ile tüm öğrencilerini hep en iyiye yönlendiren, çalışkanlığını, dürüstlüğünü ve işine olan özenini yaşayarak bizzat kendisinden öğrendiğim, kendisini tanımaktan ve birlikte çalışma fırsatı bulmaktan çok büyük mutluluk duyduğum yoluma ışık tutan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Semra KAYAARDI'ya, fikirleri ve deneyimleriyle çalışmalarımın ilerlemesine büyük katkı sağlayan, tüm pozitif enerjisiyle her zaman desteğini hissettiğim tez izleme komitesindeki değerli hocam Prof. Dr. Ünal Rıza YAMAN'a, yüksek lisans öğrenimimden itibaren birlikte çalışmaktan çok büyük sevinç duyduğum, laboratuvarda olmaktan ve analiz yapmaktan aldığım mutlulukta çok büyük payı olan, güler yüzü ve tüm iyi niyetiyle her zaman kendisine danışma fırsatı bulabildiğim çok değerli hocam Prof. Dr. Özlem ÇAĞINDI'ya, çalışmalarım ve akademik hayatım boyunca her zaman desteğini hissettiğim, her başım sıkıştığında kapısını çaldığım, fikirlerine ve önerilerine sonsuz saygı duyduğum çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Müge UYARCAN'a, pratik çözümleri ve tüm samimiyetiyle ile her zaman desteğini gösteren, tecrübelerine ve tavsiyelerine güvendiğim çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ceyda SÖBELİ'ye, antimikrobiyal aktivite analizlerinin gerçekleştirilmesi konusunda destek olan, her sorduğum soruya sabırla cevap veren ve her zaman güler yüzüyle karşılayan çok kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Tülay ÖNCÜ ÖNER'e, doktora eğitimim sürecinde her zaman desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübelerini tüm öğrencileriyle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU'na laboratuvar çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan, her düştüğümde beni yüreklendiren ve motivasyonumu artırmamı sağlayan çok değerli laboratuvar sorumlusu Gülşen GÖDE'ye, kendisini tanımaktan çok büyük mutluluk duyduğum ve hem akademik hem de özel hayatımda birlikte zaman geçirmekten zevk aldığım ideallerine ve azmine hayran olduğum Üretim Müdürü Işıl ATMACA'ya, tez çalışmalarım sırasında her zaman elinden gelen desteği ve özeni gösteren çok sevgili yüksek lisans öğrencimiz Sude Cansın GÜNGÖR'e, birbirimize karşı olan iyi niyet ve hassasiyetimizi her zaman hissettiğim mesai arkadaşlarım Dr. Işıl İLTER BAYSAN ve Dr. Esra ÖZYİĞİT'e, aynı zamanlarda tezlerimizi yazıp hem dert ortağım olan hem de hayat enerjisine hayran olduğum Araş. Gör. Pelin ÖZKAYA'ya, aynı bölümde çalışmaktan keyif aldığım ve yenilikçi fikirleriyle her zaman desteğini hissettiğim Araş. Gör. Sermet Can BEYLİKÇİ'ye, akademik hayatımda yaşadığım sevinçlerimi ve üzüntülerimi tüm kalbiyle paylaşan her zaman yanımda olduğunu hissettiren canım arkadaşım Araş. Gör. Emine ERDAĞ AKCA'ya tezime olan desteklerini her zaman hissettiğim her üzüldüğümde yanımda olup beni yüreklendiren sevgili oda arkadaşım Dr. Kıvılcım YILDIZ'a, akademik hayatta birlikte çalışmaktan onur duyduğum, pratikliği, çalışkanlığı, ileri görüşlülüğü ile pek çok insana ışık olan çok sevgili dostum Dr. Duygu BENZER GÜREL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasına hammadde desteği sağlayan Manisa Bağıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve Dr. Ali GÜLER'e, yüksek lisans öğrenimimden itibaren her zaman desteklerini hissettiğim Dr. Emre ÖZALTIN'a, gümüş nanopartiküllerin üretilmesinde büyük ölçekli cihaz ihtiyacımıza destek veren Pınar Et İşletmesi'ne, Ar-Ge Müdürü Fatma VURAL'a ve beni her zaman hoş sohbetiyle karşılayan ve desteğini esirgemeyen çok sevgili Ar-Ge Mühendisi Esra DERİN'e, ambalaj filmlerinin

retiminde desteğini, tecrübelerini ve pozitif yaklaşımını esirgemeyen değerli hocam Mustafa YILMAZ'a ve film üretimlerinin geręekleřmesini sağlayan Düderi firmasına ve çok değerli Ahmet DÜDERİ'ye, ambalaj filmlerinin analizlerinin geręekleřmesinde desteklerini sağlayan PilenPak Ambalaj San. ve Tic. A.ř. 'ye, Ar-Ge Müdürü Arzu KARA ve Ar-Ge Uzmanı Kasim GL'e çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim sürecinde 100/2000 YK Doktora Bursu kapsamında burs desteği sağlayan YK'e, TÜBİTAK 2211-A Genel Başarı Bursu kapsamında aldığım burs desteği için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na, 2022-068 no'lu proje kapsamında çalışmanın yürütülmesini sağlayan Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, fedakarlığı ve sabrıyla bana g veren, aynı alanda olmasak dahi çalışmalarım konusunda yaptığım araştırmalarla sohbet etmekten zevk aldığım, çalışmalarım sırasında geç saatlere kadar yanımda olup bana destek olan, her zaman kendisine ve yeteneklerine hayran olduğum can yoldaşım ve hayat enerjim sevgili eşim Ozan YILDIZ'a, tek başına küçük bir kız çocuğunu büyütüp bugünlere getiren, enerjisiyle, merhametiyle, doğallığıyla, temiz kalbiyle herkesin çok sevdiği, hayattaki en büyük şansım biricik annem Emine KART'a sonsuz teşekkür ederim.

Dilay YILDIZ
Manisa, 2024

*Küçük yaşta kaybettiğim, bugünlerimi görse benimle gurur duyacağına inandığım,
sesini bile bilmediğim babama ithafen...*

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AgNP	Gümüş nanopartikül
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
aw	Su aktivitesi
DEFAM	Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
TAMB	Toplam aerobik mezofilik bakteri
°C	santigrat derece
cm	santimetre
dk	dakika
GAE	gallik asit eş değeri
g	gram
kob/g	koloni oluşturan birim/gram
L	litre
LLDPE	lineer düşük yoğunluklu polietilen
MPa	megapaskal
µg	mikrogram
mL	mililitre
mm	milimetre
mM	milimolar
nm	nanometre
rpm	devir sayısı/dakika
s	saniye
SEM	taramalı elektron mikroskobu
%	yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Hasat sonrası meydana gelen değişimler ve bu değişimlerin hızını etkileyen iç ve dış faktörler	6
Şekil 1.2. AgNP'lerin çeşitli antimikrobiyal aktivite mekanizmaları	17
Şekil 1.3. Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitesini etkileyen ana faktörler ve varsayımsal mekanizmalar	18
Şekil 1.4. (a) nanokompozit filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin mekanizması ve (b) nanokompozitlerin taze meyveler üzerindeki mikroorganizmalara karşı tepki mekanizması	19
Şekil 1.5. Gümüş nanopartiküllerin sentez yöntemleri	22
Şekil 1.6. Yeşil sentez kullanılarak AgNP'lerin sentezinin şematik gösterimi	23
Şekil 1.7. Gümüş nanoparçacıkların oluşumunun genel mekanizması	24
Şekil 2.1. Toplanan genç ve kart yaprakların görüntüsü	31
Şekil 2.2. Posanın temin edilmesi ve saplarından ayıklanması	31
Şekil 2.3. Üzüm yapraklarının ekstraksiyonu	33
Şekil 2.4. Kontrol, % 0,5 ve %1 AgNP ilaveli masterbatchler	36
Şekil 2.5. Nanopartikül ilaveli aktif ambalaj filmlerinin üretimine ait akış şeması	36
Şekil 2.6. Üretilen aktif ambalaj filmlerine ait görseller	37
Şekil 2.7. 120 gram çilek ve paketlenmiş örnekler	38
Şekil 2.8. 100 gram karadut ve paketlenmiş örnekler	38
Şekil 2.9. Paketlenmiş enginar örnekleri	39
Şekil 2.10. 100 gram hazır salata ve paketlenmiş örnekler	39
Şekil 2.11. Örneklerde gerçekleştirilen fenolik bileşen ekstraksiyonu	46
Şekil 3.1. Güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan genç yaprak, kart yaprak ve posa örneklerine ait SEM görüntüleri	53
Şekil 3.2. AgNP eldesi	60
Şekil 3.3. Üzüm yaprağı ve üzüm posasından sentezlenen AgNP'in UV spektrofotometresinde maksimum absorbands değeri	61
Şekil 3.4. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin FTIR spektrumu	63
Şekil 3.5. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin FTIR spektrumu	64
Şekil 3.6. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin XRD sonuçları	65
Şekil 3.7. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin XRD sonuçları	66
Şekil 3.8. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin TGA/DTA analiz sonucu	67
Şekil 3.9. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin TGA/DTA analiz sonucu	68
Şekil 3.10. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntüsü	69
Şekil 3.11. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntüsü	69
Şekil 3.12. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin test mikroorganizmalarına karşı etkinliği	71
Şekil 3.13. LLDPE esaslı polimer granülü, polimerlerden elde edilen masterbatch ve karışım	73
Şekil 3.14. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin toplam fenolik madde değerleri	91

Şekil 3.15.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin antioksidan aktivite değerleri	94
Şekil 3.16.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin TAMB sayımları	96
Şekil 3.17.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin maya-küf sayımları	98
Şekil 3.18.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların toplam fenolik madde değerleri	111
Şekil 3.19.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların antioksidan aktivite değerleri	114
Şekil 3.20.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların TAMB sayımları	116
Şekil 3.21.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların maya-küf sayımları	118
Şekil 3.22.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların toplam fenolik madde değerleri	128
Şekil 3.23.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların antioksidan aktivite değerleri	131
Şekil 3.24.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların TAMB sayımları	133
Şekil 3.25.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin pH değerleri	138
Şekil 3.26.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde değerleri	139
Şekil 3.27.	Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerleri	142

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Meyve ve sebze endüstrisi atık ve yan ürünlerinin özellikleri ve kullanım amaçları	9
Tablo 1.2. AgNP sentezinde kullanılan indirgeyici ajan ve elde edilen AgNP'lerin meyve-sebze muhafazasında uygulamaları	13
Tablo 1.3. Gıda ambalajlarına ilave edilen gümüş nanopartiküllerin (AgNP) antimikrobiyal etkileri	20
Tablo 2.1. Central Composite Design için bağımsız değişkenler ve seviye değerleri	32
Tablo 2.2. Ambalaj filminin üretiminde kullanılması için seçilecek örnek grupları	35
Tablo 2.3. Nanopartikül ilaveli aktif ambalaj filmlerine ait deneme deseni	37
Tablo 2.4. Çalışmada gerçekleştirilecek analizler ve uygulama aşamaları	40
Tablo 3.1. Güneş, Gölge ve Tepsili kurutucuda (40, 50 ve 60 °C) kurutulan örneklerin süre ve toplam fenolik madde değerleri	51
Tablo 3.2. Optimizasyon işlemi uygulanmış örneklerin farklı ekstraksiyon yöntemi uygulamalarıyla elde edilen toplam fenolik madde miktarı içerikleri	52
Tablo 3.3. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin (25 mg/mL) test mikroorganizmalarına karşı inhibisyon zonlarının ölçümleri (mm)	54
Tablo 3.4. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin verim sonuçları	56
Tablo 3.5. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin toplam kuru madde, pH ve su aktivitesi değerleri	57
Tablo 3.6. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin renk değerleri	58
Tablo 3.7. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri	59
Tablo 3.8. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası fenolik bileşen sonuçları (mg/100 g)	59
Tablo 3.9. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinden elde edilen gümüş nanopartiküllerin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri	71
Tablo 3.10. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin (5,4 mg/mL) test mikroorganizmalarına karşı inhibisyon zonlarının ölçümleri (mm) ve minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) değerleri	72
Tablo 3.11. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin renk değerleri	74
Tablo 3.12. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin mekanik özellikleri	75
Tablo 3.13. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenliği hızı değerleri	76
Tablo 3.14. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin gümüş iyonu salınım değerleri	77
Tablo 3.15. Çilek örneklerinin nem değerleri (%)	78

Tablo 3.16.	Çilek örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri	80
Tablo 3.17.	Çilek örneklerinin pH değerleri	81
Tablo 3.18.	Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri	83
Tablo 3.19.	Çilek örneklerinin L* değerleri	85
Tablo 3.20.	Çilek örneklerinin a* değerleri	87
Tablo 3.21.	Çilek örneklerinin b* değerleri	88
Tablo 3.22.	Çilek örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)	89
Tablo 3.23.	Çilek örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μ M Troloks/g)	93
Tablo 3.24.	Çilek örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)	95
Tablo 3.25.	Çilek örneklerinin maya-küf sayımı bulguları (log kob/g)	97
Tablo 3.26.	Karadut örneklerinin nem değerleri (%)	100
Tablo 3.27.	Karadut örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri	102
Tablo 3.28.	Karadut örneklerinin pH değerleri	103
Tablo 3.29.	Karadut örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri	105
Tablo 3.30.	Karadut örneklerinin L* değerleri	107
Tablo 3.31.	Karadut örneklerinin a* değerleri	108
Tablo 3.32.	Karadut örneklerinin b* değerleri	109
Tablo 3.33.	Karadut örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)	110
Tablo 3.34.	Karadut örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μ M Troloks/g)	113
Tablo 3.35.	Karadut örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)	115
Tablo 3.36.	Karadut örneklerinin maya-küf sayımı bulguları (log kob/g)	117
Tablo 3.37.	Enginar örneklerinin nem değerleri (%)	120
Tablo 3.38.	Enginar örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri	121
Tablo 3.39.	Enginar örneklerinin pH değerleri	122
Tablo 3.40.	Enginar örneklerinin L* değerleri	124
Tablo 3.41.	Enginar örneklerinin a* değerleri	125
Tablo 3.42.	Enginar örneklerinin b* değerleri	126
Tablo 3.43.	Enginar örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)	127
Tablo 3.44.	Enginar örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μ M Troloks/g)	130
Tablo 3.45.	Enginar örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)	132
Tablo 3.46.	Hazır salata örneklerinin nem değerleri (%)	135
Tablo 3.47.	Hazır salata örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri	136
Tablo 3.48.	Hazır salata örneklerinin pH değerleri	137
Tablo 3.49.	Hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)	138
Tablo 3.50.	Hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μ M Troloks/g)	141
Tablo 3.51.	Hazır salata örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)	143
Tablo 3.52.	Hazır salata örneklerinin maya-küf sayımı bulguları (log kob/g)	144
Tablo 3.53.	Hazır salata örneklerinin koliform sayımı bulguları (log kob/g)	146

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
TABLolar DİZİNİ	XV
İÇİNDEKİLER	XVII
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. LİTERATÜR ÖZETİ 5

1.1. Taze Meyve ve Sebzeler	5
1.2. Meyve ve Sebzelerde Hasat Sonrası Meydana Gelen Değişimler	6
1.3. Meyve ve Sebzelerde Farklı Süreçlerde Oluşan Kayıp ve Atık Durumu	7
1.4. Meyve ve Sebzelerin İşlenmesi Sırasında Oluşan Atıkların Değerlendirilmesi	8
1.5. Üzüm Atıklarının Değerlendirilmesi	9
1.6. Üzüm Atıklarından Fenolik Bileşiklerin Elde Edilmesi	11
1.7. Meyve ve Sebzelerde Koruma Metotları	12
1.8. Aktif Ambalajlama	15
1.9. Gümüş Nanopartikül	16
1.10. Gümüş Nanopartikül Sentezi	21
1.10.1. Yeşil Sentez	23
1.11. Üzüm Atıklarından Gümüş Nanopartikül Eldesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	24
1.12. İşlem Görmemiş ve/veya Minimum İşlenmiş Meyve ve Sebzelerin Dayanıklılığının Arttırılmasına Yönelik Çalışmalar	25

İKİNCİ BÖLÜM

2. MATERYAL VE YÖNTEM 29

2.1. Materyal	29
2.2. Deneme Deseni	29
2.2.1. Üzüm Yaprağı ve Üzüm Posasının Kurutulması	30

2.2.1.1. Toplam Fenolik Madde Ekstraksiyonu için Optimizasyon	32
Parametrelerinin Belirlenmesi ve Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu	
2.2.2. Yeşil Sentez Yöntemi ile AgNP Eldesi	34
2.2.2.1. Ambalaj Filminin Üretiminde Kullanılacak Gümüş Nanopartiküllerin Belirlenmesi	35
2.2.3. Aktif Ambalaj Filmlerinin Üretimi	35
2.2.4. Örneklerinin Ambalajlanması	37
2.2.4.1. Çilek Örneklerinin Ambalajlanması	37
2.2.4.2. Karadut Örneklerinin Ambalajlanması	38
2.2.4.3. Enginar Örneklerinin Ambalajlanması	38
2.2.4.4. Hazır Salata Örneklerinin Ambalajlanması	39
2.3. Yöntemler	39
2.3.1. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyon Analizleri	41
2.3.1.1. UV-vis Absorpsiyon Spektroskopisi ile Karakterizasyon Analizi	41
2.3.1.2. Fourier-Dönüştürülmüş Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)	41
2.3.1.3. X-Işını Kırınımı (XRD)	41
2.3.1.4. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizi (TGA-DTA)	41
2.3.1.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Karakterizasyon Analizi	42
2.3.1.6. Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Etkilerinin Belirlenmesi	42
2.3.2. Ambalaj Filmlerinde Gerçekleştirilen Analizler	43
2.3.2.1. Renk Tayini	43
2.3.2.2. Mekanik Özelliklerin Ölçümü	43
2.3.2.3. Oksijen Geçirgenliği Hızının Belirlenmesi	43
2.3.2.4. Su Buharı Geçirgenlik Hızının Belirlenmesi	44
2.3.2.5. Gümüş İyonu Salınım Testi	44
2.3.3. Örneklerde Gerçekleştirilen Analizler	45
2.3.3.1. Toplam Kuru Madde (TKM) Miktarı Tayini	44
2.3.3.2. pH Tayini	44
2.3.3.3. Renk Tayini	44
2.3.3.4. Su Aktivitesi Tayini	45
2.3.3.5. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (%Briks) Tayini	45

2.3.3.6. Fenolik Bileşenlerin Ekstraksiyonu	45
2.3.3.7. Toplam Fenolik Madde Tayini	46
2.3.3.8. Fenolik Bileşen Kompozisyon Tayini	47
2.3.3.9. ABTS Yöntemi ile Toplam Antioksidan Madde Tayini	47
2.3.3.10. Mikrobiyolojik Analizler	48
2.3.3.10.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı	49
2.3.3.10.2. Maya-küf Sayımı	49
2.3.3.10.3. <i>Escherichia coli</i> /koliform Sayımı	49
2.3.4. İstatistiksel Analiz	49
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	50
3.1. Ön Deneme Sonuçları	50
3.1.1. Üzüm Yapağı ve Üzüm Posasının Kurutma Yönteminin Seçimine İlişkin Sonuçlar	50
3.1.2. Üzüm Yapağı ve Üzüm Posasından Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyon Yönteminin Seçimine İlişkin Sonuçlar	51
3.1.3. Ambalaj Filminin Üretiminde Kullanılacak Gümüş Nanopartiküllerin Belirlenmesine İlişkin Sonuçlar	52
3.2. Kurutulmuş Üzüm Yapağı ve Üzüm Posasında Yapılan Analiz Sonuçları	57
3.3. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonu	60
3.3.1. UV Görünür Spektrofotometre (UV-vis)	60
3.3.2. Fourier-Dönüştürülmüş Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)	62
3.3.3. X-Işını Kırınımı (XRD)	65
3.3.4. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizi (TGA-DTA)	67
3.3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	69
3.3.6. Gümüş Nanopartiküllerin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Değerleri	70
3.3.7. Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Etkilerinin	71

Belirlenmesi

3.4. Ambalaj Filmlerine İlişkin Sonuçlar	73
3.4.1. Ambalaj Filmi Üretimindeki Ön Deneme Bulguları	73
3.4.2. Ambalaj Filmlerinin Renk Değerleri	73
3.4.3. Ambalaj Filmlerinin Mekanik Özellikleri	74
3.4.4. Ambalaj Filmlerinin Bariyer Özellikleri	76
3.4.5. Gümüş İyonu Salınımı	77
3.5. Çilek Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları	77
3.5.1. Nem	78
3.5.2. Su Aktivitesi	79
3.5.3. pH	81
3.5.4. Suda Çözünür Kuru Madde	83
3.5.5. Renk	85
3.5.6. Toplam Fenolik Madde	89
3.5.7. Fenolik Bileşen Kompozisyonu	92
3.5.8. Antioksidan Aktivite	93
3.5.9. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	95
3.5.9.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı	95
3.5.9.2. Maya-küf Sayımı	97
3.5.9.3. <i>Escherichia coli</i> /koliform Sayımı	100
3.6. Karadut Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları	100
3.6.1. Nem	100
3.6.2. Su Aktivitesi	102
3.6.3. pH	103
3.6.4. Suda Çözünür Kuru Madde	105
3.6.5. Renk	107
3.6.6. Toplam Fenolik Madde	110
3.6.7. Fenolik Bileşen Kompozisyonu	112
3.6.8. Antioksidan Aktivite	112
3.6.9. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	115
3.6.9.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı	115
3.6.9.2. Maya-küf Sayımı	116
3.6.9.3. <i>Escherichia coli</i> /koliform Sayımı	119
3.7. Enginar Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları	119

3.7.1. Nem	119
3.7.2. Su Aktivitesi	121
3.7.3. pH	122
3.7.4. Renk	123
3.7.5. Toplam Fenolik Madde	127
3.7.6. Fenolik Bileşen Kompozisyonu	129
3.7.7. Antioksidan Aktivite	130
3.7.8. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	131
3.7.8.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı	131
3.7.8.2. Maya-küf Sayımı	134
3.7.8.3. <i>Escherichia coli</i> /koliform Sayımı	134
3.8. Hazır Salata Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları	134
3.8.1. Nem	134
3.8.2. Su Aktivitesi	135
3.8.3. pH	136
3.8.4. Toplam Fenolik Madde	138
3.8.5. Fenolik Bileşen Kompozisyonu	140
3.8.6. Antioksidan Aktivite	141
3.8.7. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	142
3.8.7.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı	142
3.8.7.2. Maya-küf Sayımı	144
3.8.7.3. <i>Escherichia coli</i> /koliform Sayımı	146

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. SONUÇ VE ÖNERİLER	148
-----------------------------	------------

KAYNAKLAR	159
------------------	------------

EKLER	190
--------------	------------

GİRİŞ

Günlük beslenmede önemli oranda vitamin, mineral, antioksidan ve lif sağlayan meyve ve sebzeler sağlığımız için elzem gıdalardır (Coman ve ark., 2020). Etilen üretimi ve solunum gibi metabolik olayları hasattan sonra da devam eden yüksek nem içeriğine (% 75-95) sahip bu gıdalar, tüketime kadar geçen her aşamada hızla bozulabilmekte ve raf ömrü kısalabilmektedir (Sousa-Gallagher ve ark., 2016; Jafarzadeh ve ark., 2021). Genellikle taze ürünün bozulması, hızlı çürümeye ve dolayısıyla ürünün tüketim için uygun olmamasına neden olmaktadır. Bozulma nedeniyle taze ürünün hasat sonrası kayıpları bazen % 50'ye kadar ulaşabilmekte, hatta bazı hassas ürünlerde daha fazla olabilmektedir. Bu nedenle, özellikle ekonomik olarak bu tür kayıpların azaltılması ya da önlenmesi hem üreticiler hem de tüketiciler için büyük önem taşımaktadır (Gupta ve Prakash, 2019).

Meyve ve sebzelerin hasat sonrası ömrü geleneksel olarak görünüm (tazelik, renk ve çürüme veya fizyolojik bozuklukların olmaması) ve doku (sertlik, sululuk ve körpelik) yönünden incelenmektedir. Ayrıca bu kavramlara ek olarak lezzet ve besin değeri de tüketici memnuniyetinde önemli bir rol oynamakta ve genel olarak meyve ve sebzelerin tüketimini etkilemektedir. Bu nedenle hasattan tüketim noktasına kadar meyve ve sebzelerin görünüm, lezzet, besin değeri ve doku gibi özelliklerini mümkün olan en iyi kalitede korumak, kayıpları en aza indirmek, raf ömrünü arttırmak ve gıda güvenliğini sağlamak için bu ürünlere uygun paketlenme ve muhafaza yöntemleri uygulanmalıdır (Pelayo, 2003; Jafarzadeh ve ark., 2021).

Aktif ambalaj; gıdanın raf ömrünü uzatmak, gıda güvenliğini geliştirmek ve duyu kaliteyi sürdürmek amacıyla paketlenme koşullarının değiştirilmesine dayanan bir paketlenme sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu teknolojiye gıdanın kalitesini en iyi şekilde koruyarak raf ömrünü uzatmak hedeflenmektedir (Üçüncü, 2011). Aktif ambalajlama sistemleri ile istenmeyen koku ve aroma maddelerinin ambalaj içerisinden uzaklaştırılması ve ambalaj içerisindeki oksijen, nem ve etilen konsantrasyonlarının kontrol edilmesi gibi farklı fonksiyonlar sağlanmaktadır (Çelik ve Tümer, 2016). Ancak özellikle son dönemlerde ambalajlı gıda ürünlerinin kalitesini

ve güvenliğini artırmak için geleneksel aktif ambalajlara alternatif nanokompozitlerin kullanıldığı ambalaj filmleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Oksijen tutucuların da dahil edildiği aktif nanokompozit filmler, oksijene duyarlı farklı gıdaların paketlenmesinde kullanılabilmektedir. Ayrıca nanokompozit filmler gıdalardaki istenmeyen mikroorganizmaları kontrol altına almak için antimikrobiyal ambalaj olarak da uygulanabilmektedir (Bodbodak, 2016). Aktif ambalajlara antimikrobiyal özellik kazandırmak için ambalaj filmlerine bakır, gümüş, altın gibi fonksiyonel nano-metaller ilave edilebilmektedir. Fonksiyonel nano-metaller arasında gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) belirgin antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Wu ve ark., 2019).

Gümüş nanopartiküller geniş bir etki spektrumuna sahip antimikrobiyal ajanlar olarak tanımlanmaktadır (Simbine ve ark., 2019). Günümüzde tıbbi uygulamalar, gıda güvenliği, dezenfeksiyon ve su arıtma gibi geniş bir uygulama yelpazesinde gümüş nanopartiküller ile ilgili çalışmalara devam edilmektedir (Castangia ve ark., 2017). Son yıllarda AgNP'lerin sentezinde kimyasal metotlara alternatif olarak yeşil sentez yöntemi dikkat çekmektedir (Acay ve ark., 2019). Flavonoidler, antosiyaninler, taninler ve hidroksibenzoik asitler gibi fenolik bileşikler genellikle yeşil sentezde indirgeyici ajan olarak kullanılmaktadır (Raota ve ark., 2019). Doğal yapısında bu tür bileşikleri bulunduran üzüm gibi fenolik bileşen içeriği yüksek bitkiler de yeşil sentezde kullanılmaktadır.

Yakın zamanda gıda atıkları gibi tarımsal atık malzemelerden elde edilen antioksidan aktiviteyi güçlendiren farklı biyoaktif bileşenlerin aktif ambalajlamada uygulanmasına yönelik çalışmalar ilgi görmüştür (Bhargava ve ark., 2020; Marcillo-Parra ve ark., 2021; Rincón ve ark., 2021). Gıda atıklarının arasında üzüm atıkları fonksiyonel bileşikler açısından iyi bir kaynak olup en önemli antioksidanlardan biri olarak kabul edilmektedir ve bu bağlamda üzüm atıklarının gıda muhafazası için kullanılabileceği bildirilmektedir (Wu ve ark., 2019). Ayrıca üzüm atıklarındaki toplam polifenoller ve indirgeyici şekerler, nanopartikül üretiminde indirgeme ajanı ve stabilizatör olarak kullanılmaktadır (Bastos-Arrieta ve ark., 2018).

Günümüzde doğal kaynakların tükenmeye başlamasıyla birlikte hem ekonomik hem de çevresel açıdan atıkların değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar açığa çıkmıştır (Sevindik ve Selli, 2016).

Bu çalışmada dünyada en büyük üzüm üreticileri arasında yer alan ülkemizin önemli bir atık çıktısı olan üzüm posası ve yaprağından antimikrobiyal özellikli gümüş nanopartiküllerin yeşil sentez yolu ile kazanımı, güçlü antioksidan etkiye sahip fenolik bileşen içeren gümüş nanopartiküllerin aktif meyve sebze ambalajı üretiminde kullanımı ile ürünün raf ömrünün ve kalitesinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ulaşılmak istenen başlıca hedefler şu şekilde özetlenebilir;

Literatürde üzüm atıklarının değerlendirildiği farklı çalışmalar incelenmiştir. Ancak bu çalışmalarda atıklar daha çok silaj katkı maddesi olarak, kanatlı hayvan yeminde ve boyar madde olarak kullanılmış olup ekonomiye ve çevreye olan katkısının düşük olduğu görülmektedir. Bu çalışmada üzüm atıklarından elde edilen gümüş nanopartiküllerin ambalaj tasarımına dahil edilerek antimikrobiyal özellikli ambalaj malzemesi üretimi hedeflenmiştir.

Bitkilerden fenolik bileşenlerin ve gümüş nanopartiküllerin ekstrakte edilmesinde uygulanan ve başarılı sonuçlar veren yeşil sentez yöntemi yer almaktadır. Bu çalışmada ayrıca yeşil sentez yönteminin üzüm atıklarının değerlendirilmesinde uygulanabilirliği ve etkinliğinin belirlenmesi planlanmıştır.

Çalışma kapsamında 4 farklı ön işlem (ultrases su banyosu, ultrases prob, mikrodalga ekstraksiyon ve maserasyon) uygulaması arasında en yüksek fenolik bileşen ekstaksiyon verimi sağlayan ön işlemin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışma ile taze meyve sebze üretici ve/veya işletmelerinin, raf ömrü uzun ve kaliteli gıdaya yönelik talep ve önceliklerine uygun alternatif antimikrobiyal ambalaj üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Meyve ve sebzelerin hasattan tüketime kadar olan süreçte yaklaşık % 50'si bozulmaktadır. Gıda sanayinde kayıpların azaltılması ve azalan kaynakların etkin şekilde kullanımı ile gıdanın kalitesinin yükseltilmesi ve raf ömrünün uzatılması son yıllarda hem sektörün hem de akademik çalışmaların üzerinde durduğu önemli bir konudur. Ayrıca her geçen gün artan dünya nüfusu çevresel yönden ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Bu çalışma ile hem atıkların değerlendirilerek ekonomiye katkı sağlanması hem de çevreye verilen zararın azaltılması hedeflenmiştir.

Günümüzde tüketicilerin bilinçlenmesi, gıda güvenliğinin sağlanması, aile gelir düzeyinin artması, kadınların çalışma hayatında daha çok yer alması, dinlenme ve eğlenceye daha çok vakit ayrılması, yeni ürünlere olan talep gibi nedenlerden dolayı çabuk hazırlanan gıdalara olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Ancak genel olarak hazır gıdalar rafta uzun süre tazelik özelliklerini koruyamamakta ve bu ürünlerin raf ömrü çok kısa olmaktadır. Bu çalışmada planlanan ambalaj tasarımı ile tüketime hazır meyve ve sebzelerin tazelik özellikleri daha fazla korunarak tüketiciye ulaşması sağlanabilecek ve ürünlerin raf ömürleri uzatılabilecektir. Sonuç olarak hem üretici hem de tüketici açısından daha kaliteli ve daha uzun raf ömürlü meyve-sebzelerin üretim ve tüketimine imkân sağlanmış olacaktır. Ayrıca ülkemizde özellikle Ege bölgesinde önemli bir potansiyele sahip üzüm posası ve yaprağından ekstrakte edilen fenolik bileşenlerin ve gümüş nanopartiküllerin gıda endüstrisinde kullanılmak üzere geri kazanılmasının endüstriye önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

1. LİTERATÜR ÖZETİ

1.1. Taze Meyve ve Sebzeler

Meyve ve sebzeler içerdikleri vitamin, mineral madde, antioksidan maddeler ve lif bakımından sağlıklı beslenmede önemli rol oynamaktadır (Bhatnagar ve ark., 2022; Cui ve ark., 2024). Günümüzde yaşam standartlarında ve yeme alışkanlıklarında gerçekleşen değişimler ve beslenme konusundaki farkındalığın artmasıyla birlikte tüketiciler enerji sağlayan bir diyetten, metabolik, fizyolojik, sağlık ve fonksiyonel faydaların yanı sıra dengeli besin profiline sahip bir beslenme alışkanlığına yönelmektedir. Bu bağlamda meyve ve sebzeler sıklıkla tüketicilerin öncelikleri listesinde yer almaktadır (Barikloo ve Ahmadi, 2018). Meyve ve sebzelerden ekstrakte edilen biyoaktif bileşiklerin antikanser, antidiyabetik, antihipertansif, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan, immünomodülatör ve nöroprotektif aktiviteleri bu gıdaların sağlıklı beslenmedeki önemini vurgulanmaktadır (Fierascu ve ark., 2020; Riaz ve ark., 2023).

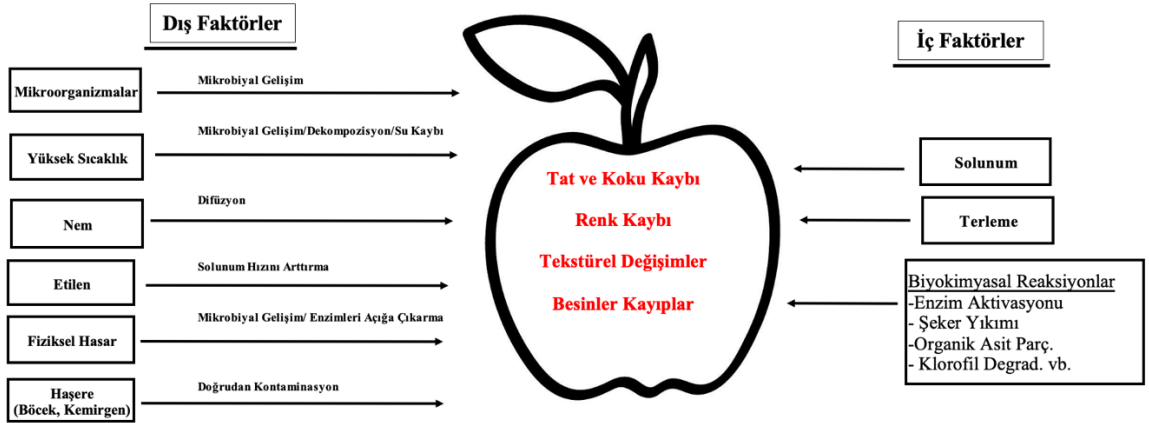
Dünya Sağlık Örgütü (WHO), kalp-damar hastalıkları ve bazı kanser türlerinin riskini azaltmak için günde en az 400 gram meyve ve sebze alımını önermektedir. (Chen ve ark., 2024; Sharma ve ark., 2024). Geçmişten günümüze sağlıklı beslenme konusunda öncelikli gıdalar arasında yer alan meyve ve sebzeler özellikle son dönemlerde tüketicilerin ilgisini daha fazla çekmekte ve satın alma tercihlerini olumlu yönde etkilemektedir (Slavin ve Lloyd, 2012; Jafarzadeh ve ark., 2021).

COVID-19'un neden olduğu salgının dünya çapında gıda güvenliğini, gıda güvencesini ve tüketicilerin beslenme alışkanlıklarını etkilediği bilinmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda meyve ve sebzelerin, proaktif bir besin takviyesi olarak kullanılabilen taze ve/veya minimum düzeyde işlenmiş olarak tüketilebilen, mikro besinler, mineraller ve fitokimyasallar içeren temel bir besin kaynağı olduğu belirtilmektedir (Mendoza ve ark., 2022). Ayrıca salgın nedeniyle taze meyve ve sebze tüketiminin ve dolayısıyla bu ürünlerin pazar payının arttığı bildirilmektedir (Sharma ve ark., 2024).

Yüksek nem içeriğine (% 75-95) sahip taze meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra da etilen üretimi ve solunum gibi metabolik olayları devam eden gıdalardır. Bu durum ürünlerin hızla bozulmasına, çürümmesine, istenmeyen görünümüne dolayısıyla raf ömrünün kısılmasına neden olmaktadır (Jafarzadeh ve ark., 2021; Zhong ve ark., 2023). Bu ürünlerde hasat sonrası işleme ve paketlenme teknikleri ile ürünün tazeliğini korumak ve raf ömrünü uzatmak hedeflenmektedir (Cui ve ark., 2024).

1.2. Meyve ve Sebzelerde Hasat Sonrası Meydana Gelen Değişimler

Hasat sonrası meyve ve sebzeler yumuşamaya, su kaybına ve çürümeye eğilimlidir (Cui ve ark., 2024). Bozulma olarak da bilinen bu süreç mekanik yaralanma, fizyolojik değişiklikler, mikrobiyal bozulma ve çevre koşulları gibi çeşitli iç ve dış faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir (Riseh ve ark., 2024). Şekil 1.1'de hasat sonrası meydana gelen değişimler ve bu değişimlerin hızını etkileyen iç ve dış faktörler yer almaktadır.



Şekil 1.1. Hasat sonrası meydana gelen değişimler ve bu değişimlerin hızını etkileyen iç ve dış faktörler (Temizkan, 2017).

Taze meyve ve sebzeler hasattan sonra da canlı varlıklar olarak kaldıkları ve bozulmaya yatkın oldukları için hasat sonrası işleme sırasında her yıl önemli kayıpların (% 30'a kadar) meydana geldiği bildirilmektedir (Zhong ve ark., 2023; Riseh ve ark., 2024). Bu kayıpların tarım-gıda endüstrisi açısından dünya çapında

önemli bir sorun teşkil ettiği ve üründe ekonomik kayıplara yol açtığı bilinmektedir (Ali ve ark., 2024).

1.3. Meyve ve Sebzelerde Farklı Süreçlerde Oluşan Kayıp ve Atık Durumu

Her yıl 1,3 milyar tondan fazla gıdanın bozulma nedeniyle israf edildiği ve bu kayıpların yaklaşık % 40'ının meyve ve sebzelerden oluştuğu ifade edilmektedir (Ali ve ark., 2024). Meyve ve sebze tedarik zincirinin farklı süreçlerinde meydana gelen kayıp ve atık durumu aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- Tarımsal üretim (% 20): Hasat sırasında meydana gelen mekanik hasar ve/veya dökülmeden kaynaklanan kayıplar ile ürünlerin hasat sonrası ayrıştırılması vb. ile oluşan atıkları kapsamaktadır.
- Hasat işlemi ve hasat sonrası depolama (% 5): Üretim yeri ve dağıtım arasındaki nakliye, depolama ve taşıma sırasındaki dökülme ve bozulmadan kaynaklanan kayıpları içermektedir.
- İşleme ve Paketleme (% 2): Endüstriyel veya ev tipi işleme sırasında oluşan dökülme ve bozulma kaynaklı kayıpları kapsamaktadır.
- Dağıtım (% 10): Toptan satış pazarları, süpermarketler, perakendeciler veya pazarlarda oluşan atıkları içermektedir.
- Tüketim (% 19): Ev düzeyinde tüketim sırasında oluşan kayıplar ve atıkları kapsamaktadır (Gustavsson, 2011; Bancal ve Ray, 2022).

Üretimden tüketime kadar meyve ve sebzelerin tüm aşamalarında kayıp ve atık miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Atıkların değerlendirilmesi ve çevre duyarlılığı açısından tarım ve gıda işleme atıklarından elde edilen farklı biyoaktif bileşenlerin antioksidan, antimikrobiyal vb. etkilerinden yenilikçi bir yaklaşımla aktif ambalaj tasarlanmasına yönelik çalışmalara olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Messinese ve ark., 2024; Yadav ve ark., 2024). Bu nedenle, üreticileri ve tüketicileri bilinçlendirmenin yanı sıra uygun ve yenilikçi muhafaza yöntemlerinin uygulanması ve kullanılması gerekmektedir.

1.4. Meyve ve Sebzelerin İşlenmesi Sırasında Oluşan Atıkların Değerlendirilmesi

Etkili atık yönetimi, günümüzde dünyanın karşı karşıya olduğu en büyük çevresel zorluklardan biridir. Teknolojik ilerleme, ekonomik gelişme, kentleşme, nüfus artışı ve tüketici alışkanlıkları atık üretiminin hızlı bir şekilde artmasını önemli ölçüde etkilemektedir (Gołębiewska ve ark., 2022).

Pek çok ülkede atık yönetiminin zayıf olması ve çevre bilincinin eksikliği nedeniyle büyük miktarda meyve ve sebze yan ürünü hiçbir ekonomik değeri olmayan atık olarak değerlendirilmektedir. Buradaki temel sorun atık ürünlerin üretimlerinin hemen ardından mikrobiyal kontaminasyonu önlemek için hızlı işlem süreci gerektirmesidir (Ozkan ve ark., 2023). Üreticilerin gıda işleme atıklarını değerlendirmek amacıyla uyguladıkları en yaygın yöntem hayvan yemi ve gübre olarak kullanmak ya da çöpe atmaktır (Park ve Zhao, 2006). Bu durum potansiyel bir çevre sorunu ve katma değerli ürün israfına neden olmaktadır.

Meyve sebze atık ve yan ürünleri, polifenoller, diyet lifleri ve vitaminler dahil olmak üzere iyi bir besin ve biyoaktif bileşen kaynağı olmaları nedeniyle katma değerli fonksiyonel gıda özellikleri açısından önemli bir role sahiptir. Ayrıca bu atık ve yan ürünler organik asitler, uçucu yağlar, enzimler, yakıt, biyolojik olarak parçalanabilen ambalaj malzemeleri ve koruyucuların üretiminde substrat olarak kullanılabilir (Otoni ve ark., 2017; Teshome ve ark., 2023).

Yüksek biyoaktif içerikleri nedeniyle farklı amaçlarla kullanılabilen meyve sebze endüstriyel atık ve yan ürünlerinin özellikleri ve kullanım amaçları Tablo 1.1’de özetlenmiştir (Fierascu ve ark., 2020; Hamauzu ve Kawahara, 2021; Lucarini ve ark., 2021; Ozkan ve ark., 2023).

Tablo 1.1. Meyve ve sebze endüstrisi atık ve yan ürünlerinin özellikleri ve kullanım amaçları

Özellik	Kullanım Amacı
Antioksidan ve antimikrobiyal	Sentetik koruyuculara alternatif olarak gıda raf ömrünü uzatma ve gıda israfını azaltma
Doğal katkı maddesi/fonksiyonel bileşen	Besin değerini artırma, glisemik indeksi düşürme, gıdaları renklendirme, tekstüre edici/emülsifiye edici/köpürtücü ajan
Genotoksisite, antiinflamatuvar ve antikarsinojen	Sağlık üzerindeki olumlu etkileriyle araştırılan ilaç/besin takviyeleri ve kozmetiklerde biyomedikal bileşen
Yapı destekleme ve yapı oluşturunu	Gıda ambalajlama uygulamalarında yapı oluşturma ve/veya yapıyı destekleme

Yüksek miktarlarda elde edilen meyve sebze atık ve yan ürünlerinin etkin ve güvenli uygulamaları konusunda çalışmalar yapılması ve gıda, ilaç gibi farklı sektörlerde katma değerli ürün olarak kullanılmasının ve yaygınlaştırılmasının sağlanması büyük önem taşımaktadır (Sabater ve ark., 2020).

1.5. Üzüm Atıklarının Değerlendirilmesi

Üzüm (*Vitis vinifera* L.) iklim ve toprak istekleri yönünden çok seçici olmaması, çoğaltma yöntemlerinin kolay olması ve farklı şekillerde değerlendirilebilme özellikleri nedeniyle dünyadaki en yaygın kültür bitkilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre Türkiye’de 2023/2024 üretim sezonunda 3,4 milyon dekar alanda, 3,8 milyon ton üzüm üretildiği belirtilmektedir. Türkiye’nin üzüm üretim verilerinin yer aldığı üzüm değerlendirme raporunda Manisa’nın en büyük üzüm üretim alanı ve miktarına sahip illerden biri olduğu görülmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Üzüm, meyveler içerisinde fenolik maddeler açısından en zengin kaynaklardan biridir. Üzüm posası ve yaprağı da benzer şekilde bu fenolikleri yoğun miktarda içermektedir. Üzüm posasında bulunan başlıca fenolik bileşenler; antosiyaninler, kateşinler, flavanoller, flavonoller, glikozidler, fenolik asitler ve stilbenler olarak bilinmektedir (Güler, 2011; Bao ve ark., 2020). Üzüm yaprağı ekstraktında da özellikle o-kumarik asit, rutin, kateşin, kaempferol, kuersetin, mirisetin, ellajik asit ve gallik asit gibi çeşitli fenolik bileşikler yer almaktadır. Bu bileşiklerin antioksidan etkilerinin yanında antimikrobiyal aktiviteye de sahip oldukları belirtilmektedir (Türk, 2009; El-Sherbiny ve ark., 2016).

Dünya’da ve ülkemizde en çok yetiştirilen meyvelerden biri olan üzümün işlenmesinden sonra, her hasat döneminde onlarca ton posa açığa çıkmaktadır. Kabuk, küspe ve çekirdeklerden oluşan üzüm posası işlenmiş üzümlerin ağırlığının % 20'sine kadar ulaşabilmektedir (Demirkol ve Tarakci, 2018). Açığa çıkan üzüm posası bağcılık endüstrisi için önemli bir bertaraf sorununa neden olmaktadır. Diğer yandan içerdiği fenolik bileşenler sayesinde ekonomik açıdan geri dönüşüm çıktısı oluşturduğu için literatürde önemli düzeyde ilgi görmektedir. Bu nedenle uzun yıllardır posanın alternatif alanlarda kullanımı araştırılmaktadır (Barba ve ark., 2016; Sevindik ve Selli, 2016).

Üzüm atıklarından elde edilen atık ve yan ürünlerin uygun şekilde değerlendirilerek bunların farklı endüstriyel uygulamalarda kullanımına dair çalışmalara literatürde yer verilmiştir (Mainente ve ark., 2018; Antonic ve ark., 2020; Teshome ve ark., 2023). Kabuk, çekirdek, sap gibi meyve yan ürünlerinin taze meyvenin % 50-60'ını oluşturduğu bilinmektedir. Bu kadar yüksek bir orana sahip üzüm atıklarının kullanımının gıda kaybı ve israfını azaltmaya önemli ölçüde etki sağlayacağı düşünülmektedir. Bu durum gıda güvenliği ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda önemli bulunmaktadır (Teshome ve ark., 2023).

Üzüm posasından elde edilen metabolitlerin anti-alerjenik, antibakteriyel, antikarsinojenik, anti-enflamatuvar, antioksidan ve kardiyoprotektif etkiler gibi sağlıkla ilişkili birçok fizyolojik özelliğe sahip fenolik bileşikler bakımından zengin olduğu

bildirilmektedir (Demirkol ve Tarakci, 2018). Posanın etanol, tartarat, malat, sitrik asit, üzüm çekirdeği yağı, hidrokolloidler ve diyet lifi gibi çok çeşitli yüksek değerli ürünler olarak geri kazanım potansiyeli olsa da uzun süredir toprak düzenleyici ve gübre şeklinde kullanıldığı ifade edilmektedir (Savlak ve ark., 2020; Kammerer ve ark., 2014). Ancak posanın çevreye atılması veya dışarıda yakılması durumunda çevrede ciddi zararlara neden olduğu bildirilmektedir (Lavelli ve ark., 2017; Drevelegka ve Goula, 2020). Diğer yandan üzüm posasında olduğu gibi fenolik madde açısından zengin olan üzüm yaprağının doğal boyamacılıkta, sarı/sarı-yeşil renklerin elde edilmesinde, organik gübre yapımında ve gıdalarda koruyucu olarak kullanıldığı bilinmektedir (Bekar, 2016).

1.6.Üzüm Atıklarından Fenolik Bileşiklerin Elde Edilmesi

Meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan fenolik bileşiklerin, antitumör, antikanser, antidiyabetik gibi sağlık yönünden pek çok fayda sağladığı bildirilmektedir (Karadağ, 2022). Gıdalarda fenolik bileşikler ya serbest ya da bağlı halde bulunmaktadırlar. Gıdanın hücre duvar yapısı, bağlı fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu zorlaştırmakta hatta serbest fenolik bileşiklerin bile tutulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, ekstraksiyon yönteminin seçimi, fenolik bileşiklerin ekstraksiyon verimini büyük ölçüde etkilemektedir. Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için geleneksel yöntemler, metanol, etanol, aseton vb. gibi organik çözücülere dayalı sıvı-sıvı ve katı-sıvı ekstraksiyonlarını kapsamaktadır. Bununla birlikte, bu organik çözücüler sadece ekstraksiyonda nispeten düşük bir etkinliğe sahip olmakla kalmamakta, aynı zamanda gıda güvenliği endişelerine ve kimyasal kirliliğe neden olarak çevreye zarar vermektedir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için standartlaştırılmış yöntemlerin olmaması kullanımlarını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, kimyasal çözücü kullanımını azaltarak fenolik bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğini artırmak için verimli ve güvenli bir ekstraksiyon yöntemine/yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Bao ve ark., 2020). Bu yöntemler organik çözücülerin kullanımından kaçınmayı/en aza indirmeyi amaçlarken, işlem süresinin kısaltılması, işlem sıcaklığının düşürülmesi, kütle aktarım işleminin yoğunlaştırılması, özütleme veriminin artırılması, yüksek ekstrakt kalitesinin korunması ve daha az enerji tüketimini hedeflemektedir (Barba ve ark., 2016). Günümüzde yeni ekstraksiyon yöntemleri daha az enerji tüketimi ile etkin ve sürdürülebilir şekilde yüksek katma

değerli bileşikleri geri kazanma ve böylece geleneksel ısı temelli işleme yöntemlerinin yerini alma potansiyelleri nedeniyle gıda endüstrisinde birçok alanda ilgi çekmektedir. Bu alternatif ekstraksiyon yöntemleri; enzimatik ekstraksiyon (Meini ve ark., 2019), soğuk plazma (Bao ve ark., 2020), mikrodalga, ultrason (Drevelegka ve Goula, 2020; Kwiatkowski ve ark., 2020), ohmik ısıtma (Pereira ve ark., 2020) ve enzimatik ekstraksiyon ve yüksek hidrostatik basıncın kombinasyonu (Teles ve ark., 2021) olarak sıralanabilmektedir.

1.7. Meyve ve Sebzelerde Koruma Metotları

Meyve ve sebzelerin, solunum hızları, etilen üretimi, etilene duyarlılık, depolama sıcaklığı ve bağıl nem bakımından farklılık göstermesi ambalaj gereksinimlerini ve raf ömürlerini etkilemektedir. Bu ürünlerin hasattan sonra canlı olması sebebiyle ambalajlanması diğer gıdalardan daha karmaşıktır. Ambalajın ürün, ambalaj ve depolama koşulları gibi bazı faktörleri dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir (Ayhan, 2019).

Meyve ve sebzeler hasat sonrası depolama sırasında su transferi, metabolik faaliyetler ve mikrobiyal gelişim nedeniyle nem kaybına, bozulmaya ve çürümeye eğilimli gıdalardır. Su kaybını azaltmak, meyve sebze kalitesini korumak ve raf ömrünü uzatmak için düşük sıcaklıktaki fiziksel muhafaza yöntemleri ve ambalajlama gibi çeşitli muhafaza teknikleri geliştirilmiştir (Chen ve ark., 2024). Modifiye atmosfer paketlenme ve kontrollü atmosfer, meyve ve sebzelerin hasat sonrası depolama süresini uzatmanın en etkili yolu olarak kabul edilmektedir, ancak bu yöntemlerin tüm ürünler için uygunluk göstermeyebildiği bilinmektedir (Riseh ve ark., 2024). Bu bağlamda, depolama sırasında meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak için çeşitli koruma teknikleri kullanılmaktadır. İyot, organik asitler, klor, trisodyum fosfat, ozon ve H₂O₂ meyve ve sebzelerin korunmasında kullanılan kimyasal yöntemlerdir. Ayrıca soğuk plazma, yüksek basınçlı işleme, ultraviyole ışık, ışınlama ve aktif ambalajlama teknolojileri (etilen tutucular/emiciler, antimikrobiyal ambalajlar ve nem emiciler) gibi fiziksel koruma yöntemleri son dönemlerde araştırılan yöntemler arasında yer almaktadır (Ayhan, 2019; Riseh ve ark., 2024).

Literatür incelendiğinde son yıllarda aktif ambalajlama teknolojilerinde yer alan gümüş nanopartiküllerin meyve ve sebze muhafazasında kullanımıyla ilgili yapılan çalışmaların artış gösterdiği görülmektedir. Tablo 1.2’de AgNP sentezinde kullanılan indirgeyici ajan ve elde edilen AgNP’lerin meyve-sebze muhafazasında uygulamalarına yönelik çalışmalar yer almaktadır.

Tablo 1.2. AgNP sentezinde kullanılan indirgeyici ajan ve elde edilen AgNP’lerin meyve-sebze muhafazasında uygulamaları

İndirgeyici ajan	Patojen mikroorganizma	Meyve ve sebze	Temel bulgular	Referans
<i>Fatsia japonica</i> yaprak özleri	<i>Penicillium italicum</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Turunçgiller	100 µg/mL AgNP konsantrasyonunda çürüme oranının yaklaşık % 50 oranında azaldığı bildirilmiştir.	Zhang ve ark., 2017
Oolong çay ekstraktı	-	Çeri domates	15 günlük depolama sonunda AgNP’e daldırılan domateslerin, işlem görmemiş domateslere göre 2,4 kat daha iyi korunduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Oolong çay ekstraktları kullanılarak sentezlenen AgNP’lerin, kimyasal yöntemle hazırlanan AgNP'lere kıyasla çeri domateslerinin hasat sonrası kalitesini daha iyi koruduğu bulunmuştur.	Gao ve ark., 2017
Gallik asit	<i>E. coli</i> <i>S. aureus</i>	Kivi	Furcellaran, jelatin ve nanoselenyum-AgNPs'ten yapılmış nanokompozit filmleri, <i>E. coli</i> ve <i>S. aureus</i> ’a karşı iyi antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Se-AgNP’lerin filmlere dahil edilmesi, nanokompozitin UV ışık bariyeri, mekanik ve termal kararlılık özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamıştır. Nanokompozit filmlerdeki taze kiviler, LDPE filmdeki meyvelerden daha uzun raf ömrüne sahip olduğu belirtilmiştir.	Jamróz ve ark., 2019

Mentha yaprak özleri	<i>Escherichia coli</i> <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>S.aureus</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Micrococcus luteus</i>	Çilek	AgNP ilaveli antimikrobiyal filmlerin gram negatif ve gram pozitif bakterileri etkili bir şekilde inhibe ettiği görülmüştür. Ayrıca AgNP ilaveli filmlerin mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu saptanmıştır. 6 günlük depolamanın sonunda, Ag ilaveli filme paketlenmiş çileklerin ağırlık kaybının ambalajlanmamış örneklerle göre %30 daha az olduğu belirtilmiştir.	Kanikireddy ve ark., 2020
<i>Diospyros kaki</i> özütü	<i>Salmonella enterica</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>E. coli</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Taze kesilmiş sarı ve kırmızı biber	AgNP ilavesinin sarı ve kırmızı biberlerde fizikokimyasal hasara neden olmadan ve mikrobiyal kontaminasyonları inhibe ederek, 4 °C'de ürünlerin raf ömürlerini 12 gün arttırdığı belirlenmiştir.	Saravanakumar ve ark., 2020
Mango kabuğu özütü	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	Çilek	AgNP'lerin eklenmesi filmin mekanik özelliklerini, su buharı ve oksijen geçirgenliği özelliklerini iyileştirmiştir. Film iyi antibakteriyel özellikler sergilemiş ve <i>Escherichia coli</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i> 'a karşı inhibisyon oranı % 95'in üzerinde bulunmuştur. Ayrıca, üretilen filmler gümüş göçü ve sitotoksitesite ile ilgili standartları karşılamış, ve filmlerle ambalajlanan çileklerin raf ömrünün önemli ölçüde uzadığı belirlenmiştir.	Cheng ve ark., 2021
Muz kabuğu özütü	-	Muz blokları	AgNP içermeyen solüsyonla kaplanan örneklerde 3. günde beyaz küfler gözlemlendiği ve 5.günde yüzeyin tamamen küflendiği ve siyah lekeler oluştuğu görülürken, AgNP'ler ile kaplanmış muz bloklarında 5 günlük depolama süresi boyunca küflenme görülmemiştir. Sonuçlar, muz kabuğu özütüyle sentezlenen AgNP'lerin muz bloğunda küf gelişimini önleyebileceğini ve muzun raf ömrünü uzatabileceğini göstermiştir.	Goh ve ark., 2023

Nar atığı özleri	<i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>S. typhi</i> ve <i>Candida</i>	Mandalina	AgNP ilavesinin mandalınanın oksijen iletimini düzenlediği, H ₂ O ₂ birikimini azalttığı ve meyvenin raf ömrünü arttırdığı saptanmıştır.	Alharbi ve ark., 2024
Sodyum nitroprusid dihidrat	<i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enterica</i> , <i>E. coli</i>	Muz	AgNP ilaveli filmler tüm test edilen <i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enterica</i> , <i>E. coli</i> patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Muzların depolanması sırasında, AgNP nanokompozit kaplamalar mikrobiyal kontaminasyona karşı bir bariyer görevi görmüş ve muzların olgunlaşmasını yavaşlatarak raf ömrünü büyük ölçüde arttırmıştır.	Zhang ve ark., 2024

1.8. Aktif Ambalajlama

Aktif ambalajlama kavramı ürünün raf ömrünü uzatmak, duyu özelliklerini geliştirmek, kalitesini korumak ve gıda güvenliğini artırmak amacıyla paketin durumunu aktif olarak değiştiren bir paketleme sistemi olarak tanımlanmaktadır (Yadav ve ark., 2015). Aktif ambalajlama sistemleri çalışma prensiplerine göre “aktif salıcı-yayıcı sistemler” ve “aktif emici-tutucu sistemler” olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Üçüncü, 2011). Aktif salıcı-yayıcı sistemlerde karbondioksit, etanol ve tat-koku salıcılar, aktif emici-tutucu sistemlerde ise oksijen, karbondioksit, nem, tat/koku ve etilen tutucular kullanılmaktadır (Karagöz ve Demirdöven, 2017). Gıda ambalajındaki çevresel veya fizyolojik koşulları değiştirmek için aktif paketleme sistemleri genellikle oksijen, karbon dioksit, etilen, tat/koku ve aşırı su gibi istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılmasını sağlayan farklı fonksiyonlar sunmaktadır (Bodbodak, 2016). Ayrıca aktif ambalajlama teknolojisinde, farklı bileşenler ambalaj malzemesine eklenerek ya da ambalaj içerisine kesecikler halinde konularak ambalaja etilen, karbondioksit gibi gazları tutma özelliği, antimikrobiyal ve antioksidan özellik kazandırılarak gıdaların raf ömrünün uzatılması hedeflenmektedir (Yildirim ve ark., 2018). Ambalaj malzemesi olarak polietilen (PE) ve polipropilen (PP) gibi sentetik polimerler; iyi mekaniksel özelliklere sahip olmaları, kolay işlenebilirlikleri ve düşük maliyetli olmaları sebebiyle tercih edilmektedir. Ancak fonksiyonel özelliklere sahip olmayan bu polimer/filmlerin aktif ambalajlama alanında kullanılabilmeleri için

antioksidan ve/veya antimikrobiyal aktiviteye sahip fonksiyonel materyallerin ambalaj tasarımına dahil edilmesi gerekmektedir (Wu ve ark., 2019). Nanokompozit antimikrobiyal paketleme sistemleri, mekanik, bariyer, termal ve antimikrobiyal özellikler gibi gelişmiş özelliklere sahip oldukları için hasat sonrası mikrobiyal bozulma oranının azaltılması, gıdanın raf ömrünün arttırılması ve kalitesinin korunmasıyla birlikte önemli ekonomik kayıpların önlenmesinde etkili bir tekniktir (Jafarzadeh ve ark., 2021; Lugani ve ark., 2023). Aktif ambalajlara antimikrobiyal özellik kazandırmak için eklenen nano-metaller arasında gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) belirgin antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Wu ve ark., 2019).

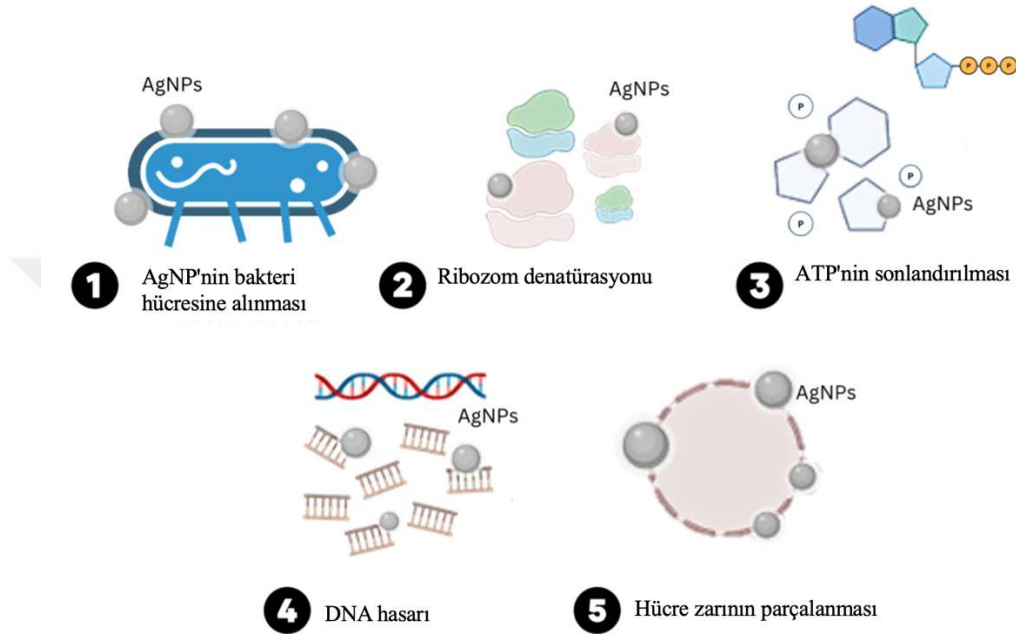
1.9. Gümüş Nanopartikül

Küfler, virüsler ve bakterilere karşı güçlü antimikrobiyal aktivite gösteren gümüşün, antik çağlardan beri kullanıldığı bilinmektedir (Castangia ve ark., 2017; Acay ve ark., 2019). Daha yakın bir zamanda gümüş solüsyonuna yenilikçi bir yöntem olarak gümüş nanopartiküller ortaya çıkmıştır (Castangia ve ark., 2017). Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), patojenik bakterilere ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı geniş bir etki spektrumuna sahip antimikrobiyal ajanlardır (Simbine ve ark., 2019). Boyutları 1-100 nm aralığında olan AgNP'ler yığın halindeki gümüşle karşılaştırıldığında daha geniş yüzey alanına sahip olması nedeniyle daha yüksek antimikrobiyal etki göstermektedir (Bruna ve ark., 2021).

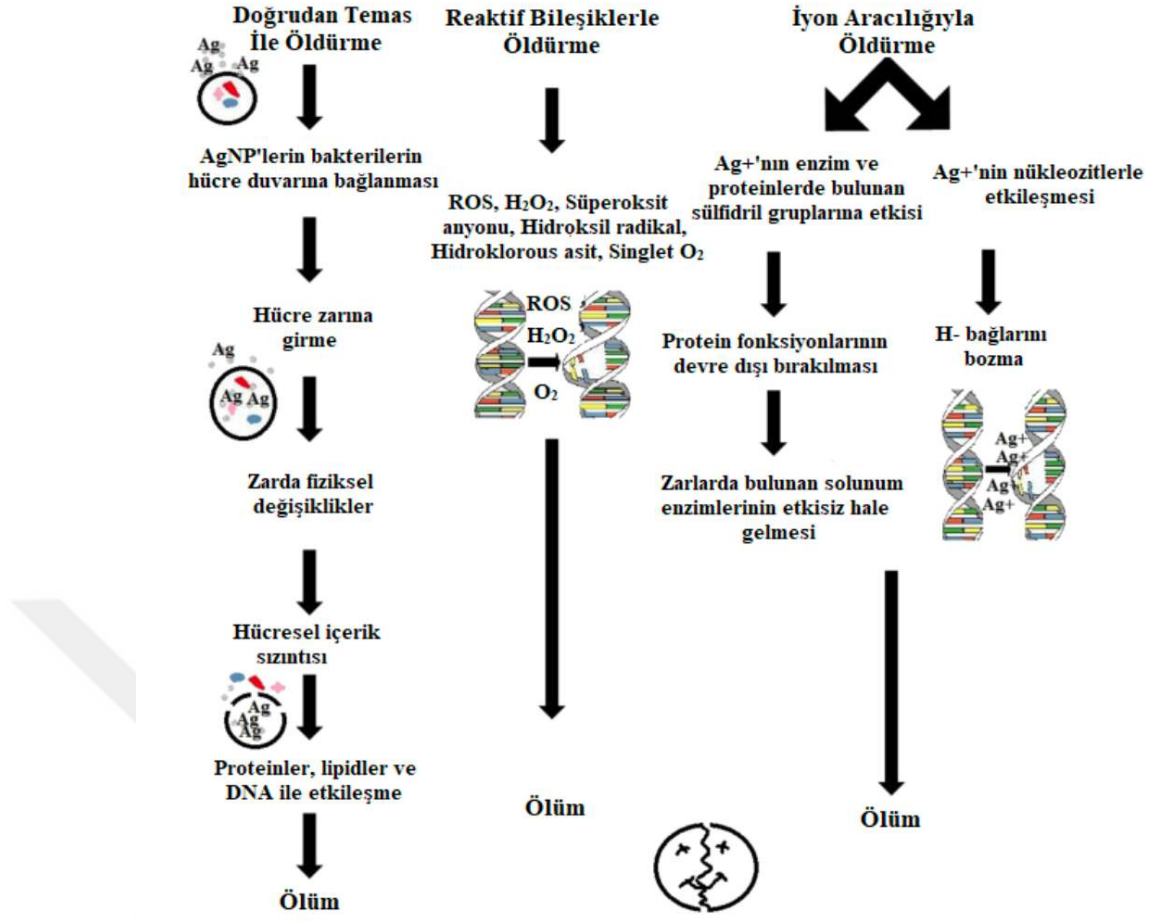
AgNP'lerin mikroorganizmalara karşı etki mekanizması, çeşitli yollarla gerçekleşen karmaşık bir süreç olduğundan henüz tam olarak açıklanamamıştır (Anvar ve ark., 2021). Genel olarak AgNP'lerin bakterinin hücre duvarına nüfuz ettiği ve böylece hücre zarında yapısal değişikliklere neden olduğu ve bunun da hücre geçirgenliğinin bozulması yoluyla bakteri hücrelerinin ölümüne yol açtığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesiyle ilgili en çok kabul edilen teori, etkinliğinin boyuta ve konsantrasyona bağlı olduğu görüşüdür (Massironi ve ark., 2019).

Gümüş NP'ler, hücre zarına bağlanarak zarın geçirgenliğinde artışa neden olur ve bu süreç gümüş iyonlarının (Ag^+) serbest bırakılmasını sağlar. Serbest kalan gümüş

iyonlarının bakteri hücrelerine alınması, solunum enzimlerini etkisiz hale getirir ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini uyarır, bununla birlikte adenosin trifosfat (ATP) sentezini de kesintiye uğratar. Üretilen ROS'un, DNA hasarına yol açarak bakteriyel hücre ölümüne neden olabileceği ifade edilmektedir (Anvar ve ark., 2021). Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal etki mekanizması Şekil 1.2 ve Şekil 1.3'te gösterilmiştir.

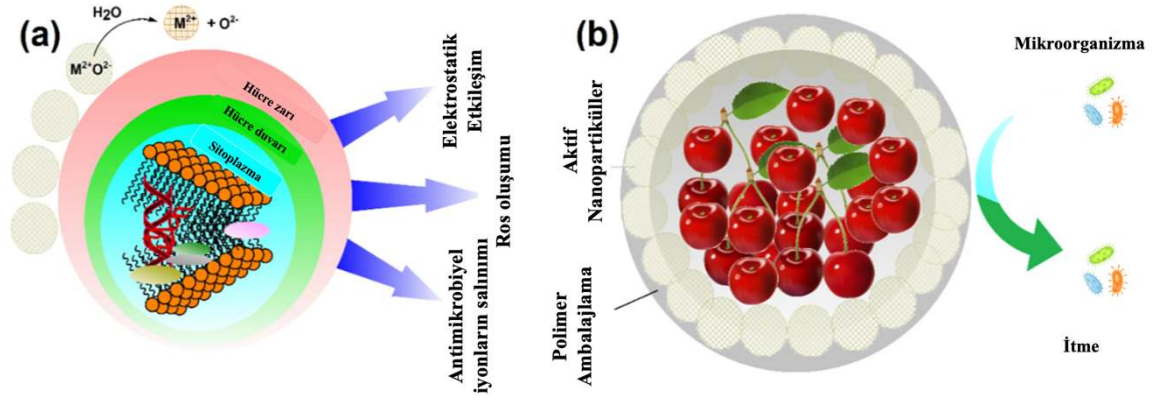


Şekil 1.2. AgNP'lerin çeşitli antimikrobiyal aktivite mekanizmaları. (1) AgNP'lerin bakteri hücrelerinin hücre zarına girişi; (2) ribozom denatürasyonu; (3) ATP'nin sonlandırılması; (4) membran bozulması, DNA hasarı; (5) hücre zarının parçalanması (Trotta ve ark., 2023).



Şekil 1.3. Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitesini etkileyen ana faktörler ve varsayımsal mekanizmalar (Zorraquín-Peña ve ark., 2020; Ahmad ve ark., 2021).

Yüksek sıcaklık seviyelerine maruz kalma gibi zorlu üretim koşullarına dirençleri sayesinde AgNP'lerin, gıda tazeliğini, güvenliğini ve uzun vadede besin değerini koruma gibi önemli avantajlarla gıda ambalajlamada kullanımı üzerinde çalışmalar artmıştır (Vadakkan ve ark., 2024). Şekil 1.4'te nanokompozit filmlerin meyveler üzerindeki antimikrobiyal aktivite mekanizması yer almaktadır.



Şekil 1.4. (a) nanokompozit filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin mekanizması ve (b) nanokompozitlerin taze meyveler üzerindeki mikroorganizmalara karşı tepki mekanizması (Jafarzadeh ve ark., 2021).

AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesini nanopartikülün şekil ve boyutu etkilemektedir. Küresel ve üçgen şekilli AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitelerin daha yüksek olduğu ifade edilmektedir (Trotta ve ark., 2023). Ayrıca yapılan çalışmalarda AgNP'lerin boyutu küçüldükçe yüzey alanının artması sebebiyle antimikrobiyal etkinliğinin arttığı görülmektedir (Loo ve ark., 2018; Trotta ve ark., 2023; Al-asbahi ve ark., 2024). Tablo 1.3'te gıda ambalajlarına ilave edilen gümüş nanopartiküllerin (AgNP) antimikrobiyal etkileri üzerine yapılan çalışmalar yer almaktadır.

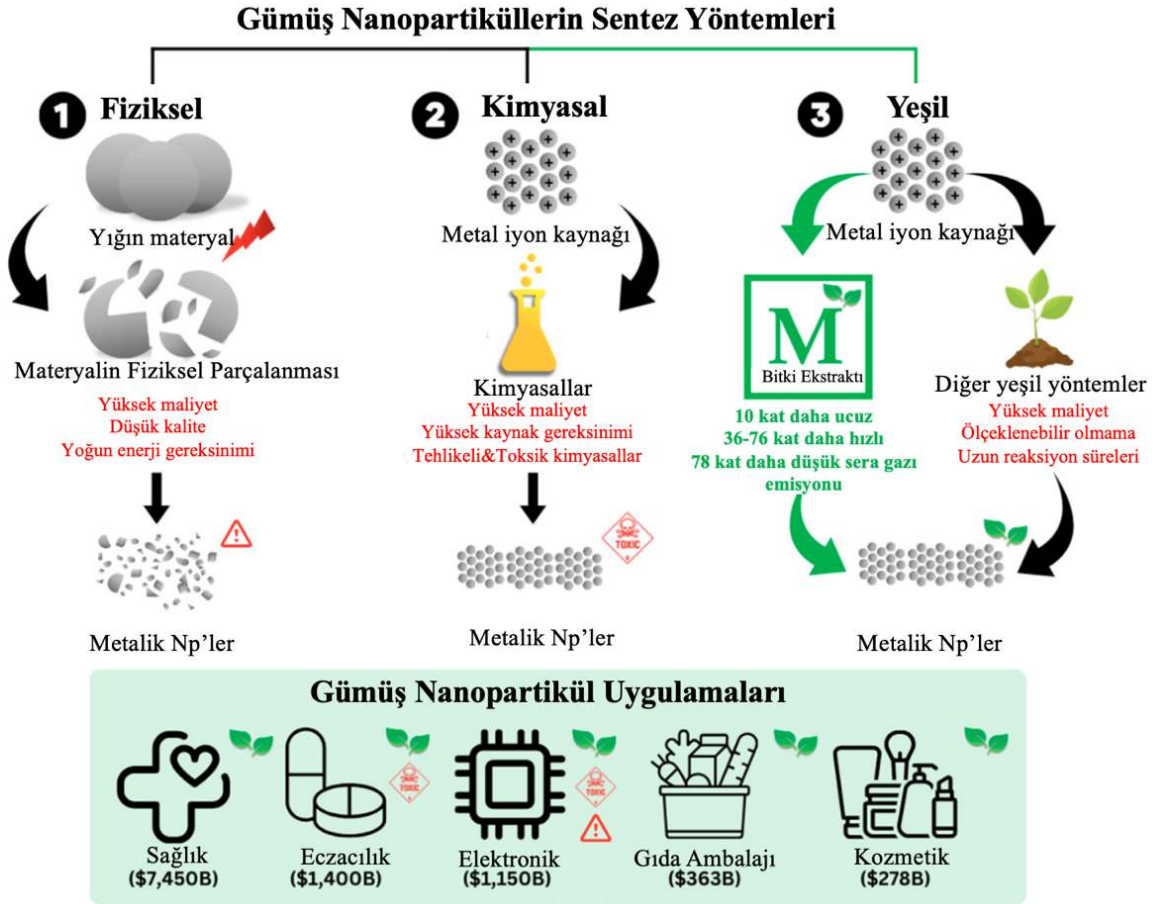
Tablo 1.3. Gıda ambalajlarına ilave edilen gümüş nanopartiküllerin (AgNP) antimikrobiyal etkileri

Nanokompozit	Miktar	Test edilen gıda kaynaklı mo.	Gıda	Temel Etki	Referans
AgNP/ZnO/ LDPE	%1,5 (%95 TiO ₂ +%5 AgNP) %1 (%95 TiO ₂ +%5 AgNP) %0,25 ZnO NP %1 ZnO NP	Toplam aerobik bakteri Maya ve küf	Portakal suyu	Nanopartikül ilaveli filmler ürünlerin raf ömrünü 28 güne kadar uzatmış ve duyuşsal özellikleri kontrole göre daha iyi korumuştur.	Emamifar ve ark. 2010
AgNP/ selüloz	% 1	Toplam aerobik bakteriler, Laktik asit bakterileri, <i>Pseudomonas</i> spp. ve <i>Enterobacteriaceae</i>	Sığır eti	Emici pedlerde bozulmaya neden olan mikrofloranın azaltılması sağlanmıştır.	Fernández ve ark., 2010
Ag, TiO ₂ ve kaolin nano tozu içeren LDPE	-	-	Çilek	Sonuçlar, nano ambalajlamanın çileklerin duyuşsal, fizikokimyasal ve fizyolojik kalitesini polietilen ambalajlar ile karşılaştırıldığında daha iyi koruduğunu göstermiştir.	Yang ve ark., 2010
AgNP/ZnO kekik ve biberiye yağı içeren Pullulan	-	<i>Listeria monocytogenes</i> ve <i>Staphylococcus aureus</i>	Hindi salam	Nanopartiküllerin patojen riskini azalttığı belirtilmiştir.	Khalaf ve ark., 2013
Esansiyel yağlarla pullulan, AgNP/ZnO	-	<i>S. Typhimurium</i> <i>L. monocytogenes</i> <i>E. coli</i> O157:H7 <i>S. aureus</i>	Et ve kümes hayvanları ürünleri	Elde edilen yenilebilir filmlerin, soğutulmuş, taze veya ileri işlenmiş et ve kümes hayvanı ürünlerinin güvenliğini artırabileceğini göstermektedir.	Morsy ve ark., 2014
Polietilen AgNP/TiO ₂	5 g	<i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus subtilis</i> Maya ve küf	Buğday ekmeği	Ag/TiO ₂ ilaveli ambalajla paketlenen ekmeğin raf ömrü ve mikrobiyolojik güvenliği daha yüksek bulunmuştur.	Mihaly Cozmuta ve ark., 2015
Plastikleştirilmiş polilaktid/Polietilen glikol/Ag-Cu NP/Tarçın esansiyel yağı	% 2-4 Ag-Cu NP	<i>C. jejuni</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. Typhimurium</i>	Tavuk eti	Kompozit filmlerin, 4 °C'de 21 gün boyunca kontamine tavuk eti örneklerinde tüm test mikroorganizmalarına karşı güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirtilmiştir.	Ahmed ve ark., 2018
LDPE/AgNP/ TiO ₂	0, % 1, % 3 ve % 5 AgNP	<i>A. niger</i> , <i>C. albicans</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	Levrek fileto	% 3 AgNP oranında tüm incelenen bakterilere karşı maksimum inhibisyon zonu ölçülmüştür.	Barani ve ark., 2018
PLA (polilaktik asit) Ag	%0, %1, %5, %10	-	Çilek	Saf PLA filmiyle karşılaştırıldığında, nano-Ag aktif filmlerin, çileklerin depolama sırasında ağırlık kaybı, sertlik, briks ve titre edilebilir asit içeriğindeki düşüşü geciktirdiği ayrıca C vitamini, toplam fenolik madde	Zhang ve ark., 2018

				ve DPPH değerlerinin daha iyi korunduğu belirtilmiştir.	
LDPE/AgNP/TiO ₂ NP	%0,1, % 0,3, %0,5, %1, %3 ve 5 AgNP	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	Tavuk eti	% 5 Ag ve %5 TiO ₂ içeren filmin, <i>S. aureus</i> ile kontamine olmuş örneğin mikrobiyal yükünü azaltmada en büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür.	Lotfi ve ark., 2019
Polivinil alkol/Pirinç nişastası/AgNP	6,8 µg/mg AgNP	<i>S. aureus</i> ve <i>S. typhimurium</i>	-	Kontrol PVA ile karşılaştırıldığında, nanokompozitler, iyileştirilmiş mekanik ve optik özellikler göstermiştir. AgNP'lerin ilavesinin filmlere antibakteriyel özellik kazandırdığı belirlenmiştir.	Mathew ve ark., 2019
LDPE/AgNP	1,50- 75,00 µg/ml AgNP	<i>Penicillium expansum</i> , <i>E. coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Typhimurium ve <i>S. aureus</i>	-	Çalışılan tüm mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki tespit edilmiş olup gram-negatif bakterilerde gram-pozitif bakterilere göre daha belirgin bir etki saptanmıştır.	Brito ve ark., 2020
Selüloz/AgNP	0,005, 0,01, 0,02, 0,04 ve 0,08 g AgNP	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	-	Üretilen 0,04 g AgNP ilaveli filmin her iki bakteri türüne karşı inaktivasyon etkisinin % 99,9'dan fazla olduğu belirlenmiştir.	Chen ve ark., 2020
LDPE/Ag/TiO ₂ LDPE/AgCu/TiO ₂	Farklı oranlarda Ag Cu ve TiO ₂	<i>E. coli</i> ve <i>L. monocytogenes</i>	Balık	% 2,5 Ag+ % 2,5 Cu+% 5 TiO ₂ içeren filmin, balık örneği üzerinde en yüksek antimikrobiyal etkiye sahip olduğu görülmüştür.	Efatian ve ark., 2021
Karboksimetil selüloz/Selüloz nanokristal-AgNP	% 1, % 3, % 5 ve % 7 AgNP	<i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	Çilek	AgNP ilaveli filmlerle paketlenmiş çileklerin kalitesinin paketlenmemiş çileklere kıyasla daha iyi korunduğu ve çileklerin raf ömrünün 7 güne uzatıldığı saptanmıştır.	He ve ark., 2021

1.10. Gümüş Nanopartikül Sentezi

AgNP'lerin sentezi fiziksel, kimyasal ve yeşil yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Wasilewska ve ark., 2023). Şekil 1.5'te gümüş nanopartiküllerin sentez yöntemleri ve bu yöntemlerin etkin özellikleri yer almaktadır.

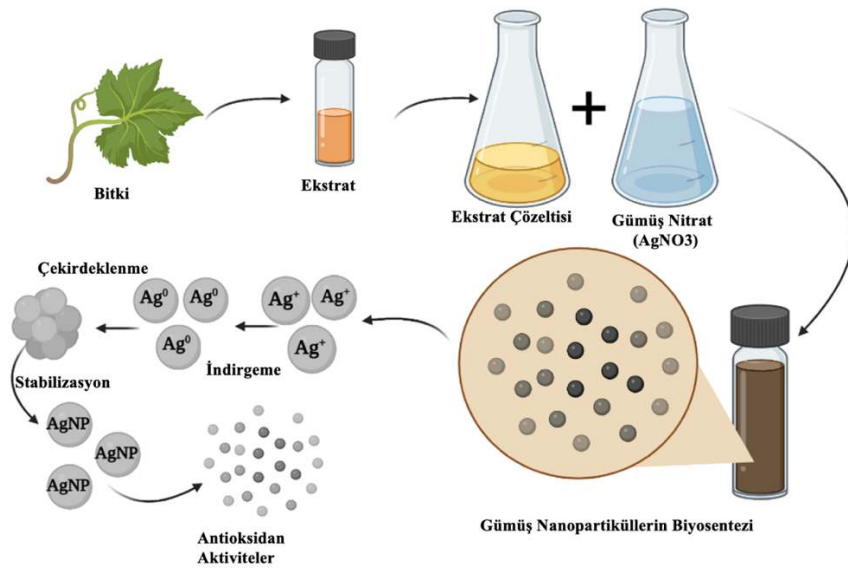


Şekil 1.5. Gümüş nanopartiküllerin sentez yöntemleri (Trotta ve ark., 2023).

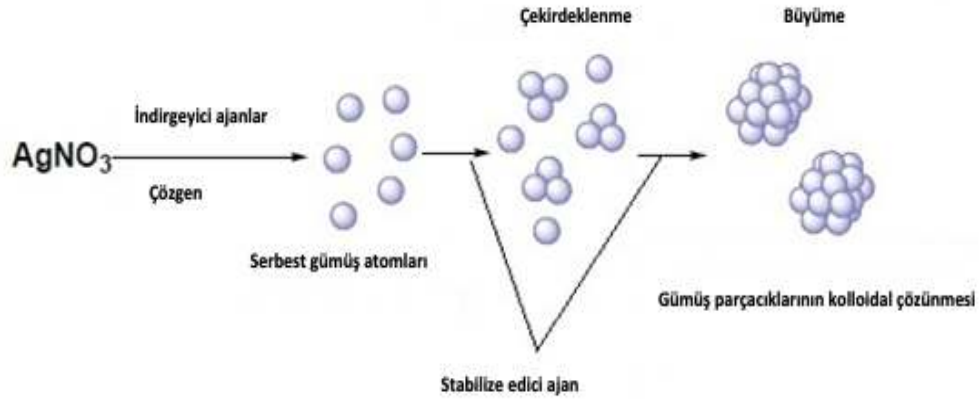
Fiziksel yöntemle AgNP sentezinde, yığın malzemeler yüksek enerji ve materyal girdileri kullanılarak parçalanmaktadır. Bu yöntemle sentezlenen gümüş nanopartiküller genellikle homojen boyut ve morfolojik özelliklere sahip değildir. Fiziksel sentezde en sık kullanılan teknikler arasında buharlaşma-kondansasyon ve lazer ablasyonu yer almaktadır (Trotta ve ark., 2023). Kimyasal yöntem ile AgNP sentezi indirgeyici ve stabilize edici ajanların varlığında bir gümüş öncü tuz kullanılarak sulu bir ortamda yapılmaktadır. Bu yöntemde polivinilpirolidon gibi yüzey aktif maddelere ek olarak sodyum borohidrit, hidrazin ve sodyum sitrat gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Raota ve ark., 2019). Son yıllarda nanopartiküllerin sentezinde kimyasal metotlara alternatif olarak yeşil sentez yöntemi dikkat çekmektedir (Acay ve ark., 2019).

1.10.1. Yeşil Sentez

Yeşil sentez; nanopartikül eldesinde bitkilerde bulunan indirgeyici ve stabilize edici biyoaktif bileşenlerin ajan olarak kullanıldığı, düşük maliyetli ve çevre dostu bir yöntemdir (Raota ve ark., 2019). Bitki bazlı yeşil sentezde genellikle bitkilerin farklı kısımları (yapraklar, kökler, çekirdekler ve meyveler) kullanılabilir (Acay ve ark., 2019). Bitki özlerindeki gümüş nanopartikül sentezinde fitokimyasallar, ortamda bulunan iyonik formdaki gümüş (Ag^+) iyonlarını metalik gümüş (Ag^0)'e indirgeyerek stabil özellikte AgNP'leri oluşturmaktadır (Acay ve ark., 2019; Bayğu, 2020). Gümüşün metalik ve bileşik formunun güçlü antimikrobiyal etkisinin bulunduğu uzun zamandır bilinmektedir (Cansız ve Kırmusaoğlu, 2018). Bitki özütü, $AgNO_3$ sulu çözeltisine eklendiğinde, Ag^+ iyonları AgNP'lere indirgenmektedir (Korkmaz, 2019). Bitkilerde bulunan flavonoidler, antosiyaninler, taninler ve hidroksibenzoik asitler gibi fenolik bileşikler yeşil sentezde indirgeyici ajan olarak kullanılmaktadır. Bu bileşikler, bitkilerde antioksidan, antiinflamatuvar, antiviral ve antibakteriyel olarak görev yapan çok sayıda metabolitler arasında yer almaktadır (Raota ve ark., 2019). Zengin fenolik bileşen içeriğine sahip üzüm gibi bitkiler de yeşil sentezde kullanılmaktadır. Hashim ve ark. (2020) yaptıkları bir çalışmada üzüm (*Vitis vinifera*) kabuğu ekstraktından yeşil sentez yolu ile elde ettikleri gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal etkisinin olduğunu ifade etmişlerdir. Bitkilerin farklı kısımlarından gümüş nanopartiküllerin biyosentezi Şekil 1.6 ve Şekil 1.7'de şematik olarak açıklanmıştır.



Şekil 1.6. Yeşil sentez kullanılarak AgNP'lerin sentezinin şematik gösterimi



Şekil 1.7. Gümüş nanoparçacıkların oluşumunun genel mekanizması (Gamboa ve ark., 2019).

Bu yöntem bitkilerin kolay bulunabilir olması, kimyasalların zararlı etkilerinden kaçınılması, büyük ölçekli üretim için uygunluğu, düşük maliyetli olması, daha az atık gibi avantajları nedeniyle tercih edilmektedir (Bayğu, 2020; Doğanyığit ve ark., 2019). Ayrıca AgNP'lerin sentezi için çeşitli sentetik yöntemler arasında biyolojik yöntemler basit, hızlı, toksik olmayan, güvenilir ve yeşil yaklaşımlar olarak kabul edilmektedir (Jain ve ark., 2021).

1.11. Üzüm Atıklarından Gümüş Nanopartikül Eldesi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda bitkilerden ekstrakte edilen fenolik bileşiklerin gümüş nanopartikül eldesinde kullanımı ile ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. Üzüm yapraklarından elde edilen AgNP'lerin sırasıyla 0,314, 0,078 ve 0,334 µg/mL konsantrasyonlarında hastane patojenlerinden Gram-negatif *Escherichia coli* ATCC 25922, Gram-pozitif *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ve *Candida albicans* mantarına karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Acay ve ark., 2019). Soto ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada üzüm ve portakal atıklarından gümüş nanopartiküllerin ekstraksiyonu için yeşil sentez uygulamışlardır. *E. coli* O157:H7 için, sadece üzüm ekstraktından elde edilen AgNP'lerin doza bağlı bir antimikrobiyal aktivite sergilediği bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada üzüm yaprağı ekstresi gibi bitkisel özütlerin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve bu etkinin, polimerik nanopartiküllere

(NP'ler) dahil edilerek ve/veya bunları antimikrobiyal AgNP'ler ile hibrit bir formda geliştirilerek daha da artırılabilirliği gözlemlenmiştir (El-Sherbiny ve ark., 2016). Özkan (2019) çalışmasında hem kuru üzüm özütünün hem de yeşil sentez yolu ile kuru üzümde elde edilen gümüş nanopartiküllerinin antimikrobiyal aktivitesini araştırmıştır. Sonuçlara bakıldığında sadece üzüm özütünün patojen bakteriler üzerine herhangi bir inhibe edici etkisinin olmadığı ancak gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal özellik gösterdiğini saptamıştır. TEMPO ile oksitlenmiş nano-selüloz (TNC), üzüm çekirdeği ekstresi (GSE) ve hareketsizleştirilmiş gümüş nanopartiküller (TNC@AgNP'ler) bazlı yeni çok işlevli film (TNC/GSE/AgNP'ler) üretiminin yapıldığı bir çalışmada, şeffaf TNC/GSE/AgNP filmlerinin, saf TNC filmlerine kıyasla daha iyi mekanik özellikler, daha düşük su buharı ve oksijen geçirgenliği sergilediği görülmüştür. Ayrıca filmlerin, *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı iyi antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ek olarak TNC/GSE/AgNPs filmlerinin, DPPH (6,87 µg Vc /mg) ve TRAP (82,67 µg Trolox/mg) yöntemleriyle değerlendirildiğinde güçlü bir antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Wu ve ark., 2019).

1.12. İşlem Görmemiş ve/veya Minimum İşlenmiş Meyve ve Sebzeler

Günümüzde giderek daha fazla taze, doğal ve besleyici gıda grubu arasında yer alan meyve ve sebzelere olan talep artmıştır (Bizymis ve ark., 2023). Ayrıca yoğun yaşam koşulları nedeniyle tüketiciler çoğunlukla işlenmiş, paketlenmiş ve yemeye hazır gıda ürünlerine yönelmektedir. Bu ürünlerdeki en önemli gereksinim, mikrobiyal gelişimini engelleyebilecek ve dolayısıyla gıdaların raf ömrünü artırmaya yönelik etki gösterebilecek ambalajlara ihtiyaç duyulmasıdır (Chadha ve ark., 2024).

İşlem görmemiş ve minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin tüketimi sağlıklı ve dengeli beslenmenin sürdürülmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Mendoza ve ark., 2022). Özellikle son yıllarda pratik, kullanışlı ve sağlıklı ürünlere olan talebin artmasıyla birlikte minimal işlenmiş meyve ve sebzeler gıda endüstrisinin en hızlı büyüyen ürün gruplarından biri haline gelmiştir. Ancak meyve ve sebzelerin minimum düzeyde işlenmesi ürünleri daha hızlı bozulmaya, biyokimyasal değişikliklere ve mikrobiyal kontaminasyona karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Bu nedenle minimal işlem görmüş meyve ve sebzeler soğukta depolama, kimyasal ve/veya fiziksel koruma

yöntemleriyle uzun raf ömrü ve gıda güvenliği sağlayan etkili bir yöntemlere ihtiyaç duymaktadır (Gomes ve ark., 2023). Ayrıca işlem görmemiş ve minimal işlenmiş meyve ve sebzelerin hasat sonrası depolanabilirliği, hızlı fizyolojik değişiklikler ve mikrobiyal bozulma nedeniyle gıda kalitesinde meydana gelen değişiklikler tüketicinin kabulünü doğrudan etkilemekte ve üründe ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Ali ve ark., 2024). Geleneksel gıda ambalaj malzemeleri ve sistemleri ile bu ürünlerin muhafazası sağlanmakla birlikte raf ömrü süresince kalitenin yeterli derecede korunamamasından dolayı endüstride yeni ambalaj sistemlerine olan ihtiyaç artmıştır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere geliştirilen aktif ambalaj sistemleri, gıda güvenliğinin sağlanması ve gıda kalitesinin korunması bakımından artan tüketici ve pazar talebini karşılamayı amaçlamaktadır. Gıdaların ambalajlanması için farklı ambalajlama tekniklerinden söz edilebilir. Bu tekniklerden biri olan aktif ambalajlamada, materyale istenilen özelliklerin kazandırılabilmesi için antimikrobiyal, antioksidan vb. etkiye sahip bileşenler dahil edilmekte ve böylece taze gıdaların stabilitesi arttırılmakta ve gıda güvenliği sağlanmaktadır (Alp-Erbay, 2022; Suvarna ve ark., 2022). Bu gelişmeler, ambalajlama süreçlerinde yenilikçi yaklaşımların önemini ortaya koymakta ve yeni nesil teknolojilerin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Son yıllarda gıda endüstrisinde nanopartiküllerin polimerlere ilave edilmesi ve ambalajlara antimikrobiyal özellik kazandırılmasına yönelik araştırmalar dikkat çekmektedir (Goh ve ark., 2023; Alharbi ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024).

1.12.1. Çilek

Çilek, vitamin, antioksidan, mineral madde ve diyet lifleri gibi besin unsurlarını yeterli miktarda içermesinden dolayı yüksek besin değerine sahip ve dünya çapında ekonomik açıdan en önemli meyvelerden biridir (Shankar ve ark., 2021). Ancak mekanik yaralanmaya, fizyolojik bozulmaya, su kaybına ve çürümeye karşı oldukça hassas bir meyve olmasından dolayı raf ömrü düşük sıcaklıklarda (0-4 °C) bile maksimum 5 gün ile sınırlıdır (Caner ve ark., 2008; Paulsen ve ark., 2021; Shankar ve ark., 2021). Raf ömrünün bu kadar kısa olması ürünün pazarlamasını da zorlaştırmaktadır (Barikloo ve Ahmadi, 2018). Bu nedenle yeni koruma yöntemleri ile hem ürün kalitesinin arttırılması hem de raf ömrünün uzatılmasıyla ekonomiye katkı sağlanması hedeflenmektedir.

1.12.2. Karadut

Üzümsü meyveler sınıfında yer alan karadutun raf ömrü 1-2 °C’ de 3-4 gün olarak belirtilmektedir (Kucelova ve ark., 2016; Tabakoglu ve Karaca, 2018). Yüksek su içeriğine sahip ve oldukça hassas bir meyve olan karadut raf ömrünün çok kısa olması dolayısı ile taze olarak tüketimi sadece hasat dönemi ile sınırlı olduğundan ticari ve endüstriyel açıdan yeterince değerlendirilememektedir.

1.12.3. Enginar

Enginar zengin antioksidan, antikanserojenik, antimikrobiyal ve idrar söktürücü özellikleri ile bilinen Akdeniz bölgesinin önemli bir sebze ve tıbbi bitki türüdür (El-Mogy ve ark., 2020). Besinsel faydaları ve gastronomik özellikleri nedeniyle tüketicilerin enginara olan talebi artmaktadır. Yıkama, dış yaprakların çıkarılması, dilimleme ve paketlenme gibi minimum işlem basamakları, nakliye maliyetlerinin düşürülmesi, depolama alanının azaltılması ve tüketiciler için hazırlama süresinin kısaltılması için önemli avantajlar sağlamaktadır (Del Nobile ve ark., 2009; Ghidelli ve ark., 2013).

1.12.4. Hazır Salata

Besin değeri ve sağlığa olan yararlı etkileri nedeniyle hazır salatalara olan tüketici talebi gün geçtikçe artış göstermektedir. Bu ürünler minimal işlemlerden geçtikten sonra tüketim anına kadar soğukta muhafaza edilmektedir. Ancak psikrofilik bakterilerin üreme ihtimali nedeniyle soğuk depolama gıda güvenliği için yeterli değildir (Parichanon ve ark., 2022). Ayrıca kolaylık ve tazelik amacıyla önceden paketlenen hazır salatalar ≤ 5 °C sıcaklıklarda yaklaşık 7-10 günlük bir raf ömrüne sahiptir (Tsironi ve ark., 2017). Son yıllarda tüketime hazır taze meyve ve sebzelere yönelik tüketici talebinin artması, endüstriyi ve bilim insanlarını minimum düzeyde işlenmiş ürünler üretmek ve ticarileştirmek için yeni muhafaza teknikleri aramaya yöneltmiştir (Gostin ve ark., 2019). Hazır salata ürünlerinin kalitesini korumak ve raf ömrünü arttırmak için daha etkin gıda koruma ve muhafaza teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatür incelendiğinde AgNP'lerin kullanımı ambalaj üretiminde uygulanmıştır ancak posa ve yapraklardan yeşil sentezlenmiş AgNP'lerin uygulanması hakkında yapılan herhangi bir çalışma tespit edilmemiştir. Bu çalışmada üzümün posa ve yaprak ekstraktlarından AgNP sentezlemek için çevre dostu bir yöntem olan yeşil sentez kullanılmış ve elde edilen gümüş nanopartikülün meyve sebze ambalajlamada kullanım olanakları araştırılmıştır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada gümüş nanopartikül içeren aktif ambalaj film üretiminde kullanılan üzüm posası ve üzüm yaprakları Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nden 2 sezonda temin edilmiştir. Ambalaj filmi üretim çalışmaları Düderi Boya ve Kimyevi Maddeler San. Tic. Ltd. Şti. (İzmir, Türkiye) firmasında gerçekleştirilmiştir. Raf ömrünü belirlemek amacıyla paketlenmiş olan karadut, çilek ve enginar örnekleri Manisa'da bulunan yerel bir manavdan, hazır salata yapımı için kullanılan yeşil marul, kırmızı marul, roka, havuç ve mor lahana örnekleri ise yerel bir catering firmasından temin edilmiştir.

2.2. Deneme Deseni

Çalışma kapsamında bitkisel atıklardan yeşil sentez yöntemi ile gümüş nanopartikül elde edilerek aktif ambalaj üretimi ve ardından üretilen ambalajın taze meyve ve sebzelerde kullanımı amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışma 5 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, üzüm posası ve üzüm yaprakları güneş, gölge ve tepsili kurutucu (50 °C, 1,5 m/s hava akımı) olmak üzere 3 farklı yöntemle % 5-10 bağıl neme ulaşınca kadar kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada en yüksek oranda fenolik bileşen içeren kurutma yöntemi ve bitkisel atıklardan en yüksek fenolik bileşen içeriği sağlayan ekstraksiyon yöntemi seçilmiştir.

İkinci aşamada kurutulan üzüm posası ve üzüm yapraklarından yeşil sentez yöntemi ile gümüş nanopartikül eldesi sağlanmıştır.

Üçüncü aşamada elde edilen gümüş nanopartiküller % 0,5 ve % 1 oranlarında lineer düşük yoğunluklu polietilen (LLDPE) ile karıştırılıp aktif ambalaj filmi üretimi gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü aşamada, elde edilen aktif ambalaj filmleriyle çilek, karadut, enginar çanağı ve hazır salata ürünleri ambalajlanmıştır. Ardından paketlenmiş ürünler +4 °C’de 15 gün süreyle depolanmıştır.

Son aşamada ise depolanan ürünlerde depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilerek ürünlerin raf ömrü belirlenmiştir.

2.2.1. Üzüm Yaprığı ve Üzüm Posasının Kurutulması

Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü’nden temin edilen genç ve kart yaprak (Şekil 2.1) ile posa örnekleri (Şekil 2.2) Manisa Celal Bayar Üniversitesi Meyve Sebze Laboratuvarı’na getirilmiştir. Ardından saplarından ayrılan posa ve yapraklar yıkanarak endüstriyel anlamda uygulanabilirliği olması açısından güneş, gölge ve tepsili kurutucu (40, 50 ve 60 °C, 1,5 m/s hava akımı) olmak üzere 5 farklı yöntemle % 5-10 bağıl neme ulaşmaya kadar kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Güneşte ve gölgede kurutma Manisa Muradiye’de aynı ortamın güneş ve gölge kısımlarında gerçekleştirilmiştir. Güneşte ve gölgede kurutmaların yapıldığı günler Manisa’da ölçülen en yüksek sıcaklık ortalaması 34°C, en düşük sıcaklık ortalaması ise 19°C olarak kaydedilmiştir.

Kurutulan örnekler toplam fenolik bileşiklerin ekstraksiyon işleminden önce yüzey alanını ve işlemin etkisini artırmak için 3 defa 15 saniye olmak üzere 5000 rpm de bıçaklı öğütücüde (Retsch, GM200, Almanya) parçalanarak toz hale getirilmiştir. Toz haline getirilen posa ve yapraklar 100 mikronluk elek kullanılarak elenmiş ve parçacık boyutları standardize edilmiştir.



Şekil 2.1. Toplanan genç ve kart yaprakların görüntüsü



Şekil 2.2. Posanın temin edilmesi ve saplarından ayıklanması

2.2.1.1. Toplam Fenolik Madde Ekstraksiyonu için Optimizasyon Parametrelerinin Belirlenmesi ve Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda en yüksek fenolik madde içeriğine sahip yöntemi tespit etmek için optimum işlem koşulları yüzey-yanıt yöntemi ile belirlenmiştir. Tablo 2.1’de toplam fenolik madde ekstraksiyonu için kullanılan Central Composite Design için bağımsız değişkenler ve seviye değerleri gösterilmektedir.

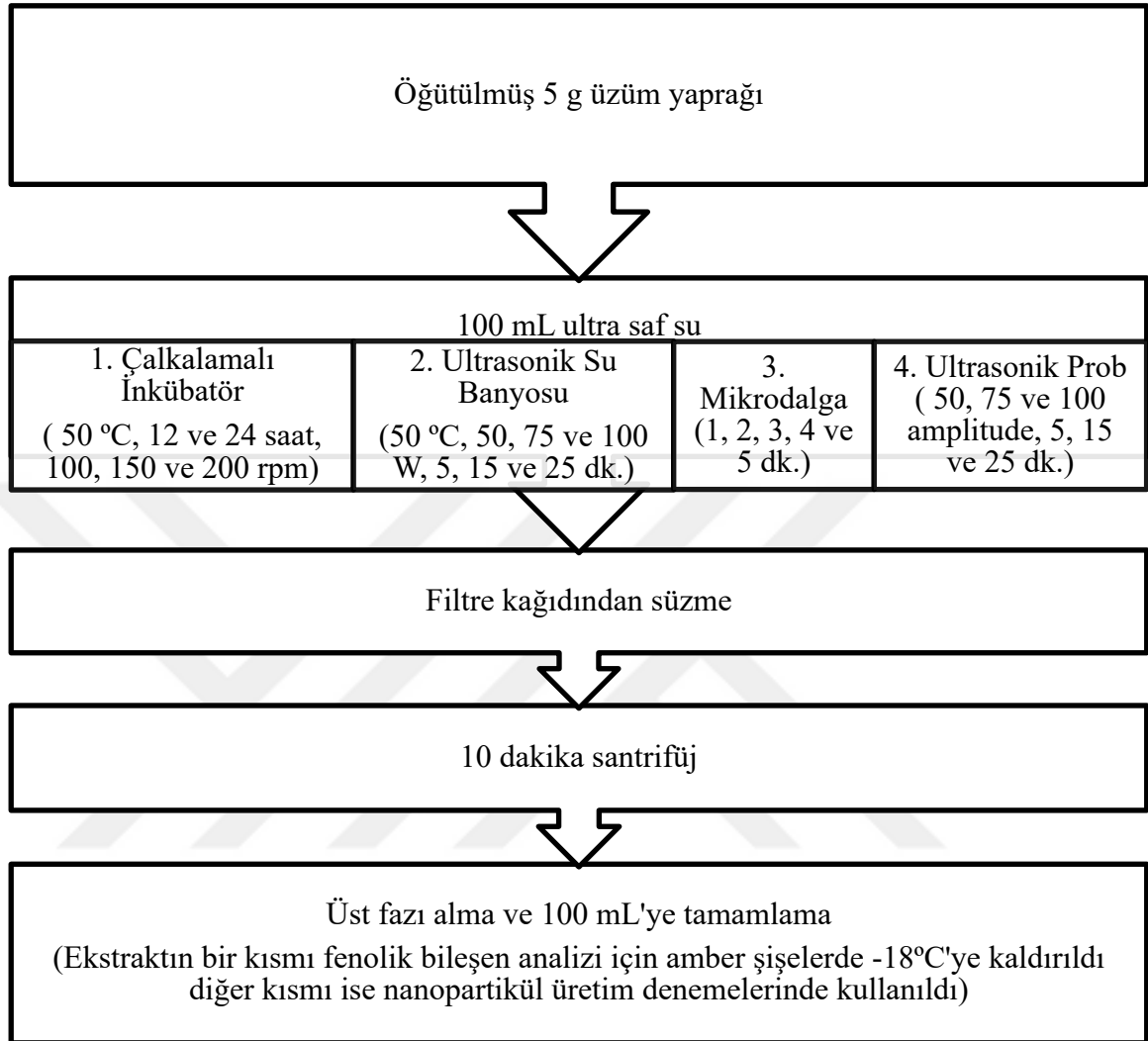
Tablo 2.1. Central Composite Design için bağımsız değişkenler ve seviye değerleri

		Kodlanmış Seviyeler		
		-1	0	1
Çalkalamalı inkübatör	Bağımsız değişkenler			
	Dönme hızı (rpm), X1	100	150	200
Mikrodalga	Süre (saat), X2	4	12	20
	Güç (W), X1	240	392	536
Ultrasonik su banyosu	Süre (dk.), X2	1	3	5
	Güç (%), X1	50	75	100
Ultrasonik prob	Süre (dk.), X2	5	15	25
	Güç (%), X1	50	75	100

Ekstraksiyon yönteminin seçiminde işlem süresinin kısaltılması, işlem sıcaklığının düşürülmesi özütleme veriminin artırılması, yüksek ekstrakt kalitesinin korunması ve daha az enerji tüketimi parametreleri göz önüne alınarak mevcut olanaklarda yer alan bu yöntemlerden çalkalamalı inkübatör, ultrasonik su banyosu, ultrasonik prob ve mikrodalga ekstraksiyon yöntemleri seçilmiştir. Bu yöntemler ile optimizasyon çalışması yapılarak en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip yöntemin seçilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 2.3’ te kuru üzüm yaprağı ekstraktlarından fenolik bileşen ekstraktlarında kullanılan akış şeması yer almaktadır. 5 g örnek üzerine 100 mL ultra saf su eklenmiş ve ardından ekstraksiyon yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen ekstraktlar filtre kağıdından süzölmüş ve 10 dakika santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Üst fazı alınan

örnekler 100 mL'ye suyla tamamlanmıştır (Asadi ve ark., 2018; Nthunya ve ark., 2019).



Şekil 2.3. Üzüm yapraklarının ekstraksiyonu

a. Çalkalamalı İnkübatör Destekli Ekstraksiyon

Bu yöntemde çalkalamalı inkübatörün (IKA KS 4000i, Almanya) sıcaklığı 50 °C olarak ayarlanmış ve ekstraksiyon 100, 150 ve 200 rpm'de, 4, 12 ve 20 saat süreyle gerçekleştirilmiştir (Manjamadha ve Muthukumar, 2016; Bastos-Arrieta ve ark., 2018; Fatimah ve ark., 2020). Çözgenin su olması sebebiyle işlem boyunca örneklerin ağzı kapatılmış ve fenolik bileşenlerin ışıktan zarar görmemesi için örneğin dış yüzeyi alüminyum folyo ile kaplanmıştır.

b. Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon

Ekstraksiyon işlemi (Acar ve Pehlivanoglu, 2019) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ev tipi mikrodalga cihaz (Arçelik MD, 800W) kullanılmıştır. Örnekler mikrodalgada 3 farklı güç seviyesinde (240, 392 ve 536 W) ağzı kapalı halde 1, 3 ve 5 dakika sürelerde ekstraksiyona tabi tutulmuştur.

c. Ultrasonik Su Banyosu Destekli Ekstraksiyon

Ekstraksiyon işlemi % 50, 75 ve 100 güçlerde (240, 384 (360) ve 480 Watt güçlerde) 5,15 ve 25 dakika süreyle ultrasonik su banyosu cihazında (Bandelin, DK 102P, 35 kHz model, Almanya) gerçekleştirilmiştir (El-Sherbiny ve ark., 2016; Erdogan ve ark., 2019). Tüm uygulamalar için sıcaklık 50 °C olarak ayarlanmıştır.

d. Ultrasonik Prob Destekli Ekstraksiyon

Bu yöntemde üzüm posa ve yapraklarının ekstraksiyonu ultrasonik prob (Hielscher, UP200S, 200/240V, Almanya) ile 3 farklı genlik (% 50, 75, 100) ve 3 farklı süre (5, 15, 25) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Deshmukh ve ark., 2019; Nouri ve ark., 2020). Yapılan ön denemelerde sürekli (% 100 circle) ve kesikli sistemde (% 5 circle) sıcaklık ölçümü yapılmış ve sürekli sistem uygulamasında, uygulama süresi uzadıkça sıcaklığın yükseldiği görülmüştür. Yüksek sıcaklığın fenolik bileşiklere zarar vermemesi için çalışmada tüm denemelere kesikli sistem uygulanmasına karar verilmiştir.

2.2.2. Yeşil Sentez Yöntemi ile AgNP Eldesi

AgNP'lerin sentezi amacıyla öncelikle ekstrakt/AgNO₃ oranı belirlenmiştir. Bu amaçla ekstrakt/AgNO₃ oranı 1:9, 3:7 5:5, 7:3 ve 9:1 olacak şekilde ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin verim ve boyutuna bakıldığında en yüksek verim ve en küçük boyut sonucunu sağlayan 1:9 ekstrakt/AgNO₃ oranı kullanılarak çalışmaya devam edilmiştir.

1:9 oranında ekstrakt/AgNO₃ karışımı çalkalamalı inkübatörde 25 °C sıcaklıkta, 150 rpm hızda ve 24 saat süre ile ışık geçirmeyecek şekilde üzeri kapatılarak

(IKA KS 4000i, Almanya) karıştırılmıştır. Karıştırma işleminin ardından üzüm posası ve yapraklarında bulunan fenolik bileşenlerin AgNO₃ sulu çözeltisi ile reaksiyonu sonucu gümüş iyonları indirgeyerek oluşan koyu renkli solüsyon 4100 rpm’de 20 dk. santrifüj edilmiştir. Sonrasında üst sıvı faz uzaklaştırılıp kalan katı kısım 3 kez saf su ile yıkama işlemine tabi tutulmuş ve her seferinde 15’er dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen katı kısım (AgNP) cam petri kaplarına aktararak vakumlu etüvde 60 °C sıcaklıkta 18 saat kurutulmuştur (Bastos-Arrieta ve ark., 2018; Soto ve ark., 2019; Hashim ve ark., 2020; Fatimah ve ark., 2020).

2.2.2.1. Ambalaj Filminin Üretiminde Kullanılacak Gümüş Nanopartiküllerin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında ambalaj filminin üretiminde kullanılacak örneklerin yaprak ve posa olarak iki grup şeklinde oluşturulması planlanmıştır (Tablo 2.2). Bu amaçla güneş, gölge ve tepsili kurutucuda kurutulan genç ve kart yaprak ile üzüm posasından elde edilen gümüş nanopartiküller arasında en düşük parçacık boyutuna ve en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip nanopartiküllerin seçilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla üretilen nanopartiküllerin SEM ile yapısal karakterizasyonu ve boyutu, disk difüzyon antimikrobiyal aktivite analizi ile antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir.

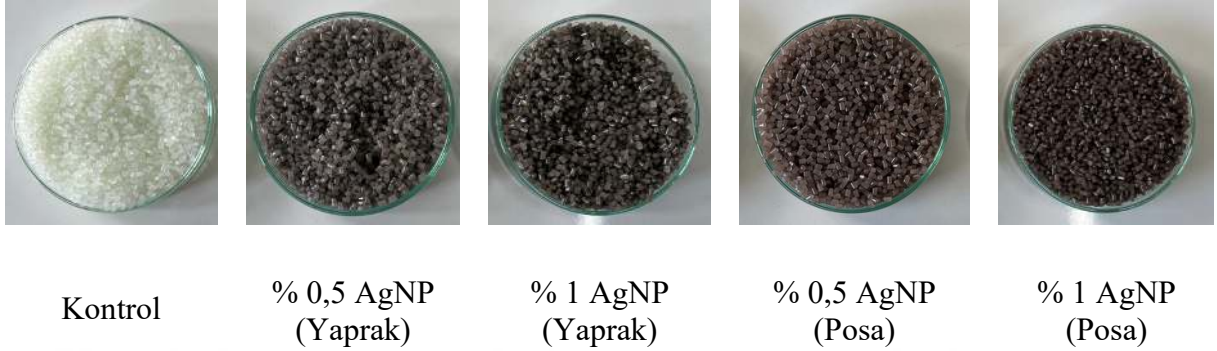
Tablo 2.2. Ambalaj filminin üretiminde kullanılması için seçilecek örnek grupları

Örnek Grupları	
Genç Yaprak 50°C K.	1. SEM Analizi 2. Antimikrobiyal Aktivite Analizi
Genç Yaprak Güneşte K.	
Genç Yaprak Gölgede K.	
Kart Yaprak 50°C K.	
Kart Yaprak Güneşte K.	
Kart Yaprak Gölgede K.	
Posa 50°C K.	
Posa Güneşte K.	
Posa Gölgede K.	

2.2.3. Aktif Ambalaj Filmlerinin Üretimi

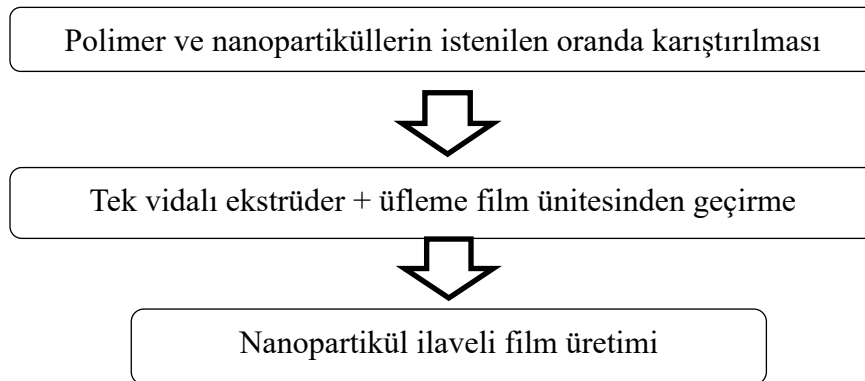
Aktif ambalaj filmlerinin üretimi Düderi Boya ve Kimyevi Maddeler San. Tic. Ltd. Şti. (İzmir, Türkiye) firmasında gerçekleştirilmiştir. Film üretiminin ilk aşamasında çift vidalı ekstrüderde üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen

gümüş nanopartiküller % 0,5 ve % 1 oranlarında toz LLDPE ile karıştırılmış ve ardından ekstrüder hattına bağlı olan kırıcıdan geçirilerek ana karışım olan masterbatchler elde edilmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Kontrol, % 0,5 ve % 1 AgNP ilaveli masterbatchler

İkinci aşamada ise üretilen masterbatcher ön denemeler sonucu belirlenen % 50 LDPE ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım tek vidalı ekstrüderden geçirilerek eritilmiş ve üflelemeli film makinesinin de ekstrüdere entegrasyonu ile karışım şişirilerek aktif ambalaj filmlerinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Nanopartikül ilaveli aktif ambalaj filmlerinin üretimine ait akış şeması Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Üretilen aktif ambalaj filmlerine ait görseller Şekil 2.6'da yer almaktadır. Aynı ekstrüzyon şartları altında, nanopartikül ilavesi yapılmamış saf LLDPE filmler kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2.5. Nanopartikül ilaveli aktif ambalaj filmlerinin üretimine ait akış şeması



Şekil 2.6. Üretilen aktif ambalaj filmlerine ait görseller

Çalışmada kullanılan ve farklı konsantrasyonlarda nanopartikül içeren aktif ambalaj filmlerine ait deneme deseni Tablo 2.3' te verilmiştir.

Tablo 2.3. Nanopartikül ilaveli aktif ambalaj filmlerine ait deneme deseni

Film	Açıklama
K	AgNP içermeyen filmler
0,5 YP	Yapraktan elde edilen AgNP ile % 0,5 oranında hazırlanan filmler
1 YP	Yapraktan elde edilen AgNP ile % 1 oranında hazırlanan filmler
0,5 PS	Posadan elde edilen AgNP ile % 0,5 oranında hazırlanan filmler
1 PS	Posadan elde edilen AgNP ile % 1 oranında hazırlanan filmler

2.2.4. Örneklerinin Ambalajlanması

2.2.4.1. Çilek Örneklerinin Ambalajlanması

Filmler ısı yapıştırma cihazı ile boyutlandırılarak (15x15 cm) poşet ambalaj haline getirilmiştir. Her pakette 120 gram (5 adet) ürün olacak şekilde örnekler tartılarak paketlenmiştir (Şekil 2.7). Ambalajlanan çilek örnekleri +4°C' de 15 gün depolanmış ve depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde ürün analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.7. 120 gram çilek ve paketlenmiş örnekler

2.2.4.2. Karadut Örneklerinin Ambalajlanması

Filmler ısı yapıştırma cihazı ile boyutlandırılarak (15x15 cm) poşet ambalaj haline getirilmiştir. Her pakette 100 gram ürün olacak şekilde örnekler tartılarak paketlenmiştir (Şekil 2.8). Ambalajlanan karadut örnekleri +4 °C’de 15 gün depolanmış ve depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.8. 100 gram karadut ve paketlenmiş örnekler

2.2.4.3. Enginar Örneklerinin Ambalajlanması

Filmler ısı yapıştırma cihazı ile boyutlandırılarak (20x15 cm) poşet ambalaj haline getirilmiştir. Her pakette 220 gram ürün (3 adet) olacak şekilde örnekler tartılarak paketlenmiştir (Şekil 2.9.). Ambalajlanan enginar örnekleri +4 °C’de 15 gün depolanmış ve depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde ürün analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada enginar kalpleri (enginar çanağı) kullanılmıştır.



Şekil 2.9. Paketlenmiş enginar örnekleri

2.2.4.4. Hazır Salata Örneklerinin Ambalajlanması

Filmler ısı yapıştırma cihazı ile boyutlandırılarak (15x15 cm) poşet ambalaj haline getirilmiştir. Her pakette 100 gram ürün (34 g yeşil marul, 30 g kırmızı marul, 12 gram roka, 12 gram havuç, 12 gram mor lahana) olacak şekilde örnekler tartılıp karıştırılarak paketlenmiştir (Şekil 2.10). Ambalajlanan hazır salata örnekleri +4 °C’de 15 gün depolanmış ve depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde ürün analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.10. 100 gram hazır salata ve paketlenmiş örnekler

2.3. Yöntemler

Kurutulmuş üzüm posası ve üzüm yaprağı, gümüş nanopartikül, çilek, karadut ve enginar çanağı aktif ambalaj filmi ve paketlenmiş ürünlerde Tablo 2.4’de belirlenen analizler gerçekleştirilmiştir. Paketlenmiş ürünlerin analizleri +4 °C’de 15 günlük depolaması boyunca, depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde yapılmıştır. Tüm analizler 2 tekerrür ve 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.4. Çalışmada gerçekleştirilecek analizler ve uygulama aşamaları

Analiz	Kurutulmuş Üzüm Posası ve Üzüm Yaprağı	Gümüş Nanopartikül	Çilek, Karadut, Enginar Çanağı, Hazır Salata	Film	Paketlenmiş Ürün
Toplam Kuru Madde	X		X		X
pH	X		X		X
Renk	X		X	X	X
Su Aktivitesi	X		X		X
Suda Çözünür Kuru Madde	X		X		X
Toplam Fenolik Bileşen	X	X	X		X
Fenolik Bileşen Kompozisyonu	X		X		X
Antioksidan Madde	X	X	X		X
Karakterizasyon -UV-vis -FTIR -XRD -TGA-DTA -SEM-EDX		X			
Antimikrobiyal Aktivite		X			
-Mekanik Özelliklerin Ölçümü -Oksijen Geçirgenliği Hızının Belirlenmesi -Su Buharı Geçirgenlik Hızının Belirlenmesi -Gümüş İyonu Salınımı				X	
Mikrobiyolojik Analizler - Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) -Küf-Maya -Koliform/ <i>E.coli</i>			X		X

2.3.1. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyon Analizleri

Yeşil sentez ile elde edilen AgNP'lerde gümüş nanopartiküllerinin sentezinin doğrulanabilmesi, boyut dağılımı profili ve yüzey morfolojisi hakkında fikir sahibi olabilmek ve gerçek parçacık boyutunu belirleyebilmek için karakterizasyon analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında yer alan FTIR, XRD, TGA-DTA ve SEM analizleri Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEFAM)'da gerçekleştirilmiştir.

2.3.1.1. UV-vis Absorpsiyon Spektroskopisi ile Karakterizasyon Analizi

AgNP'lerin oluşumu ve varlığını izlemek için, 180 mL sulu gümüş nitrat (1 mM) solüsyonuna 20 mL ekstrakt ilave edilmiştir. Reaksiyon karışımı 24 saat, 25 °C'de inkübe edilmiş ve Ag^+ iyonlarının azalması UV-Vis spektrofotometrisi (Shimadzu, UV-2600, Japonya) ile izlenmiştir. Reaksiyonda renk değişikliğinin gözlemlendiği 5. Saatte 3 mL numune alınarak UV-Vis spektrumları 200-800 nm dalga boyu aralığında kaydedilmiştir (Soto ve ark., 2019; Bastos-Arrieta ve ark., 2018).

2.3.1.2. Fourier-Dönüştürülmüş Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

Özütün yapısındaki stabilize edici ajanlar olarak görev yapan molekülleri tanımlamak ve ayrıca gümüş iyonlarının indirgenmesini saptamak için kullanılmıştır. FTIR spektrofotometre cihazı (Cary 600 Series, Agilent Technology, USA) ile analiz gerçekleştirilmiştir (Eren ve Baran, 2019).

2.3.1.3. X-Işını Kırınımı (XRD)

X- ışını kırınımı cihazı (Malvern Panalytical Empyrean) ile AgNP'lerin kristal yapısı hakkında bilgi sağlanmıştır (Jain ve ark., 2021).

2.3.1.4. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizi (TGA-DTA)

Üzüm yaprağı ve üzüm posasından yeşil sentezle elde edilen gümüş nanopartiküllerin termal davranışını gözlemlemek için termogravimetrik analiz cihazı

(Hitachi Exstar, TG/DTA 7300, Japan) kullanılmıştır. Analiz 25- 620 °C arasında TGA/ DTA verileri 10 °C dak⁻¹ ısıtma hızıyla N₂ (g) atmosferinde 20 mL dak⁻¹ akış hızıyla gerçekleştirilmiştir (Esmale ve ark., 2020; John ve ark., 2021).

2.3.1.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Karakterizasyon Analizi

Taramalı elektron mikroskobu ile AgNP'lerin yapısal karakterizasyonu boyut, şekil gibi yüzey morfolojisi ile ilgili niteliksel ve niceliksel bilgiler sağlamaktadır. Analizi SEM-EDX (Zeiss GeminiSEM 500) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yeşil sentez tekniği ile sentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin yüzey morfolojileri ve özellikleri FEI-Quanta FEG 450 marka cihazında yüksek derecede vakum altında 20kV'de gerçekleştirilmiştir (Umaz ve ark., 2019).

2.3.1.6. Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Etkilerinin Belirlenmesi

Elde edilen AgNP'lerin antimikrobiyal etkileri Gram-negatif *Escherichia coli* ve Gram-pozitif *Staphylococcus aureus* bakterileri üzerinde incelenmiştir. Minimum inhibitör konsantrasyonu (MIC) mikro seyreltme yöntemi ile belirlenmiştir. Deneylerde, Mueller-Hinton besiyeri, 0,5 McFarland standardına göre hazırlanmış belirli miktarda mikroorganizma içeren solüsyonlar ve uygun konsantrasyonlarda AgNP solüsyonu 96 kuyucuklu mikropalakalara eklenerek ve kuyucuklar 37°C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında üremenin olmadığı en düşük konsantrasyon MİK değeri olarak belirlenmiştir (Acay ve ark., 2019; Umaz ve ark., 2019). Ayrıca antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde iki yöntem karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesi disk difüzyon yöntemi ile *Escherichia coli* ve Gram-pozitif *Staphylococcus aureus* patojen bakterilerine karşı test edilmiştir. Kültürler Nutrient Broth besiyerinde 37°C'de 24 saat inkübe edilerek canlandırılmıştır. Canlandırmanın ardından % 0,1 peptonlu su ile seri dilüsyonlar hazırlanarak test mikroorganizmalarının sayısı belirlenmiştir. Aktif edilen test mikroorganizmaları Mueller Hinton Agar besiyerine yüzey yayma plak yöntemi ile

ekim yapılmış ve AgNP çözeltisinden 25 µl emdirilen 6 mm'lik steril diskler (Oxoid) her bir test bakterisinin geliştiği petri kutusunun merkezine yerleştirilmiştir. Ardından petri kapları 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve disklerin etrafındaki zon çapları ölçülerek antibakteriyel inhibisyon zonları belirlenmiştir. Antibakteriyel aktivite testleri sırasında, pozitif kontrol olarak Gentamisin antibiyotiği, negatif kontrol olarak ise distile su kullanılmıştır.

2.3.2. Ambalaj Filmlerinde Gerçekleştirilen Analizler

2.3.2.1. Renk Tayini

Film örneklerindeki renk değişimi Minolta (Model CR-5, Japonya) marka ölçüm cihazı ile örneklerin yüzeyi taranarak gerçekleştirilmiştir. L* (parlaklık), a* (kırmızılık-yeşillik) ve b* (sarılık-mavilik) renk parametreleri ile değerlendirme yapılmıştır (Shankar ve ark., 2021).

2.3.2.2. Mekanik Özelliklerin Ölçümü

Filmlerin mekanik özellikleri PilenPak Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. firmasında germe testi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde tespit edilen boyutlarda kesilen örneklerin gerilme mukavemeti (GM) ve % uzama miktarı (% UM), ASTM standart metot D 882-10'a göre tekstür analiz cihazı (Texture Analyzer, TA-XT2) kullanılarak yapılmıştır (Polat, 2016).

2.3.2.3. Oksijen Geçirgenliği Hızının Belirlenmesi

Üretilen filmlerin oksijen gazı (O₂) geçirgenlikleri, OX-TRAN 2/10 (Mocon, USA) cihazı ile PilenPak Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. firmasında gerçekleştirilmiştir. Üretilen film örnekleri 23°C sıcaklıkta % 0 bağıl nemde 1 saat bekletilerek dengeye getirilmiş ve 10 cm çapında daire şeklinde kesilen film örnekleri cihaza yerleştirilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir (Polat ve ark., 2018).

2.3.2.4. Su Buharı Geçirgenlik Hızının Belirlenmesi

Filmlerin su buharı geçirgenlikleri analizi PilenPak Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. firmasında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu Permatran-W 3/33 (Mocon, USA) su buharı geçirgenliği ölçüm cihazı ile ASTM F1249 metoduna göre belirlenmiştir (Polat ve ark., 2018).

2.3.2.5. Gümüş İyonu Salınım Testi

Filmlerin gümüş salınım analizi Wang ve ark. (2020) ve Wang ve ark. (2021)'nin çalışmaları modifiye edilerek İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazı ile Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEFAM)'da gerçekleştirilmiştir.

2.3.3. Örneklerde Gerçekleştirilen Analizler

2.3.3.1. Toplam Kuru Madde (TKM) Miktarı Tayini

Toplam kuru madde tayini, vakumlu etüv (Nüve EV-018, Ankara) kullanılarak örneklerin sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmesi prensibine göre gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2005). Bu amaçla örnekler küçük parçalar halinde bölünmüş ve cam vezin kaplarına yaklaşık 3 g numune tartılıp vezin kapları vakumlu etüvde 70°C ve 600 mm-Hg basınçta sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş ve ardından tartım alınarak toplam kuru madde ve nem miktarları hesaplanmış ve analiz sonuçları nem değeri üzerinden tartışılmıştır.

2.3.3.2. pH Tayini

Tampon çözeltilerle kalibre edilmiş pH metre (WTW Inolab pH 730, Weilheim, Germany) elektrotu ile ölçüm gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2013).

2.3.3.3. Renk Tayini

Örneklerdeki renk gelişimi veya değişimi Minolta (Model CR-5, Japonya) marka ölçüm cihazı ile örneklerin yüzeyi taranarak gerçekleştirilmiştir. L* (parlaklık),

a* (kırmızılık-yeşillik) ve b* (sarılık-mavilik) renk parametreleri ile değerlendirme yapılmıştır (Romanini ve ark., 2021).

2.3.3.4. Su Aktivitesi Tayini

Örneklerin su aktivitesi analizleri HygroPalm 23 model aw metre cihazı (Rotronic, Basserdorf, Switzerland) ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örnekler blendarda parçalanmış ve ölçüm haznesine yerleştirilmiştir. Cihazın kapağı kapatılarak analize başlanmış ve kap içerisindeki bağıl nem dengeye ulaşınca kadar beklendikten sonra su aktivitesi değeri okunmuştur (Munir ve ark., 2018).

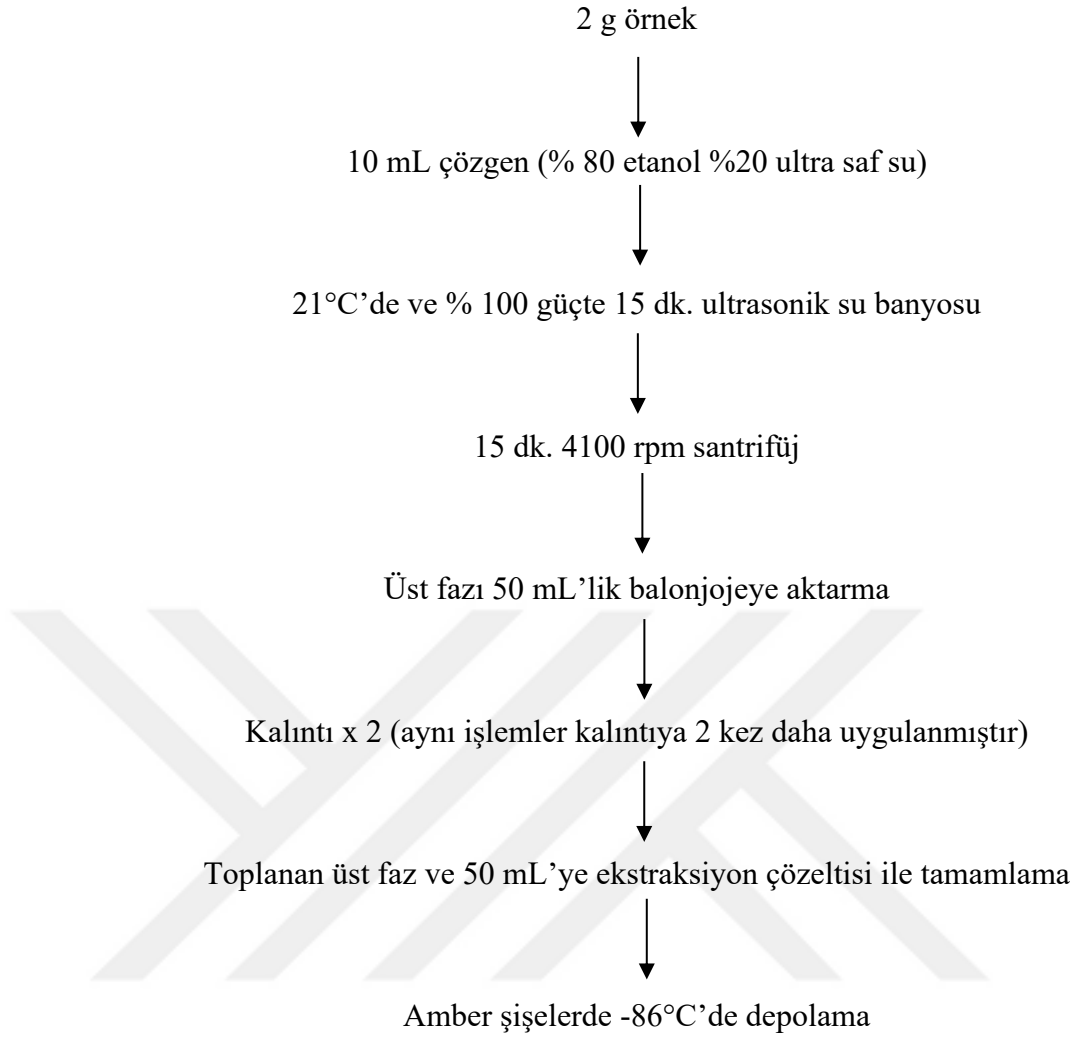
2.3.3.5. Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (%Briks)

Suda çözünür kuru madde (SÇKM) tayini için blenderden geçirilmiş örneklerden refraktometreye 1-2 damla alınarak ölçüm yapılmış ve okunan değerler kaydedilmiştir (Romanini ve ark., 2021).

2.3.3.6. Fenolik Bileşenlerin Ekstraksiyonu

Toplam fenolik madde, fenolik kompozisyon ve antioksidan kapasite analizleri için Cemeroğlu (2010) tarafından önerilen metot modifiye edilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon çözeltisi olarak % 80 etanol ve % 20 ultra saf su içeren çözgen kullanılmıştır.

Blenderden geçirilerek homojenize edilen örneklerden 2 g santrifüj tüpüne tartılmış ve üzerine 10 mL ekstraksiyon çözeltisi eklenerek 21 °C’de ve % 100 güçte ultrasonik su banyosunda 15 dk. ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ardından 4100 rpm’de 15 dk. santrifüj edilmiş ve üst faz 50 mL’lik bir balon jojeye aktarılmıştır. Kalıntıya aynı işlemler 2 kez daha uygulanmıştır. Üst fazlar toplanarak 50 mL’ye ekstraksiyon çözeltisi ile tamamlanmıştır. Sonrasında amber şişelere aktarılarak ve analizde kullanılmak üzere -86 °C’de saklanmıştır. Ekstraksiyon işlemine ait akış şeması Şekil 2.11’de yer almaktadır.



Şekil 2.11. Örneklerde gerçekleştirilen fenolik bileşen ekstraksiyonu

2.3.3.7. Toplam Fenolik Madde Tayini

Örneklerin toplam fenolik madde miktarı Singleton (1965) tarafından geliştirilen Teles ve ark. (2021) tarafından modifiye edilen Folin-Ciocalteu yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi ile elde edilen örnek ekstraktından 0,250 mL alınarak üzerine 1,25 mL % 10’luk Folin- Ciocalteu’s Phenol çözeltisi ilave edilmiş ve 15 saniye vorteks ile karıştırıldıktan sonra 5 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda üzerine 1 mL % 7,5’luk Na_2CO_3 çözeltisi ilave edilerek örnek çözeltisi tekrar 60 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra oluşan rengin absorbansı Multiskan Go Mikroplaka Spektrofotometre okuyucusunda (Thermo Scientific, ABD) 760 nm’de okunmuştur. Toplam fenolik

madde miktarı, okunan absorbans değerlerinin gallik asit standart eğrisinden elde edilen lineer regresyon denkleminde yerine konulması ile belirlenmiştir.

Gallik asit standart çözeltileri örneklerdeki toplam fenolik madde miktarındaki değişim aralığına göre hazırlanmıştır. Hazırlanan standart serilerinden 0,250 mL alınarak üzerine 1,25 mL % 10'luk Folin-Ciocalteu's Phenol çözeltisi ilave edilerek ve 15 saniye vorteks ile karıştırıldıktan sonra 5 dakika oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda standartlara 1 mL % 7,5'luk Na₂CO₃ çözeltisi ilave edilerek 60 dakika oda sıcaklığında karanlıkta tutulmuştur. Ardından oluşan rengin absorbansı Multiskan Go Mikropilaka Spektrofotometre okuyucusunda (Thermo Scientific, ABD) 760 nm'de okunmuştur. Okunan absorbans değerleri ile gallik asit standart eğrisi oluşturulmuş ve $y=100,18x+0,0277$, $R^2=0,9966$ lineer regresyon denklemi elde edilmiştir.

2.3.3.8. Fenolik Bileşen Kompozisyon Tayini

Örneklerin fenolik bileşen kompozisyonu Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEFAM)'da gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yer alan üzüm yaprağı, üzüm posası, çilek, karadut, enginar ve hazır salata örneklerinde her örnek grubunda baskın olan fenolik bileşenler baz alınarak apigenin, ellajik asit, epikateşin, gallik asit, kaempferol, kafeik asit, kateşin, klorojenik asit, kuersetin, luteolin, p-kumarik asit, resveratrol ve siringic standart kalibrasyon eğrileri ile fenolik bileşiklerin konsantrasyonları hesaplanmıştır. Sonuçlar ng/mL ürün olarak ifade edilmiştir.

2.3.3.9. ABTS Yöntemi ile Toplam Antioksidan Madde Tayini

Örneklerin antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla TEAC (Trolaks eşdeğer antioksidan kapasite) yöntemi kullanılmıştır. TEAC yöntemi, ABTS katyonunun antioksidanlar tarafından indirgenmesine dayanan bir metottur. Bu nedenle ABTS yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Re ve ark. (1999) ve Cemeroğlu (2010) tarafından önerilen yöntemle göre yapılan antioksidan aktivite tayininde 2.45 mM potasyum persülfat içeren 7 mM'lık ABTS çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözelti,

oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda en az 12–16 saat bekletilerek ABTS^{•+} radikal çözeltisinin oluşması sağlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan radikal çözeltisi 2-3 gün stabil kalabilmektedir. Analize başlamadan önce radikal çözeltisi, PBS (Phosphate buffer saline: tuzlu fosfat tampon) çözeltisi ile 734 nm’de 0,700 ($\pm$ 0,02) absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmiş ve seyreltilen ABTS^{•+} radikal çözeltisinin başlangıç absorbans değeri kaydedilmiştir. Daha sonra ABTS^{•+} radikal çözeltisinden 1 mL alınarak üzerine 10 μ L örnek ekstraktı eklenerek hafifçe karıştırıldıktan sonra kronometre çalıştırılıp ve 6 dk. sonra absorbans değerleri okunarak kaydedilmiştir. ABTS^{•+} çözeltisinin başlangıç absorbans değerine göre yüzde azalma oranı hesaplanmıştır. Bu değer, 6 dk. sonundaki “inhibisyon oranı” olarak isimlendirilmektedir. Bu işlem 2 kez tekrarlanarak ve inhibisyon oranları hesaplanarak bunların ortalamaları saptanmıştır. Daha sonra, örnek hacmi değiştirilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır. Her örnek için 4 farklı hacimde çalışılmıştır. Bu şekilde, her örnek miktarına bağlı olan inhibisyon oranları ve bunların ortalamaları belirlenmiştir. Sonrasında örnek miktarlarına (hacimlerine) karşılık gelen örnek konsantrasyonları hesaplanmıştır. Böylece 6 dk. sonunda saptanmış olan ortalama yüzde inhibisyon değerleri örnek konsantrasyonlarına karşı bir grafiğe aktarılıp lineer regresyon analizi uygulanarak örneğe ilişkin eğriye ve bu eğriyi tanımlayan eşitliğe ulaşılmıştır. Örneğe ilişkin eğrinin eğimi, standart eğrinin eğimine oranlanarak örneğin TEAC (Troloks eşdeğer antioksidan kapasite) değeri hesaplanmıştır.

2.3.3.10. Mikrobiyolojik Analizler

Örneklerin Analize Hazırlanması

Mikrobiyolojik analizler için örneklerin homojenizasyonunda ve dilüsyonların hazırlanmasında % 0,1’lik peptonlu su kullanmıştır. 10 g örnek aseptik koşullarda steril stomacher poşetlerine alınıp, 90 mL peptonlu su ilave edilerek Stomacher (BagMixer, Interscience, Fransa) içerisinde hızlı devirde 1 dakika homojenize edilmiştir. Homojenizasyon sonrası uygun dilüsyon serisi hazırlanarak bu dilüsyonlar mikrobiyolojik analizler için kullanılmıştır.

2.3.3.10.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Hazırlanan dilüsyonların her birinden aseptik koşullarda 1 mL, steril petri kaplarına aktarılmış, Plate Count Agar (PCA) besiyerinden 15-20 mL ilave edilerek karıştırılıp katılaştırılmıştır. Besiyeri katı hale geldikten sonra petri kapları ters çevrilerek 30 °C’de 24-48 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda 30-300 arasında oluşan koloniler TAMB olarak sayılmıştır (TS EN ISO 4833-1:2014, 2014).

2.3.3.10.2. Maya-küf Sayımı

Her dilüsyondan Dichloran Rose Bengal Kloramfenikol Agar içeren steril petri kaplarına 0,1 mL alınarak yüzeye yayma metoduyla ekim yapılmış ve ekimi yapılan petri kapları 25±1 °C’de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında 10-150 arasında oluşan kolonilerin tamamı maya-küf olarak sayılmıştır (ISO 21527-1, 2008).

2.3.3.10.3. *Escherichia coli* / koliform Sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan kromojenik *E. coli*/koliform agar içeren steril petri kaplarına 0,1 mL alınarak yüzeye yayma metoduyla ekim yapılmış ve ekimi yapılan petri kapları 37 °C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında mavi-yeşil koloniler *E.coli* ve pembe-kırmızı koloniler koliform grubu bakteriler olarak sayılmıştır (Bragina ve ark., 2017).

2.3.4. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi SPSS 29.0 paket programı (IBM, ABD) kullanılarak % 95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Örnek grupları ve depolama günlerinin analizi gerçekleştirilen parametreler üzerine istatistiksel etkisi Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA), örnek grupları ve depolama süresinin ilgili parametreler üzerine istatistiksel etkisi ise Çift Yönlü Varyans Analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Çift Yönlü Varyans Analizi ile değerlendirmede veriler Bonferroni prosedürü ile incelenmiştir. Analiz sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiş olup, örnekler arası farklılıklar $p < 0,05$ düzeyinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir. Denemeler 2 tekerrür şeklinde gerçekleştirilmiş olup analizler 3 paralel yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Üzüm posası ve yaprağından yeşil sentez yöntemi ile elde edilen gümüş nanopartiküllerin ilave edilmesiyle üretilen antimikrobiyal özellikli aktif ambalaj filmleriyle çilek, karadut, enginar ve hazır salata ürünlerinin raf ömürlerinin ve kalitelerinin artırılmasının amaçlandığı bu çalışmada 5 örnek grubu oluşturulmuştur. Nanopartikül ilavesi yapılmayan aktif ambalaj filmleri (K), üzüm yaprağından elde edilen gümüş nanopartiküllerin % 0,5 ilavesi (0,5 YP), üzüm yaprağından elde edilen gümüş nanopartiküllerin % 1 ilavesi (1 YP), üzüm posasından elde edilen gümüş nanopartiküllerin % 0,5 ilavesi (0,5 PS), üzüm posasından elde edilen gümüş nanopartiküllerin % 1 ilavesi (1 PS) olarak değerlendirilmiştir. Bu bölümde;

- Çalışma kapsamında gerçekleştirilen ön deneme sonuçları,
- Üzüm posası ve üzüm yaprağı analiz sonuçları,
- Posa ve yapraktan yeşil sentez yolu ile edilen gümüş nanopartiküllerin analiz sonuçları,
- Gümüş nanopartikül ilavesi ile elde edilen aktif ambalaj filmleri ve özellikleri,
- Gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile paketlenen çilek, karadut, enginar ve hazır salata örneklerinde gerçekleştirilen analiz bulguları alt başlıklar altında sunulmuştur.

3.1. Ön Deneme Sonuçları

3.1.1. Üzüm Yaprağı ve Üzüm Posasının Kurutma Yönteminin Seçimine İlişkin Sonuçlar

Üzüm yaprağı ve üzüm posasının kurutulması için kurutma yönteminin ve kurutulan yaprak tipinin seçimi için farklı ön denemeler gerçekleştirilmiştir.

Üzüm yaprakları farklı yöntemler kullanılarak kurutulmuştur. Burada seçilen güneşte ve gölgede kurutma gıda endüstrisinde uygulanabilirlik, tepsili kurutucuda kurutma ise işlemin kontrollü şartlarda olması açısından önemlidir.

Yapılan denemede farklı kurutma yöntemlerine tabi tutulan örneklerin kurutma süresi ve toplam fenolik madde içerikleri incelenmiştir. Ayrıca tepsili kurutucu kullanılarak en kısa sürede en yüksek fenolik madde içeriğine sahip sıcaklığın belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla üzüm yaprakları % 5-10 nem aralığına ulaşana kadar güneş, gölge ve tepsili kurutucu (40, 50 ve 60°C) olmak üzere 3 farklı yöntemle kurutulmuştur. Örnekler ait kurutma süreleri ve toplam fenolik madde miktarları Tablo 3.1’de yer almaktadır.

Tablo 3.1. Güneş, Gölge ve Tepsili kurutucuda (40, 50 ve 60 °C) kurutulan örneklerin süre ve toplam fenolik madde değerleri

	Gölge	Güneş	Tepsili Kurutucu		
			40 °C	50 °C	60 °C
Süre (saat)	43,5	32	6	3,5	3
TFM (mg/g KM)	44,49±2,57	56,88±2,58	71,56±9,79	71,02±1,64	50,85±9,14

TFM: Kuru ağırlık bazında toplam fenolik madde miktarı

Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, kısa kurutma süresi ve yüksek toplam fenolik madde miktarının elde edilmesi açısından, tepsili kurutucuda en uygun kurutma sıcaklığının 50 °C olduğu tespit edilmiştir.

3.1.2. Üzüm Yapağı ve Üzüm Posasından Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyon Yönteminin Seçimine İlişkin Sonuçlar

Literatürde, bitkisel ürünlerden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda yüksek verim sağlayan ve yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında çalkalamalı inkübatör, mikrodalga destekli ekstraksiyon ve ultrasonik su banyosu yer almaktadır. Bu çalışmada, kurutulmuş örneklerden en yüksek toplam fenolik madde ekstraksiyonunu sağlayan yöntemin belirlenmesi amacıyla, Tablo 3.2’de belirtilen çalışma

parametreleri doğrultusunda optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon yöntemlerine ait deneme desenleri EK 1-3'te yer almaktadır.

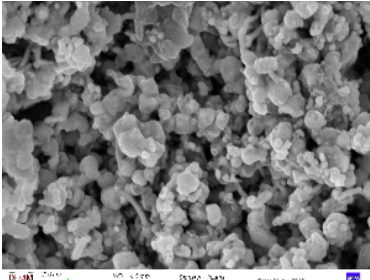
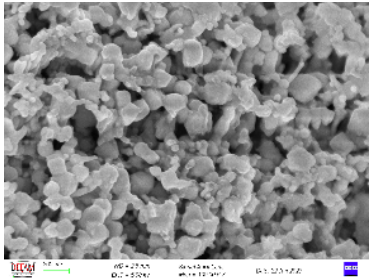
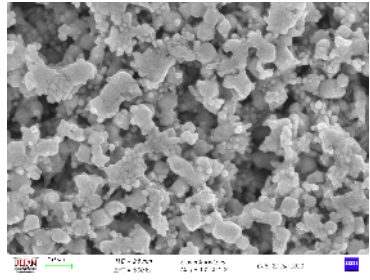
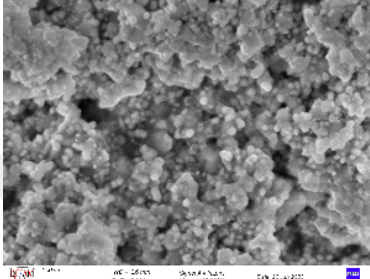
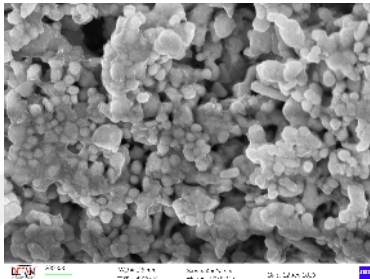
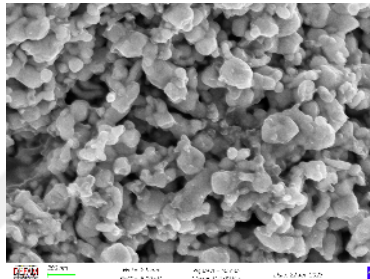
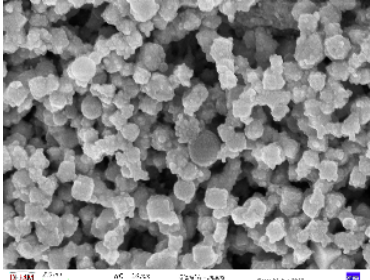
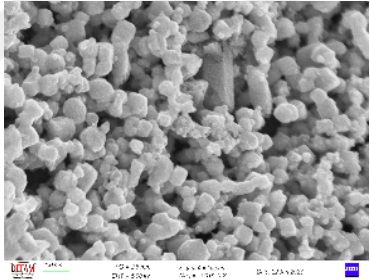
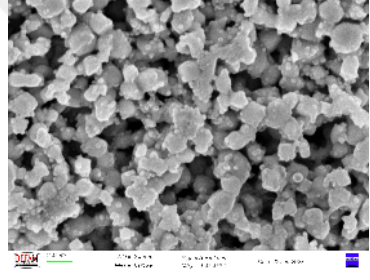
Tablo 3.2. Optimizasyon işlemi uygulanmış örneklerin farklı ekstraksiyon yöntemi uygulamalarıyla elde edilen toplam fenolik madde miktarı içerikleri

Örnek	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg/100 g)		
	Çalkalamalı inkübatör destekli ekstraksiyon	Mikrodalga destekli ekstraksiyon	Ultrasonik su banyosu destekli ekstraksiyon
1	1164,13	1420,85	950,38
2	1158,76	1628,15	808,60
3	634,59	1733,42	1142,65
4	1067,46	1339,21	1078,20
5	1398,29	2317,38	1190,98
6	691,52	1716,23	1019,12
7	868,75	2035,25	1115,80
8	1216,76	2047,06	847,26
9	648,55	2170,59	963,27
10	1245,76	1911,72	1500,33
11	1206,02	1719,45	1020,20
12	1115,80	1743,08	962,20
13	1189,91	2128,70	1618,49

Çalışma bulguları, fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda en yüksek verimi sağlayan ve en kısa sürede uygulanan yöntem olarak **mikrodalga destekli ekstraksiyonun** en uygun seçenek olduğunu ortaya koymuştur. Bu bağlamda, optimum mikrodalga ekstraksiyon parametreleri 3 dakika süre ve 388 W güç olarak belirlenmiştir.

3.1.3. Ambalaj Filminin Üretiminde Kullanılacak Gümüş Nanopartiküllerin Belirlenmesine İlişkin Sonuçlar

Güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan genç yaprak, kart yaprak ve posa örneklerine ait taramalı elektron mikroskobu (scanning electron microscope, SEM) görüntüleri Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

		
Genç Yaprak 50°C Kurutma	Genç Yaprak Güneşte Kurutma	Genç Yaprak Gölgede Kurutma
		
Kart Yaprak 50°C Kurutma	Kart Yaprak Güneşte Kurutma	Kart Yaprak Gölgede Kurutma
		
Posa 50°C Kurutma	Posa Güneşte Kurutma	Posa Gölgede Kurutma

Şekil 3.1. Güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan genç yaprak, kart yaprak ve posa örneklerine ait SEM görüntüleri

3 farklı kurutma tekniği ve 2 farklı yapraktan elde edilen nanopartiküllerin SEM görüntüleri incelendiğinde boyutlarının 26,3 nm ile 81,2 nm arasında olduğu tespit edilmiştir. En düşük nanopartikül boyutu 50 °C’de tepsili kurutucuda kurutulmuş kart yapraklardan üretilen örneklerde saptanmıştır. Güneş, gölge ve 50 °C tepsili kurutucuda kurutulmuş posadan elde edilen nanopartiküllerin boyutları ise

33,04-84,4 nm arasında bulunmuştur. En düşük nanopartikül boyutu 50 °C’de tepsili kurutucuda kurutulmuş posalardan üretilen örneklerde saptanmıştır.

Literatüre bakıldığında nanopartikül boyutu küçüldükçe antimikrobiyal etkinliğinin arttığı belirtilmektedir (Dakal ve ark., 2016; Bruna ve ark., 2021; Menichetti ve ark., 2023). Bu bağlamda sonuçlar değerlendirildiğinde yaprak ve posa olmak üzere her iki örnek grubunda da en küçük nanopartikül boyutunun sağlandığı 50°C tepsili kurutucuda kurutma yönteminin daha etkin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 50°C’de yapılan kurutma işleminin diğer kurutma tekniklerine göre daha hızlı ve kontrollü gerçekleşmesi bu yöntemin avantajları olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra yüksek miktarda oluşan atıklarının değerlendirilmesiyle ülke ekonomisine büyük katkılar sağlayacağı düşünülerek kart yaprakla çalışmaya devam edilmiştir.

Şekil 3.1’de yer alan graplardan elde edilen AgNP’lerin antimikrobiyal aktivite analiz sonuçlarına bakıldığında 25 mg/mL konsantrasyonundaki AgNP’lerin *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* üzerinde sırasıyla 8-12,5 mm 8-12,5 mm ve 7,25-11,5 mm zon oluşturduğu görülmüştür (Tablo 3.3). Böylece yeşil sentezle elde edilen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.3. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP’lerin (25 mg/mL) test mikroorganizmalarına karşı inhibisyon zonlarının ölçümleri (mm)

	<i>Salmonella typhi</i>	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	<i>Listeria monocytogenes</i>
Genç Yaprak 50°C Kurutma	8,5	10,25	9
Genç Yaprak Güneşte Kurutma	9	9,5	8,25
Genç Yaprak Gölgede Kurutma	9	9,5	8,5
Kart Yaprak 50°C Kurutma	12,5	10,5	9,25
Kart Yaprak Güneşte Kurutma	11,25	10,5	11,5
Kart Yaprak Gölgede Kurutma	10,5	8	7,25
Posa 50°C Kurutma	8	10,5	9,75
Posa Güneşte Kurutma	-	10,75	9,25
Posa Gölgede Kurutma	-	10,5	9,75

(-): İnhibisyon zonu yoktur.

Güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan genç ve kart yaprak örneklerinden elde edilen AgNP'lerin *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* üzerine antimikrobiyal aktivitelerine bakıldığında *Salmonella typhi* üzerine en yüksek antimikrobiyal aktivitenin 12,5 mm zon ile 50°C'de tepsili kurutucuda kurutulmuş kart yapraklarda, en düşük antimikrobiyal aktivitenin ise 8,5 mm zon ile 50°C'de tepsili kurutucuda kurutulmuş genç yapraklarda; *Escherichia coli* O157:H7 üzerinde en yüksek antimikrobiyal aktivitenin 10,5 mm zon ile 50°C'de ve güneşte kurutulmuş kart yapraklarda, en düşük antimikrobiyal aktivite ise 8 mm zon ile gölgede kurutulmuş kart yapraklarda; *Listeria monocytogenes* üzerine en yüksek antimikrobiyal aktivitenin 11,5 mm zon ile güneşte kurutulmuş kart yapraklarda, en düşük antimikrobiyal aktivitenin ise 7,25 mm zon ile gölgede kurutulmuş kart yapraklarda olduğu belirlenmiştir.

Güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan posa örneklerinden elde edilen AgNP'lerin *Salmonella typhi*, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Listeria monocytogenes* üzerine antimikrobiyal aktivitelerine bakıldığında *Salmonella typhi* üzerine 50°C'de tepsili kurutucuda kurutulmuş posadan elde edilen AgNP'lerin 8 mm zon oluştururken gölgede ve güneşte kurutulan AgNP'lerin *Salmonella typhi* üzerine etkili olmadığı, *Escherichia coli* O157:H7 üzerinde en yüksek antimikrobiyal aktivitenin 10,75 mm zon ile güneşte kurutulmuş posada, *Listeria monocytogenes* üzerine en yüksek antimikrobiyal aktivitenin 9,75 mm zon ile gölgede ve 50°C'de kurutulmuş posada olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar genel olarak incelediğinde 50°C'de tepsili kurutucuda kurutulmuş kart yaprak ve posalardan elde edilen örneklerde daha büyük zonların olduğu gözlenmiştir. Böylece bu iki örnek grubunda daha yüksek antimikrobiyal aktivite sağlandığı belirlenmiştir.

Tablo 3.4'te üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin % verim sonuçları yer almaktadır.

Tablo 3.4. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP’lerin verim sonuçları

Örnek	Verim (%)
Genç Yaprak 50°C Tepsili Kurutucuda Kurutma	7,94
Genç Yaprak Güneşte Kurutma	8,76
Genç Yaprak Gölgede Kurutma	10,17
Kart Yaprak 50°C Tepsili Kurutucuda Kurutma	11,02
Kart Yaprak Güneşte Kurutma	10,92
Kart Yaprak Gölgede Kurutma	10,81
Posa 50°C Tepsili Kurutucuda Kurutma	7,58
Posa Güneşte Kurutma	8,14
Posa Gölgede Kurutma	7,66

Verim (%) sonuçları incelendiğinde güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan genç yaprak ve kart yaprak örneklerinden elde edilen 9 grup nanopartikülden en yüksek verimi “Kart Yaprak 50°C Tepsili Kurutucuda Kurutma” yöntemi sağlamıştır.

Ön deneme sonuçları değerlendirildiğinde kart yaprak 50°C ve posa 50°C tepsili kurutucuda kurutma işlemi uygulanmış örneklerden elde edilen AgNP’lerin en düşük parçacık boyutuna ve en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu görülmüştür.

AgNP’lerin boyutu, antimikrobiyal aktivitesi ve % verim sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde bundan sonraki aşamalarda film üretimi için kullanılacak olan nanopartiküller;

- Kart Yaprak 50 °C Tepsili Kurutucuda Kurutma yönteminden elde edilen nanopartiküller,
- Posa 50 °C Tepsili Kurutucuda Kurutma yönteminden elde edilen nanopartiküller olarak belirlenmiştir.

3.2. Kurutulmuş Üzüm Yaprığı ve Üzüm Posasında Yapılan Analiz Sonuçları

Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinde toplam kuru madde, pH, renk, su aktivitesi, toplam fenolik madde, fenolik bileşen kompozisyonu ve antioksidan aktivite analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerle ait toplam kuru madde, pH ve su aktivitesi değerleri Tablo 3.5'te yer almaktadır.

Tablo 3.5. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin toplam kuru madde, pH ve su aktivitesi değerleri

Örnekler	Nem (%)	Su Aktivitesi	pH
Üzüm yaprağı	4,30±0,32	0,310±0,01	4,09±0,00
Üzüm posası	5,09±0,58	0,364±0,01	3,95±0,00

Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerindeki nem değerlerinin sırasıyla % 4,30 ve % 5,09 olduğu tespit edilmiştir. Bu değerler, ürünün mikrobiyal gelişime karşı stabil olmasını sağlamaktadır. Alibaş (2012) tarafından yapılan çalışmada asma yapraklarının nem içeriği % 4,08 olarak belirlenmiştir. Tseng ve Zhao (2013) yaptıkları çalışmada kurutulmuş üzüm posasının nem içeriğinin % 5,63 olduğunu saptamışlardır. Karnopp ve ark. (2017) kurutulmuş üzüm posası ve üzüm kabuklarının nem değerlerinin sırasıyla % 8,59 ve % 2,39 olduğunu belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar yapılan diğer çalışmalarda da görülmektedir (Gülcü ve ark., 2019; Decker, 2024).

Üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 0,310 ve 0,364 olduğu saptanmıştır. Decker ve ark. (2024) farklı sıcaklıklarda kurutulmuş üzüm posasının su aktivitesi değerinin maksimum 0,359 olduğunu belirtmişlerdir. Demirkol ve Tarakci (2018) farklı kurutma teknikleri ile kuruttukları üzüm posasının su aktivitesi değerlerinin 0,31-0,34 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Bu düşük su aktivitesi değerlerinin mikroorganizmalar, enzimler ve enzimatik olmayan reaksiyonlar tarafından gıda bozulma reaksiyonlarının daha yavaş ilerlemesi ve dolayısıyla ürünlerin raf ömrünün uzun olması ile bağlantılı olduğu ifade edilmiştir (Cilli ve ark., 2020).

Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin pH değerlerinin ise sırasıyla 4,09 ve 3,95 olduğu tespit edilmiştir. Rodrigues ve ark. (2023) tarafından kurutulmuş üzüm posasının pH değerinin 3,88 olduğunu bildirdikleri çalışmayla yapılan çalışmanın sonuçları benzerlik göstermektedir.

Tablo 3.6. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin renk değerleri

Örnekler	L*	a*	b*
Üzüm yaprağı	50,29±0,36	-1,63±0,04	26,19±0,07
Üzüm posası	28,96±0,36	11,28±0,22	6,27±0,29

Örneklerin renk değerleri Tablo 3.6’da verilmiştir. Değerler incelendiğinde, kurutulmuş üzüm yaprağı örneklerinin L*, a* ve b* değerlerinin sırasıyla 50,29, -1,63 ve 26,19 üzüm posası örneklerinin ise örneklerinin L*, a* ve b* değerlerinin sırasıyla 28,96, 11,28 ve 6,27 olduğu saptanmıştır.

Riazi ve ark. (2016) üzüm posasının L*, a* ve b* değerlerini sırasıyla 25,45, 15,05 ve 6,75 olarak tespit etmişlerdir. Alibaş (2012) tarafından yapılan çalışmada farklı güç yoğunlukları ile mikrodalgada kurutulmuş asma yapraklarının L değerleri 33,16-34,68, a değerleri -8,28-(-8,99), b değerleri 13,92-14,46 olarak belirlenmiştir. Demirkol ve Tarakci (2018) tarafından farklı kurutma teknikleri ile kurutulan üzüm posasının L*değerlerinin 21,34-26,16, a* değerlerinin 10,06-23,06 ve b* değerlerinin ise 3,70-7,16 aralığında olduğu bildirilmiştir. Üzüm posasının zengin antosiyanin içeriği, pozitif a* değeri ve düşük L* değeri ile karakterize edilmektedir. Bu durum, üzüm posasının koyu kırmızı bir renge sahip olduğunu ve yoğun pigment içeriğinin renk özelliklerine önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermektedir (Valls ve ark., 2017; Antonic ve ark., 2020). Çalışma sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri

Örnekler	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100 g)	Antioksidan Aktivite (μ M Troloks/g)
Üzüm yaprağı	485,84 $\pm$ 15,95	151,69 $\pm$ 1,03
Üzüm posası	781,39 $\pm$ 43,46	82,51 $\pm$ 3,03

Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 485,84 mg GAE/100 g ve 781,39 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir. Antioksidan aktivite değerleri ise sırasıyla 151,69 ve 82,51 μ M Troloks/g olarak tespit edilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Krol ve ark., 2014; Antonic ve ark. 2020; Snoussi ve ark., 2021; Shoukat ve ark., 2024; Silva ve ark., 2024; Marianne ve ark., 2024).

Kurutulmuş üzüm yaprağı örneklerinin fenolik bileşen profilinin belirlenmesinde gallik asit ($y=15,8044x+386,851$ $R^2=0,996$), kateşin ($y=2,8798x+25,295$, $R^2=0,998$), resveratrol ($y=3,4878x+37,069$ $R^2=0,997$), kafeik asit ($y=39,4109x+1001,841$, $R^2=0,997$) ve p-kumarik asit ($y=37,0799x+1029,720$ $R^2=0,995$); üzüm posası örneklerinde ise gallik asit ($y=15,8044x + 386,851$ $R^2= 0,996$), kateşin ($y=2,8798x+25,295$, $R^2=0,998$), resveratrol ($y=3,4878x+37,069$ $R^2=0,997$), epikateşin ($y=9,0632x+26,502$, $R^2=0,999$) ve siringik asit ($y=1,1608x+17,301$ $R^2=0,993$) standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak fenolik bileşiklerin konsantrasyonları hesaplanmıştır. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerine ait fenolik bileşen değerleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası fenolik bileşen sonuçları (ng/mL)

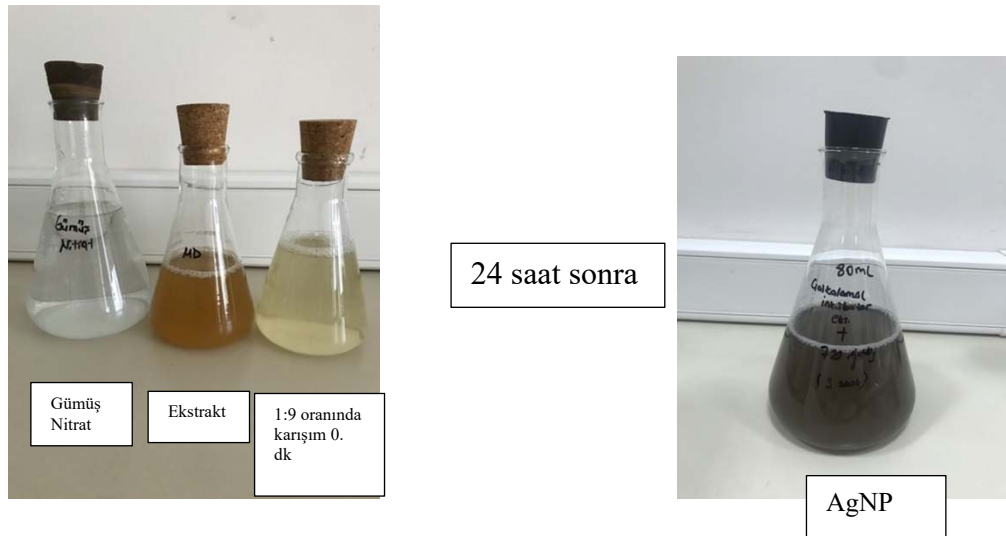
Üzüm yaprağı				
Gallik asit	Kateşin	Resveratrol	p-kumarik asit	Kafeik asit
188,65 $\pm$ 2,24	1835,31 $\pm$ 7,61	176,79 $\pm$ 6,74	1,70 $\pm$ 0,02	75,99 $\pm$ 0,60
Üzüm posası				
Gallik asit	Kateşin	Resveratrol	Siringic asit	Epikateşin
1557,41 $\pm$ 15,45	11894,69 $\pm$ 221,42	64,41 $\pm$ 1,79	222,30 $\pm$ 14,24	5892,98 $\pm$ 320,94

Kurutulmuş üzüm yaprağı örneklerinin gallik asit, kateşin, resveratrol, p-kumarik asit ve kafeik asit içeriği sırasıyla 188,65 ng/mL, 1835,31 ng/mL, 176,79 ng/mL, 1,70 ng/mL, 75,99 ng/mL olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş üzüm posası örneklerinin ise gallik asit, kateşin, resveratrol, sirinçik asit ve epikateşin içeriği sırasıyla 1557,41 ng/mL, 11894,69 ng/mL, 64,41 ng/mL, 222,30 ng/mL, 5892,98 ng/mL olarak tespit edilmiştir.

3.3. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonu

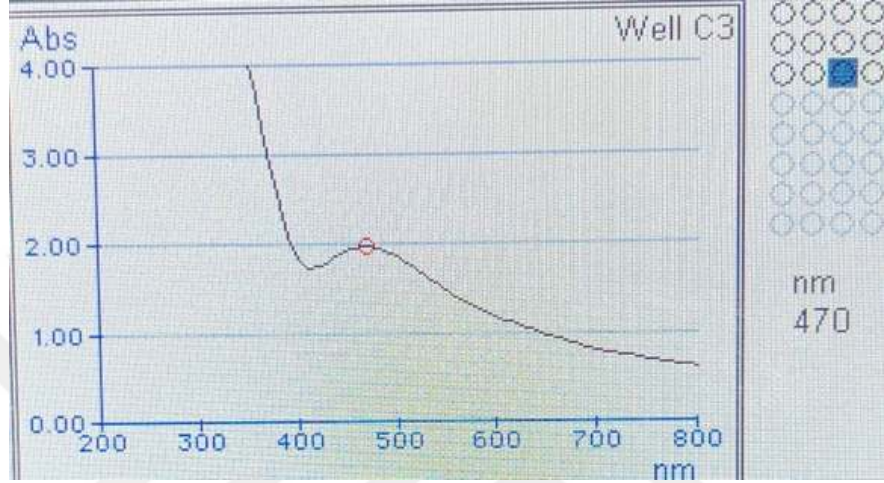
3.3.1. Üzüm Yaprığı ve Posasından Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin Spektrum Sonuçları

Renk değişimi AgNP'lerin sulu çözeltideki oluşumunu ortaya koyan önemli bir yöntemdir (Chaudhari ve ark., 2023). Yapılan çalışmada AgNO₃ çözeltisi ile yaprak ve posa özütleri reaksiyona bırakıldıktan sonra renk değişimi gözlenmiştir (Şekil 3.2). Literatür bilgileri ışığında reaksiyon karışımının renginin sarımsı yeşilden kahverengiye değişmesi ile AgNP'lerin sentezlendiği bilinmektedir (Rajput ve ark., 2020; Chuttrakulwong ve ark., 2024). Gerçekleşen bu renk değişimi iyonik formdaki gümüşün (Ag⁺) metalik gümüşe (Ag⁰) dönüştüğünü desteklemektedir. Bitkiler proteinler, amino asitler, vitaminler, nükleik asitler, alkaloidler, terpenoidler, flavonoidler, saponinler, polifenoller gibi çok sayıda birincil ve ikincil metabolitten oluşmaktadır. Bitki özündeki bu birincil ve ikincil metabolitler gümüş nitrat (AgNO₃) gibi oksijen varlığında elektronlarını kaybederek oksitlenmekte ve böylece indirgeyici ajan olarak hareket etmektedir (Jain ve ark., 2021).

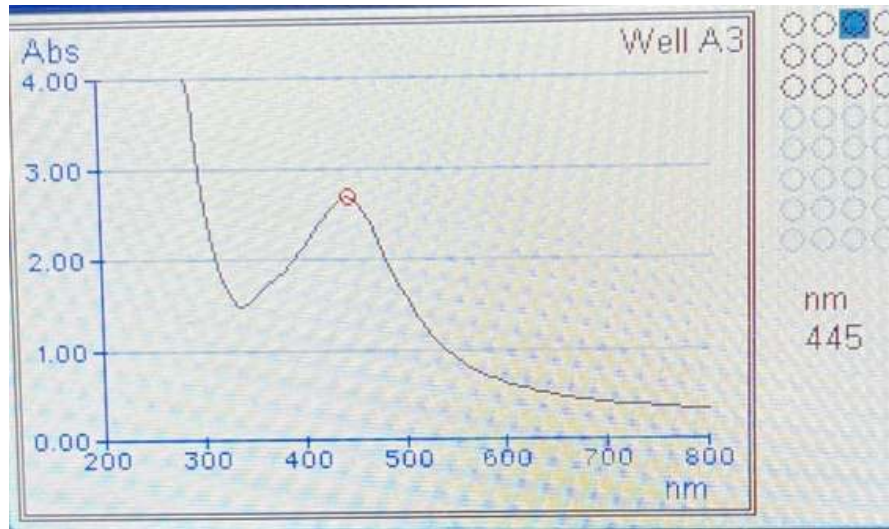


Şekil 3.2. AgNP eldesi

Üzüm yaprağı ve üzüm posası ekstraktları kullanılarak AgNP'lerin başarılı sentezi sırasında gözle görülen renk değişimi spektroskopik analiz ile doğrulanmıştır. AgNP'lerin optik özelliğinin belirlenmesi amacıyla 200-800 nm aralığında UV-Görünür bölge absorpsiyon spektrumu alınmıştır. Üzüm yaprağından elde edilen AgNP'lerin 470 nm'de, üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin 445 nm'de maksimum absorpsiyona sahip oldukları görülmüştür (Şekil 3.3).



(a)



(b)

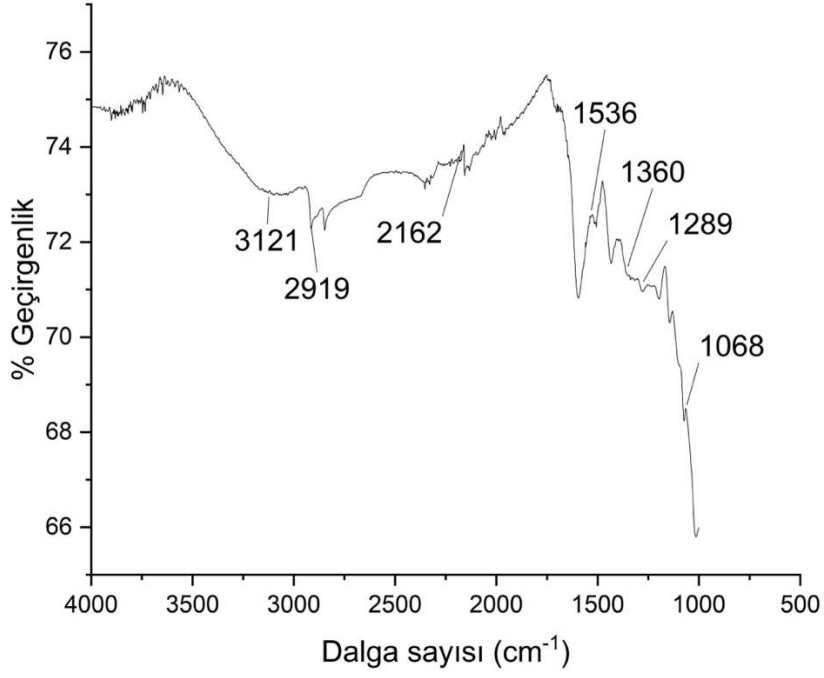
Şekil 3.3. Üzüm yaprağı ve üzüm posasından sentezlenen AgNP'in UV spektrofotometresinde maksimum absorbans değeri a) üzüm yaprağına ait grafik b) üzüm posasına ait grafik

Said ve Othman (2019) tarafından üzüm yaprağından elde edilen AgNP'lerin UV-Vis absorpsiyon spektrumunda pik değeri 437 nm olarak saptanmıştır. Vorobyova ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada üzüm posası ekstraktından elde edilen AgNP'lerin UV-Vis absorpsiyon spektrumunda yaklaşık 440 nm'de bir pik gösterdiğini belirtmişlerdir. Üzüm çekirdeği ekstraktı kullanılarak AgNP'lerin sentezinin gerçekleştirildiği başka bir çalışmada maksimum absorbans değeri 425 nm olarak ifade edilmiştir (Ping ve ark., 2018). Yeşil sentez ile AgNP sentezi yapılan başka bir çalışmada ise maksimum absorbans değeri 475 nm olarak bildirilmiştir (Waghmode ve ark., 2021). Çalışmadan elde edilen sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

3.3.2. Üzüm Yapağı ve Posasından Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) Sonuçları

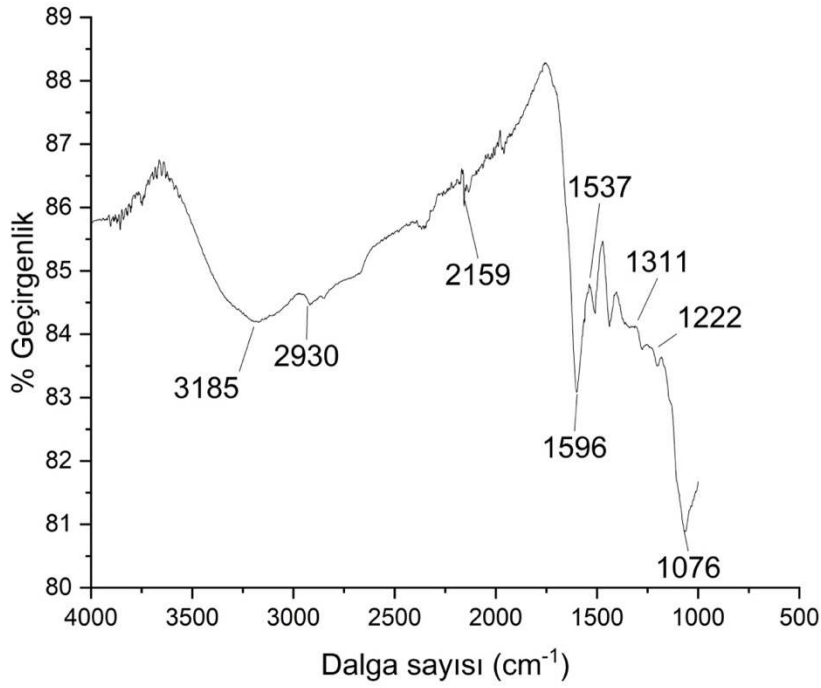
AgNP'lerin yeşil yöntemle sentezinde, bitki ekstraktlarında bulunan fitokimyasalların gümüşü indirgemesiyle nanopartiküller oluşmaktadır. FTIR spektrumu sentezlenen AgNP'lerin indirgenmesi ve stabilitesinde etkili olan fonksiyonel grupların belirlenmesi hakkında bilgi vermektedir.

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartiküllerin FTIR spektrumları sırasıyla Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin FTIR spektrumu

Üzüm yaprağından elde edilen AgNP'lerin spektrumları 3121 cm^{-1} O-H bandını, 2919 cm^{-1} C-H bandını, 2162 cm^{-1} C-H bandını, 1536 cm^{-1} C=C (flavonoidler ve terpenoidler) veya C=O (proteinler veya amid I) germe titreşimleri, 1360 cm^{-1} O-H bandını, 1289 cm^{-1} C-N veya C-O (aromatik grup) 1068 cm^{-1} C-O-C veya C-O grupları (amid bağlantılı karbonil titreşimi) olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Karan ve ark. (2024)'nın yaprak özütünden elde edikleri AgNP'lerin FTIR sonuçları ile uyumludur.



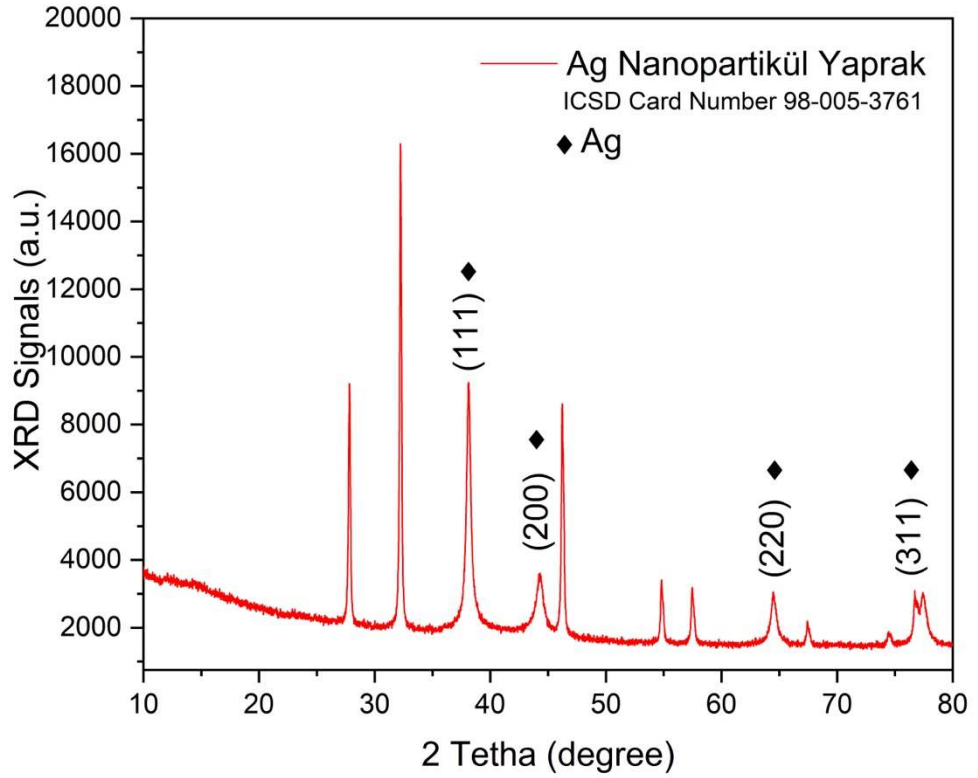
Şekil 3.5. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin FTIR spektrumu

Üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin spektrumları 3185 cm^{-1} O-H bandını, 2930 cm^{-1} C-H bandını 2159 cm^{-1} C- H bandını, 1537 ve 1539 cm^{-1} C=C (flavonoidler ve terpenoidler) veya C=O (proteinler veya amid I) germe titreşimleri, 1311 cm^{-1} O-H bandını, 1222 cm^{-1} C-N veya C-O (aromatik grup) 1076 cm^{-1} C-O-C veya C-O grupları (amid bağlantılı karbonil titreşimi) olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Hashim ve ark. (2020) ve Saratele ve ark. (2021) tarafından üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin FTIR sonuçları ile uyumludur.

Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında üzüm yaprağı ve üzüm posasından gümüşün indirgenerek nanopartikül oluşumunda rol oynayan grupların C=C (flavonoidler, terpenoidler), C=O (amid, protein), C-N (aromatik grup), C-O (aromatik grup), C-O-C (amid bağlantılı karbonil titreşimi) olduğu belirlenmiştir. Literatürde yer alan bilgiler doğrultusunda ikincil metabolit olarak bilinen bu fonksiyonel grupların gümüşün indirgenmesinde ve nanopartikül oluşumunun stabilitesinde görev aldığı doğrulanmaktadır.

3.3.3. Üzüm Yaprağı ve Posasından Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin X-Işını Difraktometresi (XRD) Sonuçları

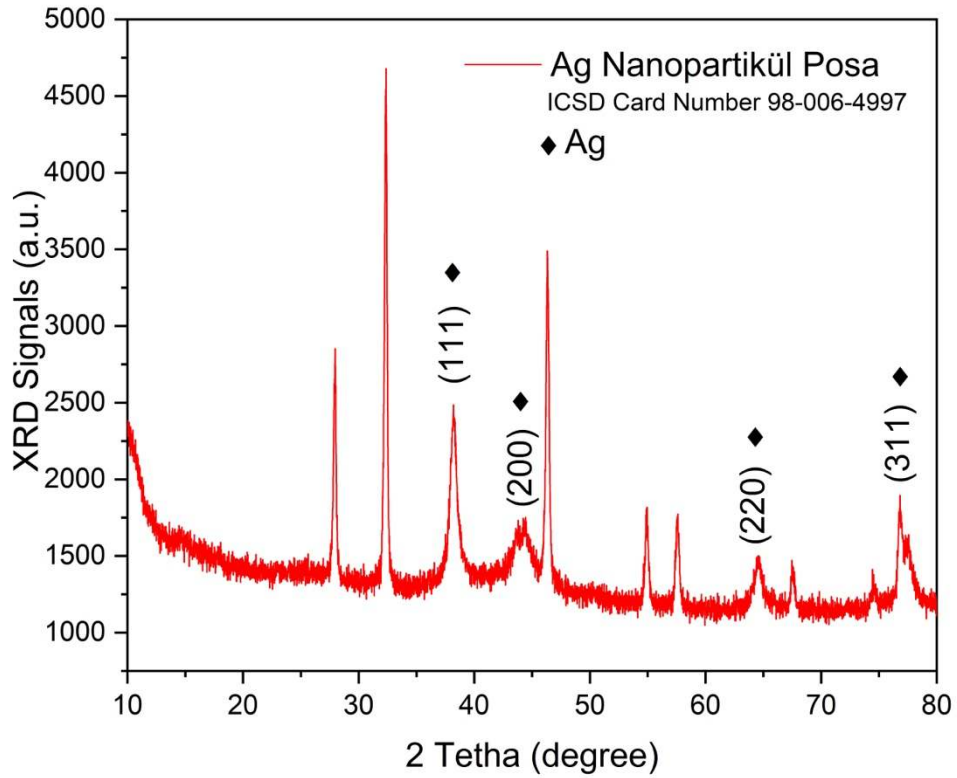
Üzüm yaprağı ve üzüm posası ekstraktlarından elde edilen AgNP'lerin kristal yapılarının belirlenmesi için XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Üzüm yaprağı ve üzüm posası ekstraktlarından elde edilen AgNP'lerin XRD analizi sonuçları Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin XRD sonuçları

Üzüm yaprağından elde edilen AgNP'lerin XRD analizi sonuçları incelendiğinde, sentezlenen AgNP'ler 2θ açısında 38.10° , 44.28° , 64.41° ve 77.36° pik noktalarını vermiştir. Bu açılara karşılık gelen Bragg kırınım düzlemleri ise sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) olmuştur. Ayrıca elde edilen AgNP'lerin yüzey merkezli kübik olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar yeşil sentez ile AgNP'lerin elde edildiği literatür çalışmaları ile uyumludur. El-Sherbiny ve ark. (2016) tarafından üzüm yaprağı ekstraktından elde edilen 2θ açısında gözlemlenen 38.1° , 44.3° , 64.3° ve 77.3° pik

noktaları ve (111), (200), (220), (311) kırınım düzlemleri ile benzerlik göstermektedir. Yao ve ark. (2018) tarafından üzüm çekirdeği ekstraktından AgNP'lerin sentezlendiği başka bir çalışmada XRD sonuçları 2θ açısında 38.13, 44.30, 64.34 ve 77.42'deki kırınım düzlemlerini sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) olarak tespit etmişler ve elde edilen AgNP'lerin kübik kristal yapıda olduğunu bildirmişlerdir.



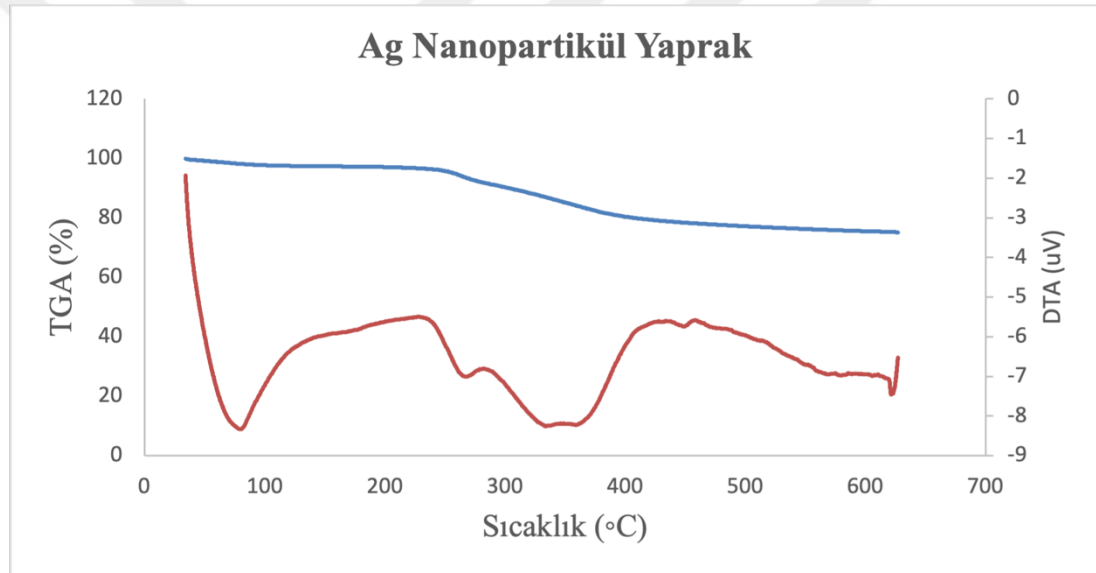
Şekil 3.7. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin XRD sonuçları

Üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin XRD analizi sonuçları incelendiğinde ise sentezlenen AgNP'ler 2θ açısında 38.20° , 44.40° , 64.61° ve 77.61° pik noktalarını vermiştir. Bu açılara karşılık gelen Bragg kırınım düzlemleri ise sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) olmuştur. Ayrıca elde edilen AgNP'lerin yüzey merkezli kübik olduğu belirlenmiştir. İyi çözölmüş ve yoğun XRD deseni, kristal AgNP'lerin sulu üzüm posası ekstraktı kullanılarak Ag^+ iyonlarının indirgenmesiyle oluştuğunu göstermektedir. Benzer bulgular önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Yao ve ark., 2018). Rosa ve ark. (2024)'nın üzüm sapı özütü kullanılarak gümüş nanopartiküllerinin yeşil sentezi ve karakterizasyonunu yaptıkları çalışmada 2θ

açısında 38.21°, 44.48°, 64.72° ve 77.46°'de dört ana pik gözlemlendiğini ve bunların sırasıyla A (111), (200), (220) ve (311) kırınım düzlemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Skiba ve Vorobyova (2018) tarafından üzüm posası ekstraktı kullanılarak üretilen AgNP'lerin elde edildiği çalışmada görülmektedir.

3.3.4. Üzüm Yaprığı ve Posasından Elde Edilen Gümüş Nanopartiküllerin Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analiz (TGA/DTA) Sonuçları

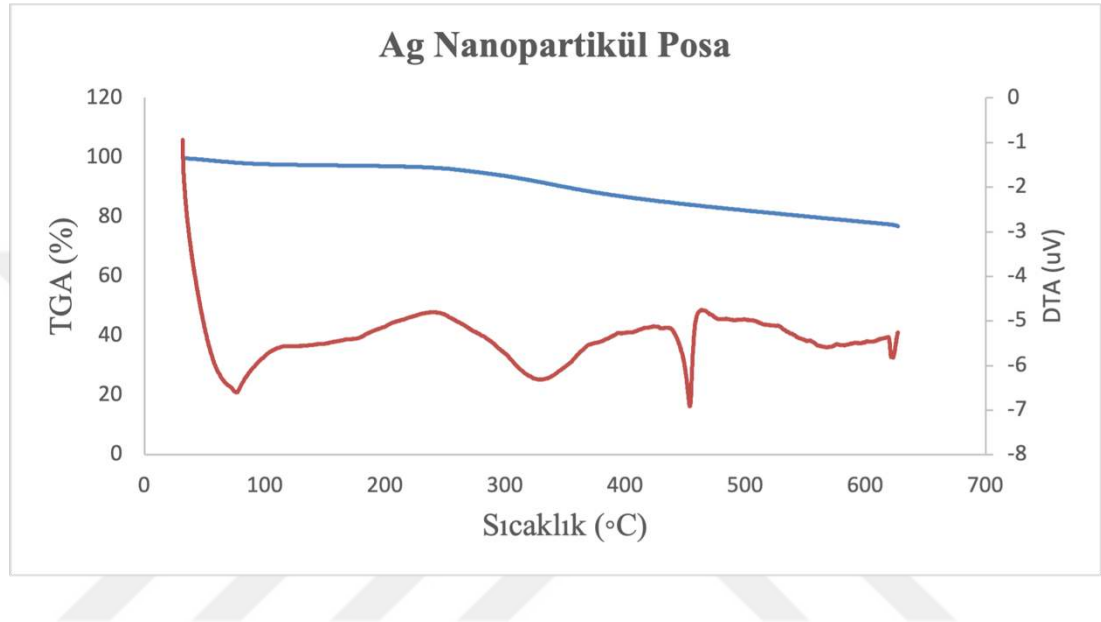
Üzüm yaprağı ve posasından sentezlenen AgNP'lerin TGA/DTA analiz sonuçları Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.8. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin TGA/DTA analiz sonucu

Şekil 3.8.'de yer alan TGA/DTA eğrisi incelendiğinde AgNP'lerin sıcaklıktan çok etkilenmediği ve 257 °C'de sadece % 5'lik bir ağırlık kaybı olduğu görülmektedir. Burada 34-257°C'lerde gerçekleşen kütle kaybının nemden ve hidratlaşmış sudan meydana geldiği, 257-627 °C ise bitki özütünde var olan fitokimyasallardan meydana geldiği belirtilmektedir (Umaz ve ark., 2019). Çalışmada elde edilen bulgular, sentezlenen AgNP'lerin 600 °C'lik yüksek sıcaklıkta dahi termal dayanıklılığa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürde yeşil sentez ile elde edilmiş AgNP'lerin TGA analizlerinin incelendiği pek çok çalışmada sıcaklık artışında gözlemlenen ağırlık kaybının yaptığımız çalışmaya kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür (Umaz

ve ark., 2019; Ceballos ve ark., 2021; Parveen ve ark., 2022; Chaudhari ve ark., 2023). Bu durum üzüm yaprağından elde edilen AgNP'lerin sıcaklığa oldukça dayanıklı olduğunu göstermektedir. Ayrıca 121,1 °C'ye kadar olan termal işlemler gıda güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bu durumda elde edilen AgNP'lerin konserve gibi ısıtılması gereken gıdaların ambalajlarında da kullanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 3.9. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin TGA/DTA analiz sonucu

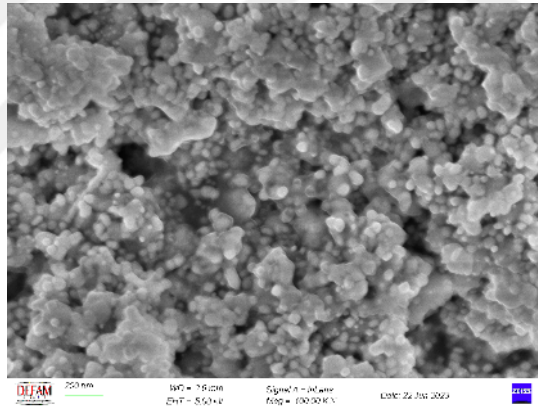
Şekil 3.9.'da yer alan TGA/DTA eğrisi incelendiğinde üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin 277 °C'de % 5'lik, 350°C'de % 10'luk bir ağırlık kaybı gösterdiği görülmektedir. Burada 31-277°C'lerde gerçekleşen kütle kaybının nemden ve hidratlaşmış sudan meydana geldiği, 277-627 °C ise bitki özütünde var olan fitokimyasallardan meydana geldiği bilinmektedir (Umaz ve ark., 2019). Üzüm yaprağından elde edilen AgNP'lerde olduğu gibi çalışmada bulunan bulgular üzüm posası kullanılarak üretilen AgNP'lerin de 600 °C'lik yüksek sıcaklıkta dahi termal dayanıklılığa sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak 350°C'lere gelindiğinde bile sadece % 10'luk bir ağırlık kaybının olması AgNP'lerin termal özelliklerinin iyi olduğunu göstermektedir. Esmail ve ark. (2020) optimal parametreler kullanılarak hazırladıkları AgNP TGA-DTA grafiği incelediklerinde 110–150 °C'deki % 38'lik ilk ağırlık kaybının nemden, 330 °C'nin üzerindeki % 16'luk ikinci ağırlık kaybının ise

AgNP'lerin yüzeyinde yer alan organik moleküllerin ayrışmasından kaynaklı olduğunu belirtilmişlerdir.

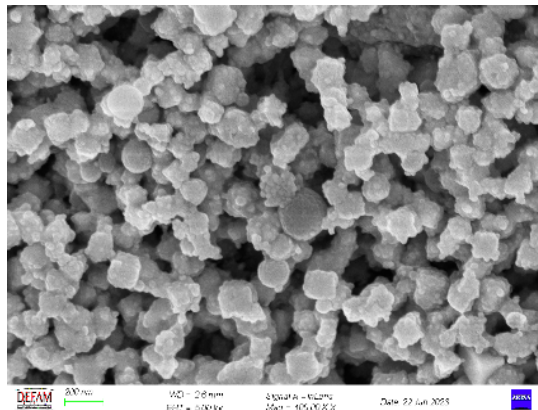
Çalışmada üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin termal profili, literatürde yapılan çalışmalara benzer olduğunu, bununla birlikte nispeten daha yüksek sıcaklıklarda bile ağırlık kaybının düşük olması yüksek termal iletkenliğe sahip AgNP'lerin elde edildiğini göstermektedir.

3.3.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Üzüm atık ekstraktlarından elde edilen AgNP'lerin morfolojik özellikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. Üzüm yaprağı ve üzüm posası ekstraktlarından elde edilen nanopartiküllere ait, SEM görüntüleri Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10. Üzüm yaprağından sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntüsü



Şekil 3.11. Üzüm posasından sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntüsü

SEM sonuçlarına göre, biyosentezi yapılan AgNP'lerin çoğunlukla küresel bir morfolojide olduğu görülmektedir (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). AgNP'lerin küresel morfolojide olduğu birçok farklı araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Massironi ve ark., 2019; Özeşer ve Karagözlü, 2024; Sharifi-Rad ve ark., 2024).

Sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntü sonuçları parçacıkların nano ölçekli olduğunu göstermektedir. İncelenen SEM görüntülerinde üzüm yapraklarından elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının 26,3-55 nm üzüm posasından elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının ise 33,04-57,1 nm olduğu tespit edilmiştir. Literatür bilgileri ışığında nanopartikül boyutu küçüldükçe antimikrobiyal etkinin arttığı (Menichetti ve ark., 2023; Bruna ve ark., 2021) göz önüne alınarak elde edilen AgNP'lerin güçlü bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olması beklenmektedir.

Raota ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada üzüm posasından yeşil sentez ile elde edilen gümüş nanopartikül boyutlarının 2,9-55,3 nm arasında değiştiği bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada üzüm posasından üretilen gümüş nanopartikül boyutunun ortalama 55 nm olduğu ifade edilmiştir (Skiba ve Vorobyova, 2018). Bastos-Arrieta ve ark. (2018) tarafından üzüm sapından gümüş nanopartikül eldesinin sağlandığı bir çalışmada partikül boyutunun 9-55,4 nm arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulguların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

3.3.6. Gümüş Nanopartiküllerin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Değerleri

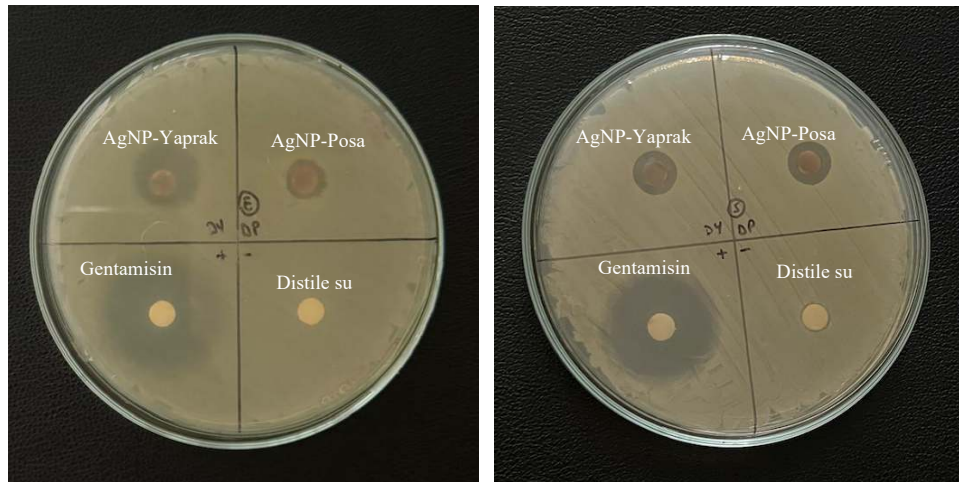
Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinden elde edilen gümüş nanopartiküllere ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Kurutulmuş üzüm yaprağı ve üzüm posası örneklerinden elde edilen gümüş nanopartiküllerin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri

Örnekler	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100 g)	Antioksidan Aktivite (μM Troloks/g)
AgNP (Üzüm yaprağı)	76,38 $\pm$ 1,87	6,33 $\pm$ 0,95
AgNP (Üzüm posası)	29,28 $\pm$ 1,50	8,36 $\pm$ 0,62

3.3.7. Gümüş Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Etkilerinin Belirlenmesi

Çalışmada üzüm yaprağı ve üzüm posasından yeşil sentez yöntemi ile elde edilen AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitesi ilk olarak disk difüzyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Yaprak ve posa ekstraktlarından elde edilen AgNP'lerin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterileri üzerinde antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Antimikrobiyal etkinin saptanması amacıyla AgNP'lerin konsantrasyonları 5,4 mg/mL olarak hazırlanmış ve disklerin etrafında oluşan inhibisyon zon çapları ImageJ (NIH, Maryland, ABD) yazılımı kullanılarak ölçülmüştür. Üzüm yaprağı ve üzüm posası ekstraktlarından elde edilen AgNP'lerin antimikrobiyal aktivitelerine ait sonuçlar Şekil 3.12 ve Tablo 3.10.'da verilmiştir.



Şekil 3.12 Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin (5,4 mg/mL) test mikroorganizmalarına karşı etkinliği a) *Escherichia coli*, b) *Staphylococcus aureus*

Pozitif kontrol olarak kullanılan gentamisin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üzerinde sırasıyla 27,26 mm ve 27,16 mm zon oluşturduğu görülmüştür. AgNP'lerin antimikrobiyal aktivite analiz sonuçlarına bakıldığında 5,4 mg/mL konsantrasyonundaki üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üzerinde sırasıyla 15,98 mm, 11,07 mm; 9,83 mm ve 11,18 mm zon oluşturduğu görülmüştür (Şekil 3.12). Ayrıca üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin *E. coli* ve *S. aureus* bakterileri üzerinde sırasıyla 78 µg/mL ve 9,7 µg/mL konsantrasyonlarda etkili olduğu değerlendirilmiştir. Böylece yeşil sentezle elde edilen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.10. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP'lerin (5,4 mg/mL) test mikroorganizmalarına karşı inhibisyon zonlarının ölçümleri (mm) ve minimum inhibitör konsantrasyon (MIC) değerleri (µg/mL)

AgNP	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Üzüm yaprağı	15,98 mm	11,07 mm
Üzüm posası	9,83 mm	11,18 mm
Üzüm yaprağı ve Üzüm posası MIC değerleri	78 µg/mL	9,7 µg/mL

Son yıllarda literatürde bitkilerden ekstrakte edilen fenolik bileşiklerin gümüş nanopartikül eldesinde kullanımı ile ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. Üzüm yapraklarından elde edilen AgNP'lerin sırasıyla 0,314, 0,078 ve 0,334 µg/mL konsantrasyonlarında hastane patojenlerinden Gram-negatif *Escherichia coli* ATCC 25922, Gram-pozitif *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 ve *Candida albicans* mantarına karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Acay ve ark., 2019). Soto ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada üzüm ve portakal atıklarından gümüş nanopartiküllerin ekstraksiyonu için yeşil sentez uygulamışlardır. *E. coli* O157:H7 için, sadece üzüm ekstraktından elde edilen AgNP'lerin doza bağlı bir antimikrobiyal aktivite sergilediği bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada üzüm yaprağı ekstresi gibi bitkisel özütlerin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve bu etkinin, polimerik nanopartiküllere

(NP'ler) dahil edilerek ve/veya bunları antimikrobiyal AgNP'ler ile hibrit bir formda geliştirerek daha da artırılabilceği gözlemlenmiştir (El-Sherbiny ve ark., 2016). Özkan (2019) çalışmasında hem kuru üzüm özütünün hem de yeşil sentez yolu ile kuru üzümde elde edilen gümüş nanopartiküllerinin antimikrobiyal aktivitesini araştırmıştır. Sonuçlara bakıldığında sadece üzüm özütünün patojen bakteriler üzerine herhangi bir inhibe edici etkisinin olmadığı ancak gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal özellik gösterdiğini saptamıştır.

3.4. Ambalaj Filmlerine İlişkin Sonuçlar

3.4.1. Ambalaj Filmi Üretimindeki Ön Deneme Bulguları

Yapılan ön denemelerde toz LLDPE ile gümüş nanopartikül karıştırılarak ana karışımlar (masterbatch) elde edilmiştir. Ardından öncelikle ana karışımlar film üfleme hattından geçirilmiş ancak filmde kopmalar gözlenmiştir. Bu nedenle film üretimindeki besleme hattına aynı oranda polimer granülleri ve ana karışımlar (Şekil 3.13) eklenerek film üretimleri gerçekleştirilmiştir.



Polimer Granülü



Masterbatch



Polimer Granülü (%50) +
Masterbatch (%50)
karışımı

Şekil 3.13. LLDPE esaslı polimer granülü, polimerlerden elde edilen masterbatch ve karışım

3.4.2. Ambalaj Filmlerinin Renk Değerleri

Üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen ve farklı oranlarda gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin CIE-Lab değerleri Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin renk değerleri

Filmler	L*	a*	b*
K	30,09±0,46 ^a	-0,59±0,07 ^c	-2,37±0,26 ^d
0,5 YP	29,31±1,10 ^{ab}	-0,42±0,08 ^b	-1,51±0,27 ^b
1 YP	28,02±0,80 ^b	-0,32±0,13 ^a	-1,18±0,34 ^a
0,5 PS	29,11±2,14 ^{ab}	-0,42±0,11 ^b	-1,79±0,36 ^c
1 PS	28,84±1,10 ^{ab}	-0,28±0,06 ^a	-1,40±0,10 ^{ab}

*K: Kontrol filmleri, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmler

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** a-c Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler, örneklerin karşılaştırması olup, istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Gıda ambalaj filmlerinin yüzey rengi paketlenmiş gıdanın genel görünümü ve tüketici kabulü üzerindeki etkisi nedeniyle önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Lai ve Wong, 2022). Sonuçlara bakıldığında en yüksek L* değeri K kodlu film örneklerinde, en düşük L* değeri ise 1 YP kodlu filmlerde belirlenmiştir. Tüm örnek gruplarının L* değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmekle birlikte, LLDPE esaslı filmlerin içeriğindeki AgNP miktarı arttıkça filmlerin L* değerinin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır (p<0,05). Benzer sonuçlara literatürde rastlanmaktadır (Polat, 2016; Shankar ve ark. 2021).

AgNP ilaveli filmlerin a* ve b* değerlerinde, nanopartikül içermeyen film örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir. Bu bulgular, filmlerde bulunan Ag nanopartiküllerinin kırmızılık (+a*) ve sarılık (+b*) değerlerini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (p<0,05).

3.4.3. Ambalaj Filmlerinin Mekanik Özellikleri

Farklı tip ve miktarda nanopartiküller ile üretilen LLDPE esaslı filmlere ait gerilme testi grafikleri kullanılarak gerilme mukavemeti ve kopma anındaki % uzama miktarı hesaplanmış ve filmlerin mekanik yapısı bu grafiklere bakılarak değerlendirilmiştir. Gerilme mukavemeti malzemenin çekmeye karşı gösterdiği direnç olup, filmlerden yapılacak olan ambalajların içine konulacak ürüne dayanıp dayanamayacağı hakkında bilgi vermektedir. Çekme deneyinde, cisim, bir süre

uzadıktan sonra kopmaktadır. Koptuğu andaki germe değeri çekme gerilmesini vermektedir. Filmlerin birim uzama miktarı, toplam uzama miktarının filmlerin başlangıç uzunluğuna bölünmesi ile bulunmaktadır (Polat, 2016).

Polimer filmlerin mekanik mukavemeti kimyasal yapılarına bağlı olup filmin diğer özelliklerini doğrudan etkilediği için önemlidir. Gıda ambalaj filmleri, işleme, taşıma ve kullanım sırasında dış gerilime dayanabilmek için iyi bir mekanik mukavemete sahip olmalıdır (Cazon ve ark., 2018; Kanikireddy ve ark., 2020; Shah ve ark., 2023). Bu nedenle yapılan çalışmada, polimerin mekanik mukavemetinin iyileştirilmesi için gümüş nanopartikül ilaveli aktif ambalaj filmleri geliştirilmiştir.

Üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen ve farklı oranlarda gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin gerilme mukavemeti (GM) ve % uzama miktarı (% UM) değerleri Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin mekanik özellikleri

Filmler	Gerilme Mukavemeti (MPa)	Uzama Miktarı (%)
K	7,46±0,24 ^c	11,92±3,46 ^c
0,5 YP	9,18±1,14 ^{ab}	44,68±1,33 ^a
1 YP	9,53±0,62 ^a	37,16±0,61 ^b
0,5 PS	8,16±0,30 ^{bc}	42,79±1,35 ^a
1 PS	8,27±0,01 ^{bc}	44,72±2,38 ^a

*K: Kontrol filmleri, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler ,1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler,1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmler

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** a-c Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler, örneklerin karşılaştırması olup, istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Elde edilen filmlerin mekanik özellikleri incelendiğinde gerilme mukavemetinin 7,46-9,53 MPa ve uzama miktarının % 11,92-44,72 aralığında olduğu görülmektedir. En düşük gerilme mukavemeti kontrol filmlerinde, en yüksek gerilme mukavemetinin ise 1 YP ve 0,5 YP kodlu filmlerde olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna kıyasla nanopartikül ilaveli tüm diğer gruplardaki gerilme mukavemetinin

artış göstermesi polimer matris ile AgNP arasındaki etkileşimi ve AgNP ile polimer matris arasındaki moleküller arası kuvvetleri ve elektrostatik kuvveti göstermektedir. Bu durum AgNP'lerin filmin mekanik özelliklerini güçlendirdiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar Kanikireddy ve ark. (2020) ve Dash ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda da görülmektedir. Hem gerilme mukavemetinin hem de uzama miktarının birlikte AgNP ilaveli filmlerde kontrole göre daha yüksek olması mekanik özelliklerinin güçlendiğinin bir göstergesidir.

3.4.4. Ambalaj Filmlerinin Bariyer Özellikleri

Üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen ve farklı oranlarda gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenliği hızı değerleri Tablo 3.13'te verilmiştir.

Tablo 3.13. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenliği hızı değerleri

Filmler	Oksijen Geçirgenliği (cm ³ /m ² .gün.atm)	Su Buharı Geçirgenliği (g/m ² .gün)
K	1348,62±34,38 ^a	0,34±0,08 ^a
0,5 YP	1117,12±165,63 ^a	0,35±0,19 ^a
1 YP	1265,90±96,03 ^a	0,27±0,03 ^a
0,5 PS	1263,50±94,05 ^a	0,33±0,01 ^a
1 PS	1345,00±28,28 ^a	0,33±0,01 ^a

*K: Kontrol filmleri, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmler

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** a-c Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler, örneklerin karşılaştırması olup, istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenliği hızı değerleri incelendiğinde en yüksek oksijen geçirgenliği değerinin K kodlu filmlerde (1348,62 cm³/m².gün.atm), en düşük oksijen geçirgenliği değerinin ise 0,5 YP kodlu filmlerde (1117,12 cm³/m².gün.atm) olduğu saptanmıştır. AgNP ilavesinin örneklerin oksijen geçirgenliğini azalttığı belirlenmiştir.

Su buharı geçirgenlik değerlerinde bakıldığında en düşük su buharı geçirgenliği değerinin 1 YP kodlu filmlerde (0,27 g/m².gün), en yüksek su buharı geçirgenliği değerinin ise 0,5 YP kodlu filmlerde (0,35 g/m².gün) olduğu tespit edilmiştir. Örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır (p>0,05).

3.4.5. Gümüş İyonu Salınımı

Üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen ve farklı oranlarda gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin gümüş iyonu salınım değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Gümüş nanopartikül içeren LLDPE esaslı filmlerin gümüş iyonu salınım değerleri

Filmler	Ag (µg/ g numune)
K	<5
0,5 YP	408,5±3,2
1 YP	662,6±5,3
0,5 PS	551,0±4,5
1 PS	1490,9±11,9

*K: Kontrol filmleri, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler ,1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmler

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir. (SD: Standart sapma).

*** a-c Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler, örneklerin karşılaştırması olup, istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Emamifar ve ark. (2010) LDPE'ye farklı oranlarda Ag ve ZnO nanopartikül ilave ederek elde ettikleri nanokompozit filmlerde, Ag ve Zn iyon salınımını sırasıyla % 0,1 ve % 0,11-0,16 olarak tespit etmişlerdir.

3.5. Çilek Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları

Gümüş nanopartikül ilavesinin çilek örneklerinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla, daha önce karakterizasyon analizleri yapılmış olan 5 farklı grup ambalaj filmi ile çilek örnekleri ambalajlanmış ve tüm deneme grupları +4 °C'de 15

gün depolanmıştır. Depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde aşağıda sonuçları verilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

3.5.1. Nem

Çilek örneklerinin depolama süresince nem içeriğindeki değişim Tablo 3.15' te gösterilmiştir.

Tablo 3.15. Çilek örneklerinin nem değerleri (%)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	90,36±0,62 ^{cA}	89,67±0,68 ^{cA}	91,24±0,69 ^{bA}	90,16±0,39 ^{cB}	89,96±0,33 ^{cC}	92,45±0,21 ^{aA}
0,5 YP	90,36±0,62 ^{bcA}	89,86±0,62 ^{cA}	91,30±0,40 ^{abA}	90,94±0,73 ^{bAB}	91,03±0,90 ^{abB}	92,02±0,22 ^{aB}
1 YP	90,36±0,62 ^{dA}	89,88±0,24 ^{dA}	91,37±0,24 ^{bcA}	91,17±0,74 ^{cA}	93,85±0,41 ^{aA}	92,04±0,36 ^{bB}
0,5 PS	90,36±0,62 ^{cA}	89,82±0,42 ^{cA}	91,28±0,29 ^{bA}	91,01±0,34 ^{bAB}	89,87±0,51 ^{cC}	92,11±0,12 ^{aAB}
1 PS	90,36±0,62 ^{cdA}	89,58±0,67 ^{dA}	91,60±0,37 ^{abA}	90,81±0,63 ^{bcAB}	90,65±0,40 ^{cBC}	91,76±0,05 ^{aB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince nem değerlerinin kontrol örneklerinde % 89,67-92,45, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 89,86-92,02, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 89,88-93,85, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 89,82-92,11, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 89,58-91,76 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre depolama sonunda K grubunun nem değerlerinin diğer örnek gruplarından istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama boyunca tüm örnek gruplarının nem değerlerindeki değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin nem değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde taze çileğin nem değerine benzer bulgular elde edilmiştir. Hossain ve ark. (2016) farklı genotipteki taze çileklerin nem değerlerinin % 90,58-92,17 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Taze çileğin fiziksel ve kimyasal analizlerinin yapıldığı başka bir çalışmada ürünlerin nem değerleri % 96 olarak belirtilmiştir. (Özkan, 2019). Zeybek ve Turgay (2023) tarafından yapılan çalışmada çileğin nem değerinin % 94,65 olduğu bulunmuştur. Hussaain ve ark. (2024) taze çileğin genel bileşimini inceledikleri bir çalışmada çileklerin nem içeriğinin % 87,88 olduğunu belirtmişlerdir.

Sunday ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada, gümüş nanopartiküller ile kaplanmış ambalaj malzemelerinin domateslerin saklama koşulları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre gümüş nanopartikül içeren film kaplamaları kullanılarak domateslerin nem içeriği ve sertlik değerlerinde iyileşmeler gözlemlendiği ve AgNP'lerin ambalajın nem geçirgenliğini azaltarak, domateslerin daha uzun süre taze kalmasını sağladığı belirtilmiştir.

3.5.2. Su Aktivitesi (aw)

Su aktivitesi (aw), gıda denge buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun denge buhar basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır (Cemeroğlu, 2013). Mikrobiyolojik stabilite ve fiziko-kimyasal bozulma reaksiyonları ile ilgili olduğundan gıda endüstrisinde önemli bir kavramdır. Ayrıca bakteri, maya ve küf gelişiminin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Sandulachi ve Tatarov, 2012).

Çilek örneklerinin depolama süresince su aktivitesi içeriğindeki değişim Tablo 3.16'da gösterilmiştir.

Tablo 3.16. Çilek örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	0,913±0,00 ^{cA}	0,936±0,00 ^{aBC}	0,873±0,01 ^{dC}	0,924±0,01 ^{bA}	0,932±0,00 ^{abB}	0,927±0,00 ^{abA}
0,5 YP	0,913±0,00 ^{bA}	0,934±0,00 ^{aC}	0,898±0,02 ^{cB}	0,918±0,01 ^{bA}	0,939±0,00 ^{aA}	0,920±0,01 ^{bA}
1 YP	0,913±0,00 ^{cA}	0,933±0,00 ^{aC}	0,929±0,00 ^{abA}	0,927±0,00 ^{abA}	0,931±0,00 ^{aB}	0,923±0,01 ^{bA}
0,5 PS	0,913±0,00 ^{dA}	0,939±0,00 ^{aAB}	0,923±0,01 ^{cdA}	0,925±0,00 ^{bcA}	0,935±0,01 ^{abAB}	0,925±0,01 ^{bcA}
1 PS	0,913±0,00 ^{cA}	0,942±0,00 ^{aA}	0,925±0,01 ^{bA}	0,928±0,00 ^{bA}	0,928±0,00 ^{bB}	0,925±0,00 ^{bA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince su aktivitesi değerlerinin kontrol örneklerinde 0,873-0,936, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,898-0,939, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,913-0,933, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,913-0,939, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,913-0,942 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Nem içeriği açısından yüksek nemli gıdalar (aw 0,9-1,00) arasında bulunan çileğin aw değerleri literatür ile uyumludur (Özay ve ark., 1993).

Depolama boyunca tüm örnek gruplarının su aktivitesi değerlerindeki değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin su aktivitesi değerleri üzerine olan etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir (p>0,05).

Çalışma sonuçları incelendiğinde, depolama sürecinin sonunda en yüksek su aktivitesi değerine sahip olan kontrol grubu örnekleri (0,927), mikrobiyal bozulmaya daha yatkın olarak değerlendirilmiştir. Buna karşılık, en düşük aw değerine sahip olan 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerin (0,920) mikrobiyal yükünün daha düşük olduğu gözlemlenmiş ve bu durumda 0,5 YP kodlu filmlerin mikrobiyal gelişimi engellemede daha uygun bir ambalaj olduğu düşünülmüştür. Nitekim çilek

örneklerinin Tablo 4.22 ve Tablo 4.23’te verilen Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) ve maya-küf değerlerine bakıldığında en yüksek TAMB ve maya-küf değerlerini Kontrol örneklerinde, en düşük TAMB ve maya-küf değerlerinin ise 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde olduğu görülmektedir.

3.5.3. pH

Çilek örneklerinin depolama süresince pH değerlerindeki değişim Tablo 3.17’de gösterilmiştir.

Tablo 3.17. Çilek örneklerinin pH değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	3,55±0,05 ^{bA}	3,62±0,06 ^{bA}	3,64±0,09 ^{bA}	3,89±0,13 ^{aA}	3,89±0,19 ^{aA}	3,88±0,05 ^{aA}
0,5 YP	3,55±0,05 ^{aA}	3,57±0,07 ^{aA}	2,99±0,63 ^{bB}	3,57±0,05 ^{aB}	3,61±0,03 ^{aB}	3,78±0,02 ^{aA}
1 YP	3,55±0,05 ^{abA}	3,55±0,09 ^{abA}	3,31±0,47 ^{bAB}	3,67±0,03 ^{aB}	3,71±0,06 ^{aB}	3,82±0,11 ^{aA}
0,5 PS	3,55±0,05 ^{cA}	3,54±0,03 ^{cA}	3,62±0,07 ^{bcA}	3,63±0,05 ^{bcB}	3,65±0,06 ^{bcB}	3,83±0,04 ^{aA}
1 PS	3,55±0,05 ^{dA}	3,45±0,05 ^{eb}	3,60±0,01 ^{cdA}	3,64±0,04 ^{cb}	3,73±0,03 ^{bb}	3,80±0,00 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince pH değerlerinin kontrol örneklerinde 3,55-3,89, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,99-3,78, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,31-3,82, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,54-3,83, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,45-3,80 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildiğinde 15 günlük depolama sonunda tüm örnek gruplarının pH değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir (p>0,05). Ancak depolama boyunca genel olarak kontrol grubu örneklerin pH değerlerinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Depolama sırasında, çileklerin pH değerlerinde genel olarak bir artış eğilimi olduğu tespit edilmiştir. pH değerinde gerçekleşen bu artışın; mikroorganizmaların meyve hücrelerinde bulunan organik asitleri kullanması ve çileğin solunumu sırasında elde edilen oksijenin organik asitleri okside etmesi ve dolayısıyla meyve hücrelerindeki organik asitlerin tkutilmesine ve ortamın asitliğinin azalmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Ebrahimi ve ark., 2018; zkan, 2019). Tablo 3.17 incelendiğinde ileklerin 15. Gün depolamasında tüm grupların pH değeri artarken en yüksek değer kontrol grubu örneğinde görülmektedir. Benzer sonuçlar Yang ve ark. (2024) tarafından yeşil sentezle elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli nanokompozit filmlerle 8 gün süreyle depolanan ilek rneklelerinde yapılan bir çalışmada da görülmektedir. Çalışmanın sonucuna bakıldığında depolama sonunda pH değerinin kontrol örneğinde daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bulguların, Holcroft ve Kader (1999)'in ambalaj içerisindeki yüksek CO₂ seviyesinin çileklerin pH değerini artırdığına dair bildirdikleri çalışma sonuçlarıyla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Pasha ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada biyonanokompozit ambalaj filmleri ile ambalajlanan çileklerin başlangıç pH değeri 3,47 olarak kaydedilmiş ve 23 günlük depolama süresince kademeli olarak artış gösteren pH değerlerinin genellikle 3,44- 4,19 arasında olduğu ve pH değerinin hasat zamanı, olgunluk, çeşit, depolama koşulları ve mikrobiyal kontaminasyon gibi birçok faktörden etkilenebildiği belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada 12 gün süreyle depolanan ilek rneklelerinin pH değerlerinin 3,33-4,09 aralığında değiştiği ifade edilmiştir (z ve Kafkas, 2015).

Kontrol grubundaki pH değerinin yksekliliğinin farklı sebepleri olabileceği düşünülmektedir. Bunlardan ilki kontrol ambalajındaki karbondioksit seviyesinin daha yüksek olmasından kaynaklanabilecek olmasıdır (Aday, 2011). Diğerinin ise kontrol grubuyla ambalajlanan çileklerin solunum sırasında organik asitleri kullanarak bunları şekere dönüştürmesi kaynaklı olabileceği bildirilmektedir (Martnez-Ferrer ve ark., 2002; Yang ve ark., 2024).

Düşük su buharı ve gaz geçirgenliğine sahip 0,5 YP kodlu ambalaj filmiyle ambalajlanan rneklelerin solunum içeriğini ve dolayısıyla pH değişimini azaltmada

önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Benzer sonuçlar literatürde yer almaktadır (Ebrahimi ve ark., 2018; Pasha ve ark., 2023).

Sonuç olarak çileklerin pH değerinin, depolama süresi boyunca belirli bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal özelliklerinin çileklerin asiditesini kısmen koruduğunu ve mikrobiyal aktivitenin azalmasıyla pH'nın daha yavaş değiştiğini göstermektedir. Bu bulgular, gümüş nanopartiküllerin çilekler üzerinde önemli koruyucu etkileri olduğunu ve pH değerinin korunmasında rol oynadığını göstermektedir.

3.5.4. Suda Çözünür Kuru Madde

Çilek örneklerinin depolama süresince suda çözünür kuru madde değerlerindeki değişim Tablo 3.18'te gösterilmiştir.

Tablo 3.18. Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	9,83±0,76 ^{aA}	9,25±0,29 ^{abA}	9,13±0,48 ^{abA}	8,75±0,29 ^{bA}	7,63±0,75 ^{cB}	6,75±0,65 ^{dA}
0,5 YP	9,83±0,76 ^{aA}	9,38±0,25 ^{abA}	9,17±0,29 ^{abA}	9,00±0,41 ^{abA}	8,75±0,35 ^{bA}	7,75±0,65 ^{cA}
1 YP	9,83±0,76 ^{aA}	9,33±0,29 ^{abA}	9,25±0,29 ^{abA}	8,88±0,25 ^{bA}	8,63±0,25 ^{bA}	7,38±0,75 ^{cA}
0,5 PS	9,83±0,76 ^{aA}	9,25±0,29 ^{abA}	9,13±0,25 ^{abA}	8,75±0,50 ^{bA}	8,75±0,29 ^{bA}	7,25±0,65 ^{cA}
1 PS	9,83±0,76 ^{aA}	9,25±0,29 ^{abA}	9,17±0,29 ^{abA}	8,88±0,63 ^{bcA}	8,13±0,25 ^{cAB}	7,13±0,48 ^{dA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince suda çözünür kuru madde değerlerinin kontrol örneklerinde 6,75-9,83, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 7,75-9,83, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 7,38-9,83, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 7,25-9,83, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan

örneklerde 7,13-9,83 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama boyunca çileklerdeki suda çözünür kuru madde değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Depolama boyunca 10.gün dışında tüm örnek gruplarının suda çözünür kuru madde değerlerinin birbirine benzer olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Aynı zamanda 15 günlük depolama sonunda tüm örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Depolama sonunda istatistiksel olarak fark olmasa da en iyi suda çözünür kuru madde değerinin 0,5 YP kodlu filmlerde olduğu tespit edilmiştir.

Suda çözünür kuru madde ve pH değerleri çileklerin olgunluk ve tatlılık derecelerini belirlemede önemli parametrelerdir. Bu değerler ürünün kalitesini ve tüketiciler tarafından kabul edilme düzeyini etkilemektedir. Çileklerin suda çözünür kuru maddesi ağırlıklı olarak şekerler ve asitlerden, ayrıca az miktarda çözünmüş vitaminler, fruktanlar, proteinler, pigmentler, fenolik madde ve minerallerden oluşmaktadır (Cordenunsi ve ark., 2002; Basak ve ark., 2022).

Literatüre bakıldığında çilek örneklerinde depolama sürecinde suda çözünür kuru maddenin azaldığı görülmektedir. Öz ve Kafkas (2015) tarafından yapılan çalışmada 250 g'lık polivenilpropilen (PVPP) kutu içerisinde +5°C'de, % 85-90 bağıl nemde muhafaza edilmiş ve 12 günlük depolama sürecinde her 3 günde bir yapılan analizlerde çilek örneklerin suda çözünür kuru madde değerinin azaldığı bildirilmiştir.

Kontrol grubu örneklerin suda çözünür kuru madde değerinin diğer örneklerle göre daha düşük olmasının sebebinin, çileğin fizyolojik aktivitesini sürdürmesi sırasında sükrözün daha fazla hidrolize edilmesi ve/veya ambalaj içindeki yüksek karbondioksit konsantrasyonunun solunumu hızlandırmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Aday, 2011).

Genel olarak depolamanın 15. gününde AgNP ilaveli filmlerin suda çözünür kuru madde değerlerinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olması, nanopartikül

ilaveli filmlerin antimikrobiyal özellik göstermesi ve bariyer özelliklerinin daha iyi olması ile ilişkilendirilebilir. Benzer sonuçlar Yang ve ark. (2024) tarafından PCP-AgNP'ler/CS filmle paketlenen çileklerle yapılan çalışmada görülmektedir. He ve ark. (2021) tarafından AgNP ilaveli ve selüloz bazlı bir gıda ambalajı ile paketlenen çileklerin 7 günlük depolama süresince pH değerlerinin 9-13 arasında değişiminin gözlemlendiği çalışmada AgNP ilaveli ambalajla paketlenen örneklerin suda çözünür kuru madde içeriğindeki azalmanın PE grubundan daha yavaş olduğu bulunmuş, bu durumun çözünebilir kuru maddenin bozunmasını geciktirmede ve daha yüksek suda çözünür kuru madde değerini korumada etkili olduğunu ve böylece çileklerin depolama ömrünü uzattığını belirtilmiştir.

3.5.5. Renk

Çilek örneklerinin depolama süresince L* değerlerindeki değişim Tablo 3.19'da gösterilmiştir.

Tablo 3.19. Çilek örneklerinin L* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	30,68±1,63 ^{aA}	27,59±1,76 ^{cdB}	29,35±1,73 ^{abB}	30,66±2,28 ^{aA}	28,28±3,02 ^{bcA}	26,56±0,96 ^{dB}
0,5 YP	30,68±1,63 ^{aA}	28,32±1,83 ^{bAB}	29,09±2,83 ^{bB}	29,54±2,22 ^{abAB}	29,01±2,02 ^{bA}	28,07±2,53 ^{bA}
1 YP	30,68±1,63 ^{aA}	29,15±2,43 ^{bcA}	29,99±1,98 ^{abAB}	29,04±1,71 ^{bcB}	29,44±2,15 ^{abA}	27,85±1,01 ^{cAB}
0,5 PS	30,68±1,63 ^{aA}	29,64±1,18 ^{abA}	30,26±1,14 ^{abAB}	29,07±2,62 ^{bB}	29,38±1,70 ^{abA}	27,83±2,41 ^{cAB}
1 PS	30,68±1,63 ^{aA}	29,12±1,89 ^{bA}	30,82±1,96 ^{aA}	30,69±1,60 ^{aA}	28,10±1,62 ^{bcA}	27,77±1,29 ^{cAB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince L* değerlerinin kontrol örneklerinde 26,56-30,68, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 28,07-30,68, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 27,85-30,68, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 27,83-30,68 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 27,77-30,82 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama sırasında gerçekleşen renk değışikliği özellikle çileğin yüzeyinde koyulaşma veya bozulma olarak meydana gelmektedir. Bu durumun çileğin besin değeri ve duyusal özelliklerini büyük ölçüde azalttığı ve tüketicilerin kabulünü etkilediği bilinmektedir (Zhang ve ark., 2018).

Örneklerin L* değeriinde depolamanın 5., 10. ve 15. günlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmezken ($p>0,05$), depolamanın 3. ve 7. günlerinde L* değeriinin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm rnek gruplarında depolama boyunca L* değeriinde azalma görülürken depolama sonunda en büyük azalmanın kontrol grubu örneklerinde olduğu belirlenmiştir. 0,5 YP kodlu örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değışim gösterdiği saptanmıştır.

Taze ileklerdeki renk kaybının pigmentlerin bozulmasıyla ilgili olduğu bildirilmektedir (Aday ve Caner, 2011). Tüm gruplarda 15 gün depolamada L* değeriinin önemli ölçüde azaldığı grlmştir (Tablo 3.19). Depolama süresi sonunda tüm grupların L* değeri karşılaştırıldığında ise en düşük L* değeri (26,56) kontrol grubunda, en yüksek L* değeri ise (27,86) 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde olduğu belirlenmiştir.

Shankar ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada kitosan/esansiyel yağlar/gümüş nanopartikül kompozit filmlerinin ve gama işnlenmesinin çileklerin raf ömrü üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada L* değeriini 20,03-35,27 aralığında tespit etmişlerdir. Hong ve ark. (2024) yaptıkları bir çalışmada Ag@SiO₂ uygulamasının çileklerin muhafaza süresince L* değeriinin 36,32-40,66 aralığında değiğtiğini ve aralarında anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir ($p>0,05$).

ilek rneklerinin depolama süresince a* değeriindeki değışim Tablo 3.20’de gösterilmiştir.

Tablo 3.20. Çilek örneklerinin a* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	27,08±1,67 ^{aA}	26,40±2,82 ^{aA}	26,71±1,32 ^{aA}	22,78±1,98 ^{bcAB}	23,64±3,08 ^{bAB}	21,30±1,11 ^{cA}
0,5 YP	27,08±1,67 ^{aA}	26,62±3,39 ^{abA}	25,95±3,09 ^{abA}	25,29±3,81 ^{abA}	23,98±2,28 ^{bcAB}	22,11±2,64 ^{cA}
1 YP	27,08±1,67 ^{aA}	25,69±2,26 ^{abAB}	25,17±3,09 ^{abA}	21,41±5,43 ^{cB}	22,61±3,63 ^{bcB}	21,90±2,63 ^{cA}
0,5 PS	27,08±1,67 ^{aA}	23,90±2,36 ^{bcB}	25,49±3,17 ^{abA}	23,85±3,85 ^{bcAB}	24,95±2,60 ^{abA}	21,88±3,65 ^{cA}
1 PS	27,08±1,67 ^{aA}	25,61±2,16 ^{abAB}	23,16±2,55 ^{bcB}	25,12±3,67 ^{abA}	22,28±1,59 ^{cB}	21,83±3,85 ^{cA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraftan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraftan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince a* değerlerinin kontrol örneklerinde 21,30-27,08 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 22,11-27,08, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 21,41-27,08, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 21,88-27,08 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 21,83-27,08 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Örneklerin a* değerlerinde depolamanın 15. gününde istatistiksel olarak farklılık görülmezken (p>0,05), diğer depolama günlerinde a* değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Örneklerin a* değerlerinde depolama boyunca azalma görülürken, örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (p<0,05). L* değerinde olduğu gibi a* değerlerinde de depolama boyunca azalma görülürken depolama sonunda en büyük azalmanın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 0,5 YP kodlu örneklerin depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çileklerin kırmızılığı a* değerleri ölçülerek değerlendirilmiştir. Genel olarak tüm grupların kırmızılığında meydana gelen azalmanın, solunum hızındaki artıştan ve esmerleşme reaksiyonları ile çileklerin kalitesini düşüren enzimatik süreçten kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Del-Valle ve ark., 2005). Depolama sonunda en düşük a* değeri (21,30) K örneklerinde, en yüksek a* değeri (22,11) ise 0,5 YP kodlu

filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerdeki en yüksek a* değerinin AgNP'lerin solunum hızını azaltmasından ve enzimatik reaksiyonları geciktirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hong ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada AgNP'lerin çileklerin a* değerlerinde depolama süresi boyunca (0–5 gün) istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0,05$) görülmüştür. a* değerine ilişkin benzer sonuçlar Shankar ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada rapor edilmiştir.

Çilek örneklerinin depolama süresince b* değerlerindeki değişim Tablo 3.21'de gösterilmiştir.

Tablo 3.21. Çilek örneklerinin b* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	15,96±2,68 ^{aA}	13,91±2,22 ^{abAB}	14,08±2,84 ^{abAB}	13,06±4,55 ^{bAB}	13,57±3,76 ^{abA}	11,66±2,07 ^{bA}
0,5 YP	15,96±2,68 ^{aA}	16,06±3,79 ^{aA}	16,19±4,55 ^{aA}	15,10±4,77 ^{aA}	14,52±2,32 ^{abA}	12,12±2,11 ^{bA}
1 YP	15,96±2,68 ^{aA}	15,42±2,10 ^{aAB}	13,20±4,08 ^{bcB}	11,56±1,90 ^{cB}	13,93±2,98 ^{abA}	11,96±2,40 ^{bcA}
0,5 PS	15,96±2,68 ^{aA}	13,58±3,22 ^{aB}	14,54±3,36 ^{aAB}	14,20±2,85 ^{aA}	13,88±2,89 ^{aA}	13,58±4,53 ^{aA}
1 PS	15,96±2,68 ^{aA}	14,15±3,84 ^{abAB}	16,00±4,90 ^{aAB}	14,69±3,54 ^{abA}	10,28±1,25 ^{cB}	12,25±3,29 ^{bcA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince b* değerlerinin kontrol örneklerinde 11,66-15,96, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 12,12-16,19 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 11,56-15,96, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 13,58-15,96 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 10,28-16,00 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük b* değeri (11,66) K örneklerinde, en yüksek b* değeri (13,58) ise 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. Örneklerin b*

değerlerinde depolamanın 5. gününe kadar istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmezken ($p>0,05$), depolamanın 7. ve 10. günlerinde anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Depolama süresi boyunca çilek örneklerinin b^* değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. b^* değerine ilişkin benzer sonuçlar Shankar ve ark. (2021) tarafından yapılan kitosan/uçucu yağ/gümüş nanopartikül ilaveli kompozit filmler ile paketlenen çileklerin raf ömrünün araştırıldığı bir çalışmada rapor edilmiştir.

Genel olarak çilek örneklerinin renk değerleri incelediğinde AgNP'lerin örneklerin solunum hızını yavaşlatarak, antosiyaninlerin parçalanmasını azalttığı ve böylece AgNP ilaveli ambalaj filmleriyle paketlenen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin kontrol grubuna göre daha iyi korunduğu düşünülmektedir.

3.5.6. Toplam Fenolik Madde

Çilek örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Tablo 3.22'de gösterilmiştir.

Tablo 3.22. Çilek örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	75,79±0,85 ^{aA}	41,41±1,32 ^{cB}	44,08±1,74 ^{cB}	42,57±1,24 ^{cC}	36,33±1,11 ^{dD}	52,01±1,16 ^{bB}
0,5 YP	75,79±0,85 ^{aA}	32,50±3,04 ^{cC}	45,69±2,48 ^{dB}	60,40±1,59 ^{cA}	43,49±1,55 ^{dC}	68,13±2,83 ^{bA}
1 YP	75,79±0,85 ^{aA}	34,52±0,91 ^{dC}	59,96±0,95 ^{bA}	34,53±2,97 ^{dD}	54,32±0,90 ^{cAB}	57,56±3,33 ^{bcB}
0,5 PS	75,79±0,85 ^{aA}	49,06±3,35 ^{cdA}	45,19±3,15 ^{dB}	53,57±3,37 ^{cB}	52,60±3,16 ^{cB}	66,84±1,81 ^{bA}
1 PS	75,79±0,85 ^{aA}	40,62±2,80 ^{dB}	58,11±0,10 ^{bA}	49,57±1,80 ^{cB}	57,18±2,89 ^{bA}	57,55±4,38 ^{bB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

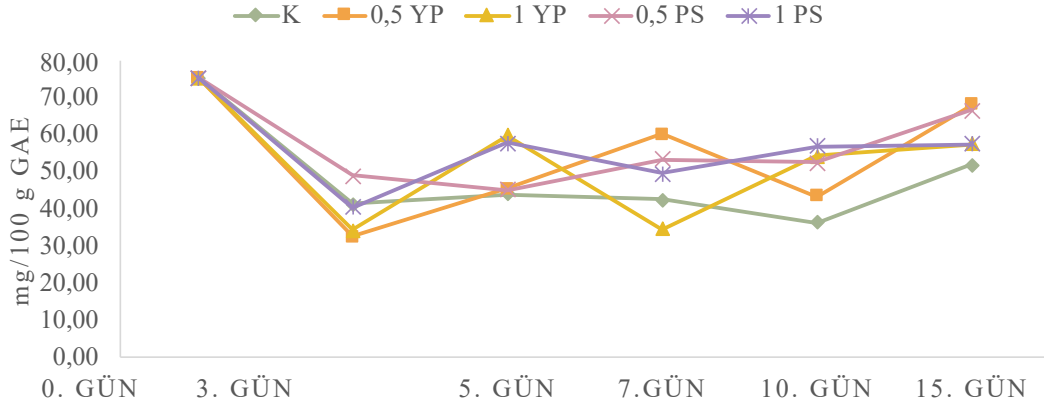
**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde değerlerinin kontrol örneklerinde 36,33-75,79 mg/100 g GAE, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 32,50-75,79 mg/100 g GAE, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 34,52-75,79 mg/100 g GAE, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 45,19-75,79 mg/100 g GAE, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 40,62-75,79 mg/100 g GAE arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar 25 çilek çeşidinin toplam fenolik madde değerlerinin 0,46-1,53 mg/g GAE aralığında bulunduğu bir çalışmada görülmektedir (Milosavljevic ve ark., 2022).

Örneklerin toplam fenolik madde değerlerinin tüm depolama günlerinde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. 0,5 YP kodlu örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Toplam fenolik madde içeriği çileklerin kalitesi açısından önemli bir parametredir. Fenolik bileşikler çileklerin tadına katkılarının yanı sıra meyvelerdeki pigmentlerin görünümünü de etkilemektedir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin bitkisel ikincil metabolitler olduğu antikanser, anti-inflamatuar ve antioksidan biyolojik işlevlere sahip oldukları belirtilmektedir. Bu nedenle, toplam fenolik madde içeriği meyve ve sebzelerin korunmasını değerlendirmek için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Koyama ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2022).

Şekil 3.14 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin toplam fenolik madde içeriğindeki değişiklikler görülmektedir.



Şekil 3.14. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin toplam fenolik madde değerleri

Sonuçlara bakıldığında çilek örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri depolamayla birlikte azalma göstermiştir. Depolama sonunda ise en düşük toplam fenolik madde içeriğine kontrol grubu örneklerinin (52,01 mg/100 g GAE) en yüksek toplam fenolik madde içeriğine ise 0,5 YP ve 0,5 PS kodlu örnek gruplarının (68,13 mg/100 g GAE ve 66,84 mg/100 g GAE) sahip olduğu tespit edilmiştir. AgNP ilaveli tüm örnek gruplarının kontrol grubuna göre toplam fenolik madde içeriğinin daha yüksek olmasının sebebinin AgNP'lerin oksijen ve karbondioksit iletim oranını değiştirmesine ve çileklerdeki fenolik bileşiklerin korunmasına bağlanmaktadır. Benzer sonuçlar Zhang ve ark. (2022) tarafından çilekleri fiziksel hasardan ve mikrobiyal gelişimden korumak için gümüş nanopartikül-selüloz ilavesi ile yeni bir ambalaj geliştirdikleri çalışmada görülmektedir.

Diğer yandan AgNP'lerin oksijene karşı bir bariyer görevi görmesi nedeniyle en iyi bariyer özelliklerine sahip 0,5 YP kodlu filmlerle paketlenmiş çileklerin fenolik içeriklerinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu durumun, gümüş nanopartiküllerin fenolik bileşikleri parçalayan reaktif oksijen türleri (ROS) ve polifenol oksidaz (PPO) enzimlerinin aktivitesini azaltmasından kaynaklanabileceği ifade edilmektedir (Ansari ve ark., 2023; Alharbi ve ark., 2024). 0,5 YP ve 0,5 PS kodlu örneklerin biyoaktif bileşenlerinin % 1'lere göre daha iyi çıkması, antimikrobiyal aktiviteden sorumlu olabilecek ROS'un biyoaktif bileşen kayıplarını da artırabileceğini göstermektedir (Emamifar ve ark., 2010).

Sonuç olarak AgNP'lerin toplam fenolik bileşiklere karşı zararı etkili bir şekilde geciktirebildiği, çilek kalitesi ve tazeliğinin korunmasında etkili olduğu ifade edilebilir.

3.5.7. Fenolik Bileşen Kompozisyonu

Çilek örneklerinin fenolik bileşen profili belirleme analizinde gallik asit ($y=15,8044x + 386,851$ $R^2= 0,996$), kateşin ($y=2,8798x+25,295$, $R^2=0,998$), p-kumarik asit ($y=37,0799x+1029,720$ $R^2= 0,995$), ellajik asit ($y=1,4416x+68,754$, $R^2=0,992$) ve kuersetin ($y=27,2909x+470,436$ $R^2=0,997$) standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak fenolik bileşiklerin konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Çilek örneklerinde gallik asit, kateşin, p-kumarik asit, ellajik asit ve kuersetin fenolik maddelerinden kateşinin ve ellajik asitin diğer fenolik bileşenlere göre daha baskın olduğu saptanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 0. günde çileklerin kateşin ve ellajik asit değerlerinin sırasıyla 1131,50 ng/mL ve 442,22 ng/mL olduğu belirlenmiştir.

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin 15 gün depolama sonunda kateşin değerlerinin kontrol örneklerinde 653,76 ng/mL, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 1180,79 ng/mL, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 849,92 ng/mL, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 1125,87 ng/mL, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 762,51 ng/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde değerlerine benzer olarak depolama sonunda en düşük kateşin içeriğine kontrol grubu örneklerinin, en yüksek kateşin içeriğine ise 0,5 YP ve 0,5 PS kodlu örnek gruplarının sahip olduğu saptanmıştır.

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin 15 gün depolama sonunda ellajik asit değerlerinin kontrol örneklerinde 237,40 ng/mL, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 319,60 ng/mL, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 264,89 ng/mL, 0,5 PS

kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 483,44 ng/mL, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 293,91 ng/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük ellajik asit içeriğine kontrol grubu örneklerinin, en yüksek ellajik asit içeriğine ise 0,5 PS kodlu örnek grubunun sahip olduğu belirlenmiştir.

3.5.8. Antioksidan Aktivite

Çilek örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite içeriğindeki değişim Tablo 3.23’de gösterilmiştir.

Tablo 3.23. Çilek örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μM Troloks/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	15,17 $\pm$ 0,10 ^{aA}	8,25 $\pm$ 1,44 ^{bA}	11,66 $\pm$ 0,00 ^{abB}	11,36 $\pm$ 3,30 ^{abA}	12,95 $\pm$ 2,88 ^{abA}	10,43 $\pm$ 0,03 ^{abB}
0,5 YP	15,17 $\pm$ 0,10 ^{aA}	6,33 $\pm$ 0,95 ^{dA}	12,31 $\pm$ 0,33 ^{bcB}	12,19 $\pm$ 2,31 ^{bcA}	11,00 $\pm$ 0,63 ^{cA}	14,17 $\pm$ 0,05 ^{abA}
1 YP	15,17 $\pm$ 0,10 ^{bA}	8,40 $\pm$ 0,68 ^{cA}	21,41 $\pm$ 1,81 ^{aA}	8,33 $\pm$ 0,51 ^{cA}	9,50 $\pm$ 0,71 ^{cA}	10,80 $\pm$ 1,25 ^{cB}
0,5 PS	15,17 $\pm$ 0,10 ^{aA}	8,74 $\pm$ 2,49 ^{cA}	10,57 $\pm$ 2,34 ^{bcB}	10,80 $\pm$ 0,43 ^{bcA}	9,03 $\pm$ 1,91 ^{cA}	14,64 $\pm$ 0,47 ^{abA}
1 PS	15,17 $\pm$ 0,10 ^{aA}	7,41 $\pm$ 2,62 ^{cA}	13,70 $\pm$ 1,50 ^{abB}	11,83 $\pm$ 0,65 ^{abA}	11,27 $\pm$ 0,27 ^{bA}	11,59 $\pm$ 0,94 ^{bB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraftan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraftan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

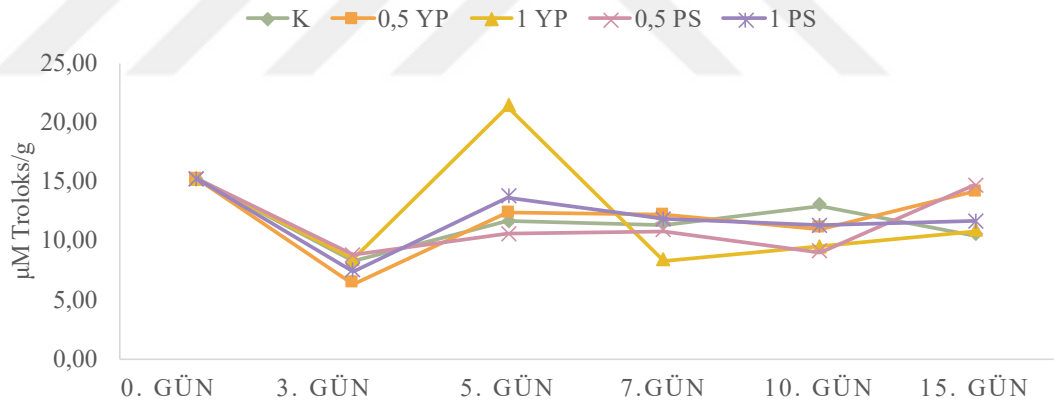
***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite değerlerinin kontrol örneklerinde 8,25-15,17 μM Troloks/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,33-15,17 μM Troloks/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 8,33-15,17 μM Troloks/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 8,74-15,17 μM Troloks/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 7,41-15,17 μM Troloks/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Tarola ve ark. (2013)’nın 7 farklı çilek çeşidinin antioksidan aktivite değerlerinin 5,7- 28,2 mM Troloks/kg aralığında buldukları çalışmada görülmektedir.

Örneklerin antioksidan aktivite değerlerinde depolamanın 3., 7., ve 10. günlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmezken ($p>0,05$), depolamanın 5. ve 15. günlerinde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kontrol grubu hariç tüm örnek gruplarında depolama boyunca antioksidan aktivite değerlerinin başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. 0,5 YP ve 0,5 PS kodlu örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Depolamanın 15.gününde 0,5 YP ve 0,5 PS kodlu örneklerin antioksidan aktivite değerlerinin K, 1 YP ve 1 PS örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Şekil 3.15 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin antioksidan aktivite değerlerindeki değişiklikler görülmektedir.



Şekil 3.15. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin antioksidan aktivite değerleri

Sonuçlara bakıldığında depolama başlangıcında çilek örneklerinin antioksidan aktivite değerleri 15,17 μM Trolox/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince başlangıca göre antioksidan aktivite değerlerinin artma ve azalma eğilimde olduğu, 15.gün depolamada ise tüm grupların antioksidan aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük antioksidan aktivite değeri kontrol grubu

örneklerinde (10,43 μ M Troloks/g), en yüksek antioksidan aktivite değeri ise 0,5 YP ve 0,5 PS (14,17 μ M Troloks/g ve 14,64 μ M Troloks/g kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. Ayrıca sonuçlara bakıldığında kontrol grubu örneklerinin en düşük, 0,5 YP ve 0,5 PS örnek gruplarının ise en yüksek toplam fenolik madde içeriklerine sahip oldukları daha önce belirtilmiştir. Bu durum AgNP'lerin fenolik bileşikleri korumada etkili olduğu gibi antioksidan aktivite gösteren bileşikleri de korumada etki sağladığını ve bu filmlerle ambalajlanan çilek örneklerinin besin değerinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

3.5.9. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

3.5.9.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Çilek örneklerinin depolama süresince TAMB değerlerindeki değişim Tablo 3.24' te gösterilmiştir.

Tablo 3.24. Çilek örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	4,75 $\pm$ 0,61 ^{aA}	3,30 $\pm$ 0,43 ^{bA}	3,84 $\pm$ 0,08 ^{abA}	4,28 $\pm$ 0,12 ^{abA}	4,68 $\pm$ 0,36 ^{aA}	4,92 $\pm$ 0,64 ^{aA}
0,5 YP	4,75 $\pm$ 0,61 ^{aA}	3,41 $\pm$ 0,57 ^{bA}	3,45 $\pm$ 0,04 ^{bB}	3,62 $\pm$ 0,59 ^{bAB}	3,21 $\pm$ 0,01 ^{bB}	2,98 $\pm$ 0,26 ^{bB}
1 YP	4,75 $\pm$ 0,61 ^{aA}	3,85 $\pm$ 0,21 ^{bA}	3,55 $\pm$ 0,07 ^{bcAB}	3,16 $\pm$ 0,23 ^{bcB}	3,06 $\pm$ 0,26 ^{cB}	3,43 $\pm$ 0,06 ^{bcB}
0,5 PS	4,75 $\pm$ 0,61 ^{aA}	3,90 $\pm$ 0,08 ^{bA}	2,64 $\pm$ 0,14 ^{cC}	2,91 $\pm$ 0,36 ^{cB}	2,91 $\pm$ 0,06 ^{cB}	4,32 $\pm$ 0,15 ^{abA}
1 PS	4,75 $\pm$ 0,61 ^{aA}	3,33 $\pm$ 0,21 ^{bcA}	3,34 $\pm$ 0,25 ^{bcB}	4,53 $\pm$ 0,31 ^{aA}	3,30 $\pm$ 0,61 ^{cB}	4,37 $\pm$ 0,29 ^{abA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

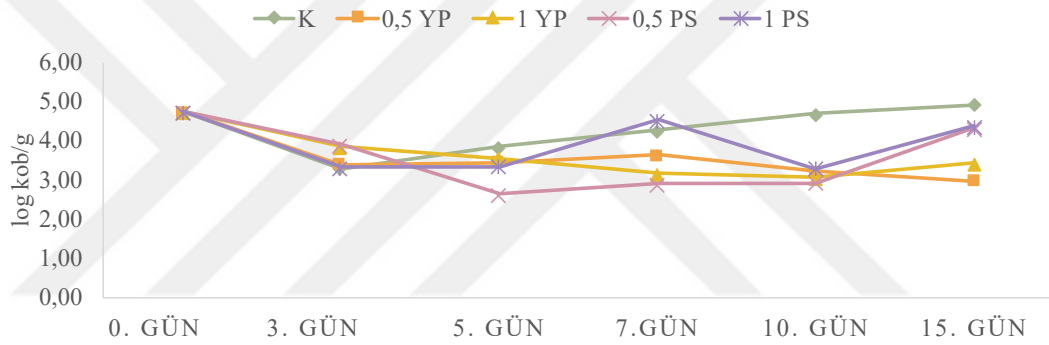
***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince TAMB sayısı kontrol örneklerinde 3,30-4,92 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,98-4,75 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,06-4,75 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,64-4,75 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,30-4,75 log kob/g arasında değişim gösterdiği

tespit edilmiştir. Depolama boyunca genel olarak kontrol grubu örneklerin TAMB sayılarında artış gözlenmiştir. Depolamanın 15.gününde 0,5 YP ve 1 YP kodlu örneklerin TAMB değerlerinin K, 0,5 PS ve 1 PS örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin TAMB değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çilek, yapısı gereği mikrobiyal gelişime karşı hassas olduğundan kolayca bozulabilen bir meyvedir. Şekil 3.16 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin TAMB sayımlarındaki değişiklikleri görülmektedir.



Şekil 3.16. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin TAMB sayımları

Sonuçlara bakıldığında 0. günde çileklerin TAMB sayısı 4,75 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama sonunda AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin TAMB sayısı azalırken, kontrol grubu çilek örneğinde TAMB sayısının arttığı tespit edilmiştir. 15. gün depolama sonunda en yüksek TAMB değeri kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. Bu durum AgNP'lerin antibakteriyel aktivitesinden kaynaklanmakta olup, çilek yüzeyinde bakteri gelişmesini inhibe ettiğini göstermektedir.

Genellikle, TAMB sayımlarının 5,0 log kob/g'ı, örneklerin mikrobiyal kalitesini değerlendirmek için bir tolerans sınırı olarak kabul edildiği belirtilmektedir

(He ve ark., 2021). TAMB değeri 15. günde 4,92 log kob/g 'a yükselerek 5,0 log kob/g 'a yaklaşan kontrol grubunun diğer örneklerle raf ömrünün daha kısa olduğu belirlenmiştir.

Depolama sonunda AgNP ilaveli gruplar arasında TAMB sayısındaki en fazla düşüş 2,98 log kob/g ile 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde gözlemlenmiştir. Bu durumun 0,5 YP kodlu filmlerdeki oksijen bariyeri geçirgenliğinin daha düşük olması ve dolayısıyla çilek örneklerin mikrobiyal olarak daha iyi korunmasına bağlanmaktadır.

Zeybek ve Turgay (2023) tarafından taze çileğin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrünün araştırıldığı bir çalışmada mikrobiyal yükün depolama süresince arttığı ve TAMB sayısının 3,91-4,01 log kob/g olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmadaki çilek örneklerinin mikrobiyal yükü bu sonuçlar ile uyumluluk göstermektedir. Diğer yandan bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde depolama süresince kitosan kaplamalı çilek örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının kontrol grubuna göre azaldığı rapor edilmiştir. Zhang ve ark. (2018) çilek muhafazasında Ag ilaveli nano aktif filmlerin çileklerin tazeliğini etkili bir şekilde koruyabildiğini ifade etmişlerdir.

3.5.9.2. Maya-küf Sayımı

Çilek örneklerinin depolama süresince maya-küf içeriğindeki değişim Tablo 3.25'de gösterilmiştir.

Tablo 3.25. Çilek örneklerinin maya-küf sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	3,75±0,13 ^{bcA}	3,28±0,36 ^{bcA}	3,06±0,31 ^{cA}	3,87±0,53 ^{bcAB}	4,05±0,56 ^{bA}	5,37±0,04 ^{aA}
0,5 YP	3,75±0,13 ^{aA}	3,19±0,02 ^{aA}	3,50±0,71 ^{aA}	3,61±0,45 ^{aAB}	2,96±0,17 ^{aB}	2,93±0,07 ^{aC}
1 YP	3,75±0,13 ^{aA}	3,34±0,14 ^{aA}	3,53±0,30 ^{aA}	3,21±0,33 ^{aAB}	2,41±0,34 ^{bB}	3,27±0,48 ^{aBC}
0,5 PS	3,75±0,13 ^{aA}	3,13±0,08 ^{aA}	3,56±0,58 ^{aA}	3,05±0,16 ^{aB}	2,33±0,21 ^{bB}	3,73±0,14 ^{aB}
1 PS	3,75±0,13 ^{abA}	3,25±0,15 ^{abA}	3,13±0,75 ^{abA}	4,04±0,06 ^{aA}	2,89±0,27 ^{bB}	3,30±0,26 ^{abBC}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

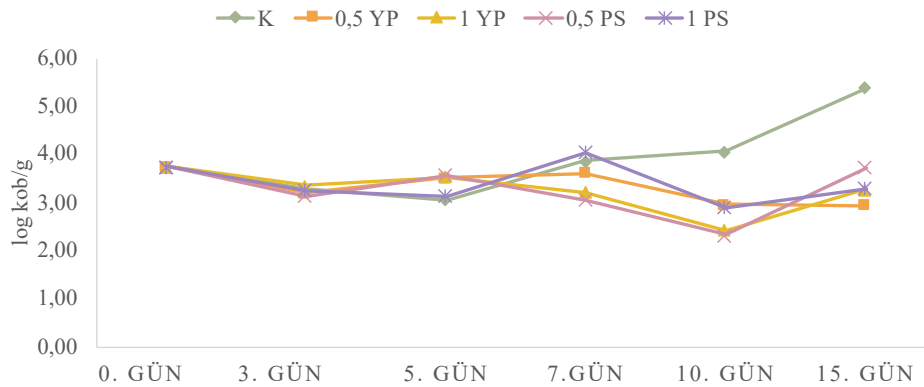
**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan çilek örneklerinin depolama süresince maya-küf sayısı kontrol örneklerinde 3,06-5,37 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,93-3,75 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,41-3,75 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,33-3,75 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,89-4,04 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sonuçlar taze çileğin depolama süresince maya-küf sayısının 3,65-3,83 log kob/ g olduğu literatür bilgileri ile benzerlik göstermektedir (Zeybek ve Turgay, 2023).

Depolama boyunca genel olarak kontrol grubu örneklerin maya-küf değerlerinde önemli düzeyde artış olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Örneklerin maya-küf değerlerinde depolamanın 7. gününe kadar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken ($p>0,05$), depolamanın 10 ve 15. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolamanın 15.gününde 0,5 YP kodlu örneğin maya-küf değerlerinin diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin maya-küf değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Şekil 3.17 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin maya-küf sayımlarındaki değişiklikleri görülmektedir.



Şekil 3.17. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan çileklerin maya-küf sayımları

Çilek örneklerinin başlangıç maya-küf sayımı 3,75 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda en yüksek maya-küf sayısı (5,37 log kob/g), kontrol örneğinde, en düşük maya-küf sayısı (2,93 log kob/g) 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde saptanmıştır. Bu durumda tezin amacını destekler şekilde AgNP'lerin maya-küf sayısını başlangıca göre azalttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte depolama sonunda kontrol örneği logaritmik olarak artarken, AgNP ilaveli filmler antifungal etki göstererek logaritmik artışın önüne geçmiştir.

Yousefi ve ark. (2024) tost ekmeklerin kalitesini iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak için % 1, % 3 ve % 5 oranlarında AgNP ilavesi ile antimikrobiyal ambalaj filmi elde etmişlerdir. Elde ettikleri filmlerle paketlediklerin tost ekmeklerini 5 gün süreyle oda sıcaklığına muhafaza edilmesi sonucu özellikle % 3 ve % 5 konsantrasyonda AgNP içeren filmlerin 5 gün boyunca bakteri ve küf gelişimini önleyerek güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Mohammadi ve ark. (2015) tarafından yapılan başka bir çalışmada polietilen ambalajlara titanyum dioksit esaslı AgNP ilavesinin antifungal etkisinin olduğu ve ürünlerin raf ömrünü arttırdığı ifade edilmiştir.

AgNP ilavesinin mikrobiyal kontaminasyonu azaltarak, 4 °C'de çileklerin raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Chen ve ark. (2020) çalışmasında, gümüş nanopartiküllerinin (AgNP) filmlere ilavesinin, bu filmlerin mekanik özelliklerinin yanı sıra su buharı ve oksijen geçirgenliği gibi bariyer özelliklerini de önemli ölçüde iyileştirdiği rapor edilmiştir. Ayrıca çalışmada AgNP ile güçlendirilmiş filmlerin, *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı %95'in üzerinde inhibisyon oranı gösterdiği belirtilerek, çileklerin raf ömrünün anlamlı derecede uzadığı vurgulanmıştır. Kanikireddy ve ark. (2020)'nın çalışmasında, AgNP ile zenginleştirilmiş antimikrobiyal filmlerin hem gram negatif hem de gram pozitif bakterilere karşı etkili inhibisyon sağladığı rapor edilmiştir. Çalışma ayrıca, AgNP ilavesinin filmlerin mekanik özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Altı günlük depolama sürecinin sonunda, AgNP içeren filmlerle paketlenen çileklerin ağırlık kaybının, ambalajlanmamış örneklere kıyasla %30 daha az olduğu bildirilmiştir.

Maya-küf miktarının yüksek olması gıdalarda bozulma göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir. Çileklerin depolanmasında özellikle küfler muhafaza boyunca problem yaratmakta ve çileğin raf ömrü genellikle küf gelişimi nedeniyle sona ermektedir (Zeybek ve Turgay, 2023). Sonuçlar değerlendirildiğinde AgNP'lerin küf ve mayalara karşı göstermiş olduğu antimikrobiyal etkisi hızla bozulabilen gıdaların ambalajlanmasında antimikrobiyal bir ajan olarak etkinliğini ve potansiyelini ortaya koymaktadır.

3.5.9.3. *Escherichia coli* / koliform Sayımı

Gümüş nanopartikül ilaveli ambalaj filmleriyle ambalajlanan çilek örneklerinde +4°C'de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde *E.coli/koliform* tespit edilmemiştir.

3.6. Karadut Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları

Gümüş nanopartikül ilavesinin karadut örneklerinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla, daha önce karakterizasyon analizleri yapılmış olan 5 farklı grup ambalaj filmi ile çilek örnekleri ambalajlanmış ve tüm deneme grupları +4 °C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde aşağıda sonuçları verilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

3.6.1. Nem

Karadut örneklerinin depolama süresince nem içeriğindeki değişim Tablo 3.26' da gösterilmiştir.

Tablo 3.26. Karadut örneklerinin nem değerleri (%)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	88,22±0,75 ^{abA}	86,12±1,03 ^{cC}	87,89±1,11 ^{bB}	88,71±0,47 ^{abA}	87,87±0,67 ^{bA}	89,60±1,63 ^{aA}
0,5 YP	88,22±0,75 ^{abA}	87,60±0,64 ^{bB}	89,13±0,11 ^{aAB}	88,53±0,17 ^{abA}	86,65±1,19 ^{cB}	89,05±0,37 ^{aA}
1 YP	88,22±0,75 ^{bA}	87,24±0,62 ^{cB}	89,60±0,13 ^{aA}	88,63±0,73 ^{bA}	88,89±0,18 ^{abA}	89,65±0,54 ^{aA}
0,5 PS	88,22±0,75 ^{aA}	88,64±0,36 ^{aA}	88,93±1,38 ^{aAB}	89,24±1,25 ^{aA}	88,29±0,62 ^{aA}	88,89±0,61 ^{aA}
1 PS	88,22±0,75 ^{aA}	86,64±0,53 ^{bBC}	88,31±1,22 ^{aAB}	88,37±1,46 ^{aA}	86,75±0,36 ^{bB}	89,38±0,15 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince nem değerlerinin kontrol örneklerinde % 86,12-89,60, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 86,65-89,13, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 87,24-89,65, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 88,22-89,24, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 86,64-89,38 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında depolama sonunda en yüksek nem değeri (%89,60) kontrol örneklerinde, en düşük nem değeri ise (%88,89) 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin nem değerlerinin kontrol grubu filmlerle ambalajlanan örneklerden daha düşük olmasının sebebinin, AgNP ilaveli filmlerin su buharı geçirgenliğinin kontrol grubu filmlerinden daha düşük olmasına bağlanmaktadır.

Depolama sonunda tüm grupların nem değerlerinin arttığı ve K, 0,5 YP, 1 YP ve 1 PS kodlu örneklerin depolama süresi boyunca örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların görüldüğü tespit edilmiştir ($p<0,05$). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin nem değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde karadut örneklerinin nem değerine benzer sonuçlar olduğu tespit edilmiştir. Martins ve ark. (2023) tarafından karadutun kimyasal kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada nem değeri % 87,7 olarak belirtilmiştir. Taşova ve ark. (2021) yarı olgun ve tam olgun karadut örneklerinde yaptıkları çalışmada dutların nem içeriklerinin sırasıyla % 86,74 ve %82,95 olduğunu saptamışlardır. Kamiloğlu ve ark. (2013) karadut ile farklı ürünlerin üretildiği bir çalışmada taze karadutun nem değerinin % 87,2 olduğunu bildirmişlerdir.

3.6.2. Su Aktivitesi (aw)

Karadut örneklerinin depolama süresince su aktivitesi içeriğindeki değişim Tablo 3.27’de gösterilmiştir.

Tablo 3.27. Karadut örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	0,902±0,01 ^{cA}	0,939±0,00 ^{aAB}	0,922±0,01 ^{bB}	0,905±0,02 ^{cA}	0,921±0,01 ^{bA}	0,939±0,00 ^{aA}
0,5 YP	0,902±0,01 ^{dA}	0,942±0,01 ^{aA}	0,927±0,00 ^{bcAB}	0,920±0,01 ^{cA}	0,926±0,00 ^{bcA}	0,935±0,00 ^{abAB}
1 YP	0,902±0,01 ^{bA}	0,933±0,00 ^{aBC}	0,931±0,01 ^{aA}	0,911±0,01 ^{bA}	0,928±0,01 ^{aA}	0,935±0,00 ^{aAB}
0,5 PS	0,902±0,01 ^{bA}	0,934±0,01 ^{aBC}	0,925±0,00 ^{aAB}	0,906±0,00 ^{bA}	0,928±0,00 ^{aA}	0,928±0,01 ^{aB}
1 PS	0,902±0,01 ^{bA}	0,929±0,01 ^{aC}	0,924±0,01 ^{aAB}	0,920±0,02 ^{aA}	0,927±0,00 ^{aA}	0,929±0,00 ^{aB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince su aktivitesi değerlerinin kontrol örneklerinde 0,902-0,939 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,902-0,942, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,902-0,935, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,902-0,934, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,902-0,929 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatüre bakıldığında taze karadutun su aktivitesi içeriğinin 0,9-1 aralığında olduğu görülmekte olup çalışmanın sonuçları ile uyum göstermektedir (Dobooğlu ve Çınar, 2012).

Depolama boyunca örnek gruplarının su aktivitesi değerlerinin artış gösterdiği ve değerlerin istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir (p>0,05). 15 günlük depolama sonunda en yüksek artışın kontrol grubunda olduğu ve AgNP ilaveli örneklerin su aktivitesi değerlerinin kontrol grubundan önemli düzeyde düşük olduğu saptanmıştır (p<0,05).

Su aktivitesi (aw) mikrobiyolojik stabilite ve fiziko-kimyasal bozulma reaksiyonları ile ilgili olduğundan gıda endüstrisinde önemli bir kavramdır. Ayrıca

bakteri, maya ve küf gelişiminin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Sandulachi ve Tatarov, 2012). Çalışma sonuçlarına bakıldığında en yüksek su aktivitesi değeri kontrol örneklerinde (0,939), en düşük su aktivitesi değeri ise 0,5 PS kodlu filmlerle (0,928) ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. Sonuçlar nem analizi ile uyumluluk göstermektedir. AgNP ilaveli filmler ile kontrol örnekleri kıyaslandığında AgNP ilaveli filmlerin nem değeri ve su aktivitesi değerleri daha düşük olduğu için kontrol grubu örneklerinin mikrobiyal gelişime daha açık olduğu düşünülmektedir.

3.6.3. pH

Karadut örneklerinin depolama süresince pH içeriğindeki değişim Tablo 3.28’de gösterilmiştir.

Tablo 3.28. Karadut örneklerinin pH değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	3,74±0,05 ^{bA}	3,74±0,06 ^{bB}	3,77±0,07 ^{bA}	3,16±0,08 ^{cB}	3,98±0,05 ^{aA}	3,74±0,19 ^{bA}
0,5 YP	3,74±0,05 ^{abA}	3,59±0,06 ^{bcC}	3,68±0,05 ^{abcB}	3,51±0,29 ^{cA}	3,83±0,05 ^{aB}	3,66±0,02 ^{abcAB}
1 YP	3,74±0,05 ^{aA}	3,74±0,11 ^{aB}	3,70±0,02 ^{abB}	3,09±0,08 ^{cB}	3,69±0,06 ^{abC}	3,61±0,01 ^{bAB}
0,5 PS	3,74±0,05 ^{aA}	3,66±0,02 ^{abBC}	3,65±0,07 ^{abB}	3,59±0,13 ^{bA}	3,63±0,09 ^{abC}	3,56±0,06 ^{bB}
1 PS	3,74±0,05 ^{cA}	3,87±0,01 ^{abA}	3,82±0,01 ^{bA}	3,66±0,07 ^{dA}	3,91±0,01 ^{aAB}	3,60±0,00 ^{eB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince pH değerlerinin kontrol örneklerinde 3,16-3,98 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,51-3,83, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,09-3,74, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,56-3,74, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 3,60-3,91 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama boyunca örnek gruplarının pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). 15 günlük depolama sonunda başlangıca göre pH değerinin

kontrol grubunda sabit kaldığı AgNP ilaveli gruplarda ise pH değerinin azaldığı görülmüştür.

Asit değeri meyvelerin lezzet dengesi açısından kritik bir öneme sahiptir ve genellikle olgunlaşma ve hasat sonrası depolama sırasında azalmaktadır (Lin ve Zhao, 2007). Krebs döngüsü sırasında karbonhidratların oksidasyonu, hücre vakuollerinde bulunan organik asitlerin metabolizmasının bozulmasına yol açabilmekte ve bu da meyvedeki asitliği artırabilmektedir. pH değerinde meydana gelen bu azalma, meyvedeki asitliğin artmasına neden olmaktadır (Özkan, 2019). Depolamanın ilk gününde (0. gün) pH değeri 3,74 olarak tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük pH değerinin 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerle (3,56), en yüksek pH değerinin ise (3,74) kontrol örneklerine ait olduğu belirlenmiştir. 15 gün depolama sonunda en yüksek pH değerinin kontrol örneğinde olmasının sebebinin ambalaj içindeki karbondioksit seviyesinin daha yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Aday, 2011).

Organik asitler, tüm bitkilerde, özellikle meyve ve sebzelerde bol miktarda bulunan birincil metabolitlerdir. En iyi bilinenleri sitrik, malik ve galakturonik asitlerdir. Bu bileşiklerin meyve ve sebzelerin organoleptik özellikleri, özellikle lezzet, renk ve aroma üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Organik asitler serbest formda bulunur ve antosiyaninleri stabilize etmeye yardımcı olur. Karadutun yüksek asidik özelliği özellikle antioksidan bileşenlerinin korunması ve lezzet profili açısından önemlidir. Ayrıca oluşan asidik ortam, aynı zamanda meyvenin mikrobiyal bozulmaya karşı dayanıklılığını artırabildiği ve böylece ürün kalitesini iyileştirebildiği ifade edilmektedir (Martins ve ark., 2023).

Okatan ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada karadutun bazı fizikokimyasal özelliklerini incelemiş ve pH değerlerinin 3,65-4,12 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada karadutun pH değerinin 3,52 olduğu bildirilmiştir (Ercişli ve Orhan, 2007). Elmacı ve Altuğ (2002) tarafından yapılan çalışmada farklı çeşit karadut örneklerinin pH değerlerinin 3,60-3,80 arasında değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir. Genel olarak karadut örneklerinin pH

değerinin 3,43-4,78 arasında değiştiği bildirilmiştir (Martins ve ark., 2023). Çalışmada bulunan sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

3.6.4. Suda Çözünür Kuru Madde

Karadut örneklerinin depolama süresince suda çözünür kuru madde içeriğindeki değişim Tablo 3.29’ da gösterilmiştir.

Tablo 3.29. Karadut örneklerinin suda çözünür kuru madde değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	11,25±0,65 ^{aA}	9,75±0,87 ^{bAB}	8,88±0,25 ^{cA}	8,63±0,48 ^{cA}	8,75±0,29 ^{cB}	8,50±0,58 ^{cC}
0,5 YP	11,25±0,65 ^{aA}	10,00±0,41 ^{bAB}	8,38±0,75 ^{dA}	8,13±0,25 ^{dA}	9,38±0,48 ^{cAB}	10,00±0,82 ^{bA}
1 YP	11,25±0,65 ^{aA}	10,00±0,91 ^{bAB}	8,50±0,58 ^{cA}	8,25±0,29 ^{cA}	9,00±0,41 ^{cAB}	8,75±0,35 ^{cBC}
0,5 PS	11,25±0,65 ^{aA}	9,50±0,41 ^{abB}	8,88±0,63 ^{abA}	8,75±0,87 ^{cA}	9,75±0,65 ^{bA}	8,88±0,25 ^{abBC}
1 PS	11,25±0,65 ^{aA}	10,75±0,29 ^{aA}	8,63±0,48 ^{cA}	8,50±0,41 ^{cA}	9,63±0,48 ^{bA}	9,75±0,65 ^{bAB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince suda çözünür kuru madde değerlerinin kontrol örneklerinde 8,50-11,25, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 8,13-11,25, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 8,25-11,25, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 8,75-11,25 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 8,50-11,25 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde taze karadut örneklerin suda çözünür kuru madde değerlerine ilişkin benzer sonuçlar görülmektedir. Hepsağ ve ark. (2012) karadutun suda çözünür kuru madde değerinin 11,40-26,60 aralığında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada karadut örneklerinin suda çözünür kuru madde değerinin 6,20 ile 19,43 aralığında olduğu belirtilmiştir (Martins ve ark., 2023).

Depolama boyunca tüm örnek gruplarının suda çözünür kuru madde değerlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. ($p<0,05$). Depolamanın 15.gününde 0,5 YP kodlu örneklerin suda çözünür kuru madde değerlerinin diğer örneklerden istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Suda çözünür kuru madde değerlerinin bütün örneklerde depolamaya bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Suda çözünür kuru madde değerindeki bu azalmalar karadut örneklerindeki parçalanma reaksiyonlarının başladığını göstermektedir. Depolamanın 15. gününde en düşük suda çözünür kuru madde değeri kontrol örneklerinde en yüksek suda çözünür kuru madde değeri ise 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. 0,5 YP AgNP ilaveli filmler ile ambalajlanan örneklerin suda çözünür kuru madde değerlerinin yüksek olmasının sebebinin bu filmin oksijen geçirgenliği özelliğinin daha iyi olması ile bağlantılı olduğu varsayılmaktadır. Bu durumun oksidasyonu ve olgunlaşma sürecini yavaşlatarak meyvenin daha uzun süre taze kalmasına ve içindeki şeker oranının (briks) korunmasına katkıda bulunabilmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar Yang ve ark. (2024) tarafından kitosan ve AgNP ilaveli filmlerle çileklerin ambalajlandığı çalışmadaki suda çözünür kuru madde değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Kontrol grubu örneklerin suda çözünür kuru madde değerinin diğer örneklerle göre daha düşük olmasının sebebinin, çilek örneklerinde olduğu gibi karadut örneklerinin de fizyolojik aktivitesini sürdürmesi sırasında sükrözün daha fazla hidrolize edilmesi ve/veya ambalaj içindeki yüksek karbondioksit konsantrasyonunun solunumu hızlandırmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Aday, 2011).

Depolama sonunda AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin kontrol grubuyla ambalajlanan örneklerle göre suda çözünür kuru madde içeriğinin daha iyi korunması, AgNP ilaveli ambalaj filmlerin suda çözünür kuru madde değeri üzerine olumlu etkisinin olduğunu göstermektedir. Özellikle hem görsel olarak değerlendirildiğinde hem de suda çözünür kuru madde değerleri göz önüne alındığında

0,5 YP kodlu filmlerin karadut örneklerinin kalitesini etkili bir şekilde koruduğu ve daha uzun süre taze kalmasına katkıda bulunduğu saptanmıştır.

3.6.5. Renk

Karadut örneklerinin depolama süresince L* değerlerindeki değişim Tablo 3.30'da gösterilmiştir.

Tablo 3.30. Karadut örneklerinin L* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	13,70±2,32 ^{bA}	13,88±1,48 ^{bB}	15,81±2,17 ^{aA}	15,79±1,29 ^{aA}	15,68±1,41 ^{aA}	16,18±1,05 ^{aA}
0,5 YP	13,70±2,32 ^{bA}	15,51±1,60 ^{aA}	14,95±1,70 ^{abA}	13,62±2,35 ^{bC}	15,65±2,78 ^{aA}	16,41±0,93 ^{aA}
1 YP	13,70±2,32 ^{cA}	14,40±2,72 ^{bcAB}	15,18±1,56 ^{abcA}	15,45±1,87 ^{abAB}	16,10±2,11 ^{aA}	16,53±1,42 ^{aA}
0,5 PS	13,70±2,32 ^{dA}	15,57±2,02 ^{bcA}	14,92±2,21 ^{abcA}	14,35±1,75 ^{cdBC}	15,86±1,59 ^{abA}	17,04±1,50 ^{aA}
1 PS	13,70±2,32 ^{cA}	14,44±1,95 ^{bcAB}	14,85±1,82 ^{bcA}	15,67±1,69 ^{abA}	14,98±3,35 ^{bcA}	17,19±2,49 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Soniclar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince L* değerlerinin kontrol örneklerinde 13,70-16,18, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 13,62-16,41, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 13,70-16,53, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 13,70-17,04, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 13,70-17,19 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Özgen ve ark. (2009)'nın 14 farklı çeşit karadut örneğinin L* değerlerinin 14,9-27,9 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Taşova ve ark. (2021)'nin taze karadutun L* değerinin 16,44 olarak bildirmişlerdir. Çalışmada bulunan L* değerlerinin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Örneklerin L* değerlerinde depolamanın 5., 10. ve 15.günlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmezken (p>0,05), depolamanın 3. ve 7. günlerinde L* değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Tüm örnek

gruplarında depolama boyunca L^* değerinde artış görülürken depolama sonunda en düşük L^* değerinin kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir.

Karadut örneklerinin depolama süresince a^* değerlerindeki değişim Tablo 3.31’de gösterilmiştir.

Tablo 3.31. Karadut örneklerinin a^* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	1,10±0,46 ^{cA}	3,35±1,64 ^{abAB}	3,27±1,46 ^{abAB}	2,49±0,78 ^{bB}	1,42±0,50 ^{cC}	4,06±1,47 ^{aB}
0,5 YP	1,10±0,46 ^{dA}	3,69±1,47 ^{bA}	2,49±0,98 ^{cB}	2,88±1,09 ^{bcAB}	5,44±2,49 ^{aA}	5,20±2,00 ^{aAB}
1 YP	1,10±0,46 ^{cA}	2,58±0,84 ^{bBC}	2,82±0,80 ^{bAB}	3,24±2,06 ^{bAB}	5,71±2,26 ^{aA}	6,01±2,24 ^{aA}
0,5 PS	1,10±0,46 ^{dA}	3,15±1,15 ^{cAB}	3,85±2,36 ^{bcA}	3,98±1,27 ^{bcA}	6,35±1,97 ^{aA}	4,87±1,22 ^{bAB}
1 PS	1,10±0,46 ^{dA}	2,25±0,61 ^{cC}	2,50±1,10 ^{cB}	3,41±1,82 ^{bAB}	2,78±1,28 ^{bcB}	4,75±1,43 ^{aAB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince a^* değerlerinin kontrol örneklerinde 1,10-4,06, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 1,10-5,44, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 1,10-6,01, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 1,10-6,35, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 1,10-4,75 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında benzer sonuçlar görülmektedir. Chen ve ark. (2017) tarafından taze karadutun a^* değerinin 1,31 olduğu belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada olgunlaşmış karadut meyvelerinde a değerlerinin 5,10-5,72 aralığında olduğu belirtilmiştir (Sütyemez, 2021).

Örneklerin a^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). a^* değerlerinde depolama boyunca artış görülürken depolama

sonunda en az artışın kontrol grubu örneklerinde, en yüksek artışın ise 1 YP kodlu örneklerde olduğu saptanmıştır.

Karadut örneklerinin depolama süresince b* değerlerindeki değişim Tablo 3.32’de gösterilmiştir.

Tablo 3.32. Karadut örneklerinin b* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	0,53±0,24 ^{cdA}	0,80±0,66 ^{bcAB}	1,02±0,47 ^{abA}	0,55±0,37 ^{cdB}	0,30±0,17 ^{dC}	1,20±0,71 ^{aA}
0,5 YP	0,53±0,24 ^{cA}	1,15±0,21 ^{abA}	1,19±0,16 ^{abA}	0,87±0,55 ^{bcB}	1,42±0,63 ^{aB}	1,20±0,52 ^{abA}
1 YP	0,53±0,24 ^{cA}	1,04±0,43 ^{bA}	0,87±0,26 ^{bcA}	0,51±0,25 ^{cB}	1,93±0,77 ^{aA}	0,86±0,61 ^{bcA}
0,5 PS	0,53±0,24 ^{cA}	0,56±0,31 ^{cBC}	1,07±0,59 ^{bA}	1,23±0,54 ^{bA}	1,72±0,64 ^{aAB}	1,03±0,42 ^{bA}
1 PS	0,53±0,24 ^{bA}	0,40±0,22 ^{bC}	0,90±0,63 ^{aA}	0,52±0,29 ^{bB}	0,67±0,61 ^{abC}	0,89±0,55 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince b* değerlerinin kontrol örneklerinde 0,30-1,20, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,53-1,42, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,51-1,93, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,53-1,72, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,40-0,89 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçları Ercişli ve Orhan (2007)’nın farklı dut çeşitlerinin kimyasal kompozisyonunu inceledikleri ve karadut örneklerinin b değerini 1,72 olarak tespit ettikleri çalışmada görülmektedir.

Örneklerin b* değerlerinde depolamanın 5. ve 15.günlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmezken (p>0,05), depolamanın 3., 7. ve 10. günlerinde b* değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05).

3.6.6. Toplam Fenolik Madde

Karadut örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Tablo 3.33' te gösterilmiştir.

Tablo 3.33. Karadut örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	165,69±4,43 ^{aA}	105,15±2,94 ^{cD}	101,68±1,59 ^{cB}	114,37±2,92 ^{bC}	114,33±2,02 ^{bA}	94,94±2,75 ^{dD}
0,5 YP	165,69±4,43 ^{aA}	125,16±2,95 ^{bC}	93,07±0,78 ^{dC}	128,78±4,58 ^{bB}	98,61±2,41 ^{dB}	105,90±3,91 ^{cC}
1 YP	165,69±4,43 ^{aA}	142,41±1,38 ^{bA}	125,66±1,60 ^{cA}	117,48±1,67 ^{dC}	95,12±5,38 ^{eBC}	112,29±2,47 ^{dB}
0,5 PS	165,69±4,43 ^{aA}	105,35±2,03 ^{cD}	88,33±2,17 ^{eD}	114,33±2,55 ^{bC}	93,12±0,82 ^{dBC}	115,53±0,54 ^{bB}
1 PS	165,69±4,43 ^{aA}	133,00±1,71 ^{cB}	127,41±1,95 ^{cA}	155,76±4,91 ^{bA}	88,98±5,41 ^{dC}	160,83±1,13 ^{abA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

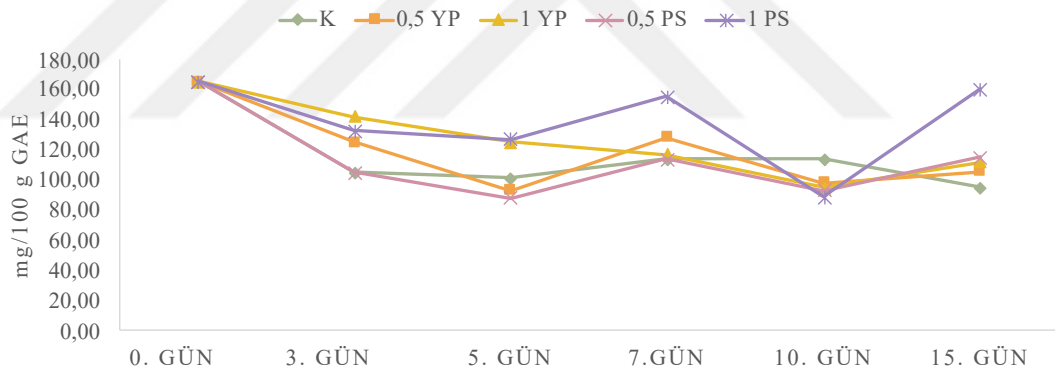
***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde değerlerinin kontrol örneklerinde 94,94-165,69 mg/100 g GAE, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 93,07-165,69 mg/100 g GAE, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 95,12-165,69 mg/100 g GAE, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 88,33-165,69 mg/100 g GAE, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 88,98-165,69 mg/100 g GAE arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde karadutun toplam fenolik madde değerleri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında benzer sonuçlar görülmektedir. Sánchez-Salcedo ve ark. (2015) karadutun toplam fenolik madde miktarının 13,48-16,13 mg/g GAE aralığında tespit etmişlerdir. Özgen ve ark. (2009) 14 farklı çeşit karadutun toplam fenolik madde miktarlarının 1766-3488 µg GAE/g aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Aljane ve Sdiri (2016) karadutun toplam fenolik madde miktarını 30,45 mg/100 g GAE olarak belirlemişlerdir. Karadut örneklerinin fenolik madde içeriğinin incelendiği bir çalışmada su, etanol:su (50/50 v/v) ve etanol olmak üzere üç farklı çözümlerle ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiş ve karadut örneklerinin toplam

fenolik madde içeriğinin 90,26-118,84 mg/100 g GAE aralığında olduğu bildirilmiştir (Kostić ve ark., 2013).

Örneklerin toplam fenolik madde değerlerinin tüm depolama günlerinde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. 1 PS kodlu örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Şekil 3.18 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların toplam fenolik madde içeriğindeki değişiklikler görülmektedir.



Şekil 3.18. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların toplam fenolik madde değerleri

Sonuçlara bakıldığında karadut örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri depolamayla birlikte azalma göstermiştir. Depolama sonunda ise en düşük toplam fenolik madde içeriğine kontrol grubu örneklerinin (94,94 mg/100 g GAE) en yüksek toplam fenolik madde içeriğine 1 PS kodlu örnek grubunun (160,83 mg/100 g GAE) sahip olduğu tespit edilmiştir. Çilek örneklerinde olduğu gibi karadut örneklerinde de AgNP ilaveli tüm örnek gruplarının kontrol grubuna göre toplam fenolik madde

içeriğinin daha yüksek olmasının sebebinin AgNP'lerin oksijen ve karbondioksit iletim oranını değiştirmesine ve karadut örneklerindeki fenolik bileşikler daha iyi korumasına bağlanmaktadır.

3.6.7. Fenolik Bileşen Kompozisyonu

Karadut örneklerinin fenolik bileşen profili belirleme analizinde gallik asit ($y=15,8044x+386,851$ $R^2=0,996$), kateşin ($y=2,8798x+25,295$, $R^2=0,998$), p-kumarik asit ($y=37,0799x+1029,720$ $R^2=0,995$), ellajik asit ($y=1,4416x+68,754$, $R^2=0,992$) ve kuersetin ($y=27,2909x+470,436$ $R^2=0,997$) standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak fenolik bileşiklerin konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Karadut örneklerinde gallik asit, kateşin, p-kumarik asit, ellajik asit ve kuersetin fenolik maddelerinden kuersetinin diğer fenolik bileşenlere göre daha baskın olduğu saptanmıştır.

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin 15 gün depolama sonunda kuersetin değerlerinin kontrol örneklerinde 149,64 ng/mL, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 160,67 ng/mL, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 69,71 ng/mL, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 133,21 ng/mL, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 115,36 ng/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük kuersetin içeriğine 1 YP kodlu örnek gruplarının, en yüksek kuersetin içeriğine ise 0,5 YP kodlu örnek gruplarının sahip olduğu belirlenmiştir.

3.6.8. Antioksidan Aktivite

Karadut örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite içeriğindeki değişim Tablo 3.34' de gösterilmiştir.

Tablo 3.34. Karadut örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μM Troloks/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	41,90 $\pm$ 0,13 ^{aA}	30,54 $\pm$ 3,46 ^{bcA}	28,77 $\pm$ 5,26 ^{cA}	42,48 $\pm$ 4,05 ^{aA}	38,74 $\pm$ 4,78 ^{abA}	24,12 $\pm$ 0,67 ^{cB}
0,5 YP	41,90 $\pm$ 0,13 ^{aA}	32,56 $\pm$ 0,13 ^{bcA}	32,73 $\pm$ 4,97 ^{bcA}	34,39 $\pm$ 1,88 ^{bA}	37,03 $\pm$ 3,46 ^{abA}	25,63 $\pm$ 3,04 ^{cB}
1 YP	41,90 $\pm$ 0,13 ^{bA}	32,20 $\pm$ 5,33 ^{cA}	35,78 $\pm$ 1,05 ^{bcA}	37,03 $\pm$ 4,60 ^{bcA}	39,48 $\pm$ 0,44 ^{abcA}	46,44 $\pm$ 1,55 ^{aA}
0,5 PS	41,90 $\pm$ 0,13 ^{aA}	37,11 $\pm$ 1,01 ^{abA}	30,30 $\pm$ 0,36 ^{cA}	37,70 $\pm$ 4,54 ^{abA}	32,91 $\pm$ 1,70 ^{bcA}	41,83 $\pm$ 3,71 ^{aA}
1 PS	41,90 $\pm$ 0,13 ^{abA}	36,34 $\pm$ 3,21 ^{bcA}	35,49 $\pm$ 1,95 ^{bcA}	44,53 $\pm$ 4,09 ^{aA}	31,92 $\pm$ 2,68 ^{cA}	44,54 $\pm$ 2,74 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

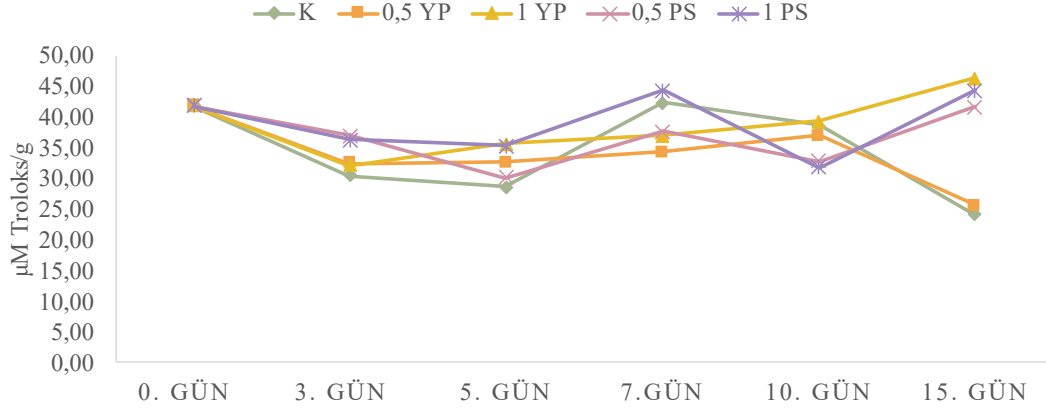
**Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite değerlerinin kontrol örneklerinde 24,12-42,48 μM Troloks/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 25,63-41,90 μM Troloks/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 32,20-46,44 μM Troloks/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 30,30-41,90 μM Troloks/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 31,92-44,54 μM Troloks/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde 15 farklı karadut örneğinin antioksidan aktive değerlerinin incelendiği bir çalışmada meyvelerin antioksidan aktivite değerlerinin 15,04-24,44 μM Troloks/g aralığında olduğu bildirilmiştir (Erkaleli ve Dalkılıç, 2016).

Örneklerin antioksidan aktivite değerlerinde depolamanın 15. gününe kadar istatistiksel olarak farklılık görülmezken ($p>0,05$), 15. gününde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca antioksidan aktivite değerlerinin başlangıça göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda 1 YP, 0,5 PS ve 1 PS kodlu örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir ($p<0,05$). Şekil 3.19 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların antioksidan aktivite değerlerindeki değişiklikler yer almaktadır.



Şekil 3.19. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların antioksidan aktivite değerleri

Depolama başlangıcında karadut örneklerinin antioksidan aktivite değerleri 41,90 μM Trolox/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince başlangıca göre antioksidan aktivite değerlerinin artma ve azalma eğilimde olduğu saptanmıştır. 15 gün depolama sonunda en düşük antioksidan aktivite değeri kontrol grubunda (24,12 μM Trolox/g), en yüksek antioksidan aktivite değeri ise 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde (46,44 μM Trolox/g) tespit edilmiştir. Ayrıca depolama sonunda 1 YP ve 1 PS kodlu örnek gruplarının antioksidan aktivite değerinin başlangıca göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun iki nedenden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. İlki karadut meyvelerin antioksidan aktivite özellikleri, yetiştikleri bölge, toprak içeriği, iklim koşulları, toplanma zamanı gibi pek çok farklı faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Aybastır, 2021). 15. gün analizi yapılan örnek gruplarının antioksidan aktivite değerlerinin yüksek olmasının sebebinin bu faktörlere bağlı olabileceği varsayılmaktadır. Diğeri ise depolama sırasında, uygun bir ambalaj kullanılırsa meyvelerin polifenol konsantrasyonunun artabileceği varsayımdır. Meyvelerdeki polifenollerin kararlılığı ışık ve oksijen gibi birçok dış faktörden etkilenmektedir. Oksijen geçirgenliği düşük bir ambalajla paketlenen ürünlerin fenolik madde içeriği daha iyi korunmaktadır (Pagliarulo ve ark., 2016).

3.6.9. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

3.6.9.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Karadut örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri içeriğindeki değişim Tablo 3.35' te gösterilmiştir.

Tablo 3.35. Karadut örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	3,56±0,13 ^{bcA}	3,39±0,12 ^{cB}	4,84±0,88 ^{bA}	4,10±0,03 ^{bcB}	4,19±0,98 ^{bcA}	6,79±0,04 ^{aA}
0,5 YP	3,56±0,13 ^{cA}	2,94±0,09 ^{cC}	4,71±0,70 ^{bA}	4,87±0,12 ^{bAB}	4,68±0,18 ^{bA}	6,22±0,18 ^{aA}
1 YP	3,56±0,13 ^{bA}	3,67±0,20 ^{bB}	4,41±0,42 ^{abA}	4,89±0,34 ^{abAB}	4,58±1,65 ^{abA}	6,31±0,45 ^{aA}
0,5 PS	3,56±0,13 ^{bA}	3,48±0,01 ^{bB}	4,63±1,63 ^{abA}	4,86±0,50 ^{abAB}	5,88±0,03 ^{aA}	6,50±0,68 ^{aA}
1 PS	3,56±0,13 ^{cA}	4,41±0,09 ^{cA}	5,42±0,37 ^{bA}	5,62±0,61 ^{bA}	5,51±0,42 ^{bA}	6,53±0,19 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

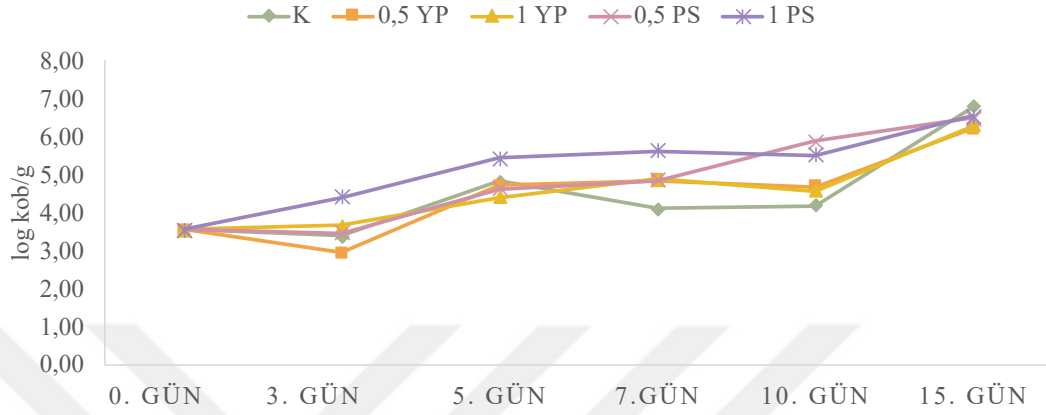
***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince TAMB sayısı kontrol örneklerinde 3,39-6,79 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,94-6,22 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,56-6,31 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,48-6,50 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,56-6,53 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tabakoğlu (2016) tarafından taze karadut örneklerinin TAMB sayısının 5,00 log kob/g olduğu belirtilmiş olup çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Depolama boyunca K, 0,5 YP, 0,5 PS ve 1 PS örneklerinin TAMB sayılarında önemli düzeyde artış gözlenmiştir (p<0,05). Depolama sonunda en fazla TMAB sayısına kontrol grubu örneklerinde rastlanmıştır da gerçekleştirilen istatistiksel analiz; depolama süresi sonunda örneklerin TMAB sayıları arasında anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur (p>0,05). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin TAMB değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak benzer bulunmuştur

($p>0,05$). Şekil 3.20 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların TAMB sayımlarındaki değişiklikleri görülmektedir.



Şekil 3.20. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların TAMB sayımları

Karadut da çilek gibi yapısı gereği mikrobiyal gelişime karşı hassas olduğundan kolayca bozulabilen meyvelerden biridir. Sonuçlara bakıldığında 0. günde karadut örneklerinin TAMB sayısı 3,56 log kob/g olarak belirlenmiştir. 15.gün depolamada tüm grupların TAMB sayısının arttığı tespit edilmiştir. En yüksek TAMB değeri 15. günde 6,79 log kob/g kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. Ayrıca sonuçlara bakıldığında AgNP ilaveli filmlerin antimikrobiyal özellikleri sayesinde bu filmlerle ambalajlanan karadut örneklerinin mikrobiyal gelişiminin kontrol filmleriyle ambalajlanan örneklere göre daha az olduğu görülmüştür. Bu durumun AgNP'lerin antibakteriyel özelliği ile karadut örneklerinin yüzeyindeki bakteri gelişimini inhibe etmesi kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

3.6.9.2. Maya-küf Sayımı

Karadut örneklerinin depolama süresince maya-küf içeriğindeki değişim Tablo 3.36' da gösterilmiştir.

Tablo 3.36. Karadut örneklerinin maya-küf sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	4,83±0,03 ^{cA}	4,59±0,02 ^{cA}	4,90±0,28 ^{cA}	5,07±0,01 ^{bcA}	5,66±0,08 ^{bA}	6,71±0,61 ^{aA}
0,5 YP	4,83±0,03 ^{cA}	4,62±0,11 ^{cA}	4,74±0,15 ^{cA}	5,72±0,26 ^{bA}	5,82±0,03 ^{bA}	6,35±0,15 ^{aA}
1 YP	4,83±0,03 ^{bA}	4,79±0,02 ^{bA}	4,78±0,11 ^{bA}	5,08±0,11 ^{bA}	5,51±1,03 ^{abA}	6,37±0,63 ^{aA}
0,5 PS	4,83±0,03 ^{bA}	4,85±0,35 ^{bA}	5,33±0,80 ^{abA}	5,43±0,56 ^{abA}	6,20±0,01 ^{aA}	6,54±0,71 ^{aA}
1 PS	4,83±0,03 ^{cA}	4,88±0,15 ^{cA}	5,39±0,32 ^{bcA}	5,39±0,10 ^{bcA}	5,83±0,54 ^{bA}	6,61±0,17 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

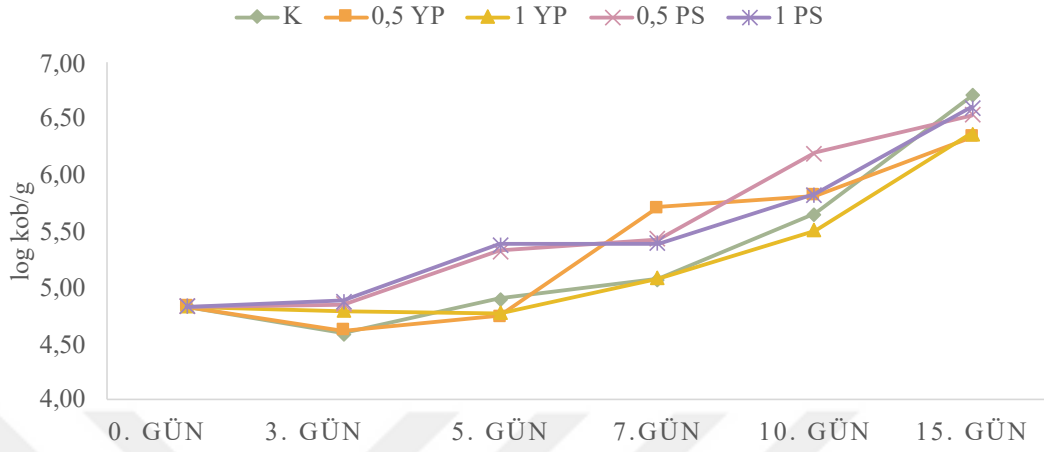
**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan karadut örneklerinin depolama süresince maya-küf sayısı kontrol örneklerinde 4,59-6,71 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,62-6,35 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,78-6,37 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,83-6,54 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,83-6,61 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatürde taze karadut örneklerinin maya-küf sayısının 4,43 log kob/g olduğu belirtilmiştir (Tabakoğlu, 2016). Ojeda ve ark. (2021) tarafından yapılan başka bir çalışmada taze karadut örneklerinin maya küf sayısının 4,23-4,54 log kob/g aralığında değişim gösterdiği belirtilmiştir.

Karadut gibi yüksek su içeriğine sahip meyvelerde mikrobiyal gelişim hızı yüksektir. Bu nedenle gıda güvenliği için taze ürünlerin mikrobiyal yükünün izlenmesi oldukça önemlidir.

Depolama boyunca K, 0,5 YP ve 1 PS örneklerinin maya-küf sayılarında önemli düzeyde artış gözlenmiştir (p<0,05). Depolama sonunda en fazla maya-küf sayısına kontrol grubu örneklerinde rastlanmıştır da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p>0,05). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin maya-küf

değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Şekil 3.21 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların maya-küf sayımlarındaki değişiklikler yer almaktadır.



Şekil 3.21. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan karadutların maya-küf sayımları

Karadut örneklerinin başlangıç maya-küf sayımı 4,83 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda en yüksek maya-küf sayısı (6,71 log kob/g), kontrol örneğinde en düşük maya-küf sayısı (6,35 log kob/g), 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde saptanmıştır. Sonuçlara bakıldığında genel olarak tüm örnek gruplarında depolama süresince maya-küf sayısında artış ve azalışlar görülmektedir. Depolama sonunda ise tüm örnek gruplarında maya-küf sayısının arttığı görülmüştür. Depolama sonunda en yüksek logaritmik artışın kontrol örneğinde olması göz önünde bulundurularak AgNP'lerin antifungal etki gösterdiği ifade edilebilir.

Metak ve Ajaal (2013) tarafından yapılan çalışmada taze elma, beyaz ekmek, taze havuç, peynir, süt tozu ve portakal suyu örnekleri farklı ambalaj malzemeleri ile muhafaza edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde AgNP ilavesinin geleneksel gıda ambalajlarına kıyasla mikroorganizmaların gelişimine karşı önemli bir antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirtilmiştir.

Ortiz-Duarte ve ark. (2019) tarafından taze kesilmiş kavunun raf ömrünü arttırmak için yapılan çalışmada Ag-kitosan ilaveli nanokompozitlerin solunum ve etilen üretimini azalttığını, toplam C vitamini içeriğini diğer kaplamalara kıyasla daha iyi koruduğunu ve mikrobiyal yükte 0,6 logaritmik birim azalma sağladığını belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada muzların kararmasını önlemek ve raf ömrünü arttırmak için yaptıkları çalışmada gümüş nanopartikül içeren sodyum aljinat filmleri üretmişlerdir. Sonuçlara bakıldığında muzların depolanması sırasında, AgNP nanokompozit filmler tüm test edilen *B. cereus*, *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. enterica*, *E. coli* patojenlerine karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Mikrobiyal kontaminasyona karşı bir bariyer görevi gören filmlerin, ürünlerin olgunlaşmasını yavaşlatarak raf ömrünü büyük ölçüde arttırdığı belirtilmiştir.

3.6.9.3. *Escherichia coli* / koliform Sayımı

Gümüş nanopartikül ilaveli ambalaj filmleriyle ambalajlanan karadut örneklerinde +4°C’de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde *E.coli/koliform* tespit edilmemiştir.

3.7. Enginar Örneklerine İlişkin Analiz Sonuçları

Gümüş nanopartikül ilavesinin enginar örneklerinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla, daha önce karakterizasyon analizleri yapılmış olan 5 farklı grup ambalaj filmi ile çilek örnekleri ambalajlanmış ve tüm deneme grupları +4 °C’de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde aşağıda sonuçları verilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

3.7.1. Nem

Enginar örneklerinin depolama süresince nem içeriğindeki değişim Tablo 3.37’de gösterilmiştir.

Tablo 3.37. Enginar örneklerinin nem değerleri (%)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	81,64±0,90 ^{cA}	83,25±0,72 ^{abB}	83,06±1,07 ^{abA}	82,52±0,52 ^{bcB}	84,31±0,73 ^{aA}	82,54±0,07 ^{bcB}
0,5 YP	81,64±0,90 ^{cA}	82,83±0,66 ^{bB}	83,29±0,80 ^{bA}	84,82±0,46 ^{aA}	85,07±0,30 ^{aA}	82,81±0,30 ^{bB}
1 YP	81,64±0,90 ^{cA}	83,01±0,22 ^{bB}	84,44±0,87 ^{aA}	82,52±1,25 ^{bcB}	84,46±0,84 ^{aA}	82,86±0,47 ^{bcB}
0,5 PS	81,64±0,90 ^{bA}	84,10±0,29 ^{aA}	83,55±1,05 ^{abA}	83,47±1,98 ^{abAB}	83,33±0,58 ^{abB}	83,03±1,99 ^{abB}
1 PS	81,64±0,90 ^{dA}	83,05±0,44 ^{cB}	83,72±0,95 ^{cA}	83,89±0,46 ^{bcAB}	84,88±0,17 ^{abA}	85,06±0,87 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-c: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince nem değerlerinin kontrol örneklerinde % 81,64-84,31, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 81,64-85,07, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 81,64-84,46, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 81,64-84,10, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 81,64-85,06 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Nem değerlerinin bütün örneklerde depolamaya bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir.

Depolama boyunca örnekler arasında istatistiksel olarak sonuçları incelendiğinde K, 0,5 YP, 1 YP ve 1 PS kodlu örneklerin nem değerleri üzerinde anlamlı farklılıkların görüldüğü tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama sonunda tüm grupların nem değerlerinin arttığı ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu belirlenmiştir (p<0,05). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin nem değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde enginar kalbinin nem değerine benzer bulgular elde edilmiştir. Dosi ve ark. (2013)'nın enginar kalbinin besin değerlerini inceledikleri ve Ulusal Gıda ve Beslenme Araştırma Enstitüsü raporları ile karşılaştırdıkları bir çalışmada nem değerlerinin sırasıyla % 79,60 ve % 91,30 olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada enginar kalbinin nem değerinin % 85,9 olduğu saptanmıştır (Alibaş, 2012). Sergio ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada

enginar kalbinin nem değerinin % 86,5 olduğu bulunmuştur. Rinaldi ve ark. (2020) enginar kalbinin nem değerinini % 82,0 olarak bildirmişlerdir.

3.7.2. Su Aktivitesi (aw)

Enginar örneklerinin depolama süresince su aktivitesi içeriğindeki değişim Tablo 3.38’de gösterilmiştir.

Tablo 3.38. Enginar örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	0,904±0,01 ^{bA}	0,898±0,01 ^{bBC}	0,932±0,00 ^{aAB}	0,895±0,02 ^{bBC}	0,932±0,01 ^{aAB}	0,905±0,01 ^{bD}
0,5 YP	0,904±0,01 ^{bA}	0,915±0,02 ^{abAB}	0,927±0,00 ^{aB}	0,915±0,02 ^{abAB}	0,925±0,01 ^{abB}	0,915±0,01 ^{abC}
1 YP	0,904±0,01 ^{bA}	0,886±0,02 ^{bcC}	0,933±0,01 ^{aAB}	0,874±0,02 ^{cC}	0,934±0,01 ^{aA}	0,924±0,00 ^{aB}
0,5 PS	0,904±0,01 ^{cA}	0,916±0,00 ^{bAB}	0,937±0,00 ^{aA}	0,919±0,01 ^{bAB}	0,938±0,00 ^{aA}	0,927±0,00 ^{abB}
1 PS	0,904±0,01 ^{bA}	0,928±0,01 ^{aA}	0,936±0,00 ^{aA}	0,930±0,00 ^{aA}	0,936±0,00 ^{aA}	0,936±0,00 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince su aktivitesi değerlerinin kontrol örneklerinde 0,895-0,932, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,904-0,927, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,874-0,934, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,904-0,938 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,904-0,936 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama sonunda nem değerlerinde olduğu gibi tüm grupların su aktivitesi değerlerinin arttığı ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların görüldüğü tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama boyunca her grubun kendi arasında istatistiksel olarak sonuçları incelendiğinde ise K, 1 YP, 0,5 PS ve 1 PS kodlu örneklerin su aktivitesi değerleri üzerinde anlamlı farklılıkların olduğu saptanmıştır (p<0,05). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin su aktivitesi değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çalışma sonuçları incelendiğinde nem değerlerinde olduğu gibi depolamaya bağlı olarak su aktivitesi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Sergio ve ark. (2016)'nın enginar kalbinin raf ömrünü arttırmak amacıyla farklı ambalaj koşullarının ve depolama sürelerinin (4°C'de 10, 20, 30 ve 40 gün) enginarın kalite özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada taze enginar kalbinin (enginar çanağı) su aktivitesi değerini 0,982 olarak belirtmişlerdir. Nem içeriği açısından yüksek nemli gıdalar (aw 0,9-1,00) arasında bulunan enginarın aw değerleri literatür ile uyumludur (Özay ve ark., 1993).

3.7.3. pH

Enginar örneklerinin depolama süresince pH içeriğindeki değişim Tablo 3.39' da gösterilmiştir.

Tablo 3.39. Enginar örneklerinin pH değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	4,79±0,19 ^{cA}	4,93±0,24 ^{cA}	4,89±0,09 ^{cAB}	5,24±0,10 ^{bA}	5,44±0,11 ^{abA}	5,51±0,12 ^{aA}
0,5 YP	4,79±0,19 ^{bA}	4,97±0,24 ^{abA}	5,11±0,09 ^{abA}	5,09±0,13 ^{abAB}	5,23±0,34 ^{aAB}	5,08±0,16 ^{abB}
1 YP	4,79±0,19 ^{abA}	4,69±0,04 ^{bA}	4,72±0,07 ^{bB}	4,96±0,09 ^{aBC}	4,82±0,14 ^{abC}	4,97±0,07 ^{aB}
0,5 PS	4,79±0,19 ^{aA}	4,79±0,22 ^{aA}	5,15±0,22 ^{aA}	5,01±0,14 ^{aBC}	5,10±0,34 ^{aABC}	5,09±0,17 ^{aB}
1 PS	4,79±0,19 ^{bA}	4,87±0,15 ^{bA}	4,92±0,28 ^{abAB}	4,89±0,07 ^{bC}	4,93±0,12 ^{abBC}	5,20±0,04 ^{aB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince pH değerlerinin kontrol örneklerinde 4,79-5,51, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,79-5,23, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,69-4,97, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan 4,79-5,15, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde % 4,79-5,20 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde pH değerleri depolama sürecince artmıştır. Ancak depolama sonunda en az artış % 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. Bunun sebebinin % 1 YP kodlu filmlerin renk olarak daha koyu olması sebebi ile enginar örneklerini daha iyi koruması olarak düşünülmektedir.

Depolama boyunca K ve 1 YP kodlu örneklerin pH değerlerinde önemli düzeyde artış gözlenmiştir ($p<0,05$). Depolama sonunda en yüksek pH değerine kontrol grubu örneklerinde rastlanmış olup istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin pH değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Literatürde yapılan çalışmalarda da benzer bulgular elde edilmiştir. Şahin (2019) yaptığı çalışmada taze enginar kalbinin pH değerinin 4,73 olduğunu belirtmiştir. Ghidelli ve ark. (2013) enginarların enzimatik esmerleşmesini kontrol etmek amacıyla ekledikleri farklı antioksidanların etkisini araştırdıkları bir çalışmada taze enginarların pH değerinin 5,88 ve farklı antioksidanların eklendiği örneklerdeki pH değerlerinin 2,70-6,50 olduğunu saptamışlardır. Del Nobile ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada 4°C’de 6 gün depolanan taze enginarların pH değerlerinin 5,3 ile 5,8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.7.4. Renk

Gıdaların görsel olarak en çok dikkat edilen özelliğinin renk olması sebebiyle tüketim tercihi açısından önemli bir kalite parametresidir. Bu nedenle tüketicilerin satın alma tercihlerinin etkilenmesinde önemli rol oynamaktadır (Ellis ve Kok, 1987). Enginar örneklerinin depolama süresince L* değerlerindeki değişim Tablo 3.40’da gösterilmiştir.

Tablo 3.40. Enginar örneklerinin L* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	67,86±3,67 ^{abA}	65,44±4,28 ^{bcB}	66,75±3,16 ^{bB}	69,80±3,6 ^{aAB}	66,35±4,54 ^{bA}	63,57±3,30 ^{cA}
0,5 YP	67,86±3,67 ^{abA}	69,92±4,33 ^{aA}	68,41±5,62 ^{aB}	69,03±3,95 ^{aAB}	67,67±4,38 ^{abA}	64,88±3,38 ^{bA}
1 YP	67,86±3,67 ^{bA}	65,61±3,18 ^{bB}	74,03±3,89 ^{aA}	71,74±4,72 ^{aA}	68,25±5,05 ^{bA}	65,82±3,92 ^{bA}
0,5 PS	67,86±3,67 ^{bA}	71,45±4,85 ^{aA}	67,99±3,68 ^{bB}	67,73±4,52 ^{bB}	68,58±5,38 ^{bA}	63,60±2,86 ^{cA}
1 PS	67,86±3,67 ^{abA}	65,06±3,57 ^{bB}	66,41±5,36 ^{abB}	68,79±3,93 ^{aAB}	67,91±5,82 ^{abA}	65,01±4,54 ^{bA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince L* değerlerinin kontrol örneklerinde 63,57-69,80, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 64,88-69,92 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 65,61-74,03 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 63,60-71,45 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 65,01-68,79 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Sahin ve ark. (2020)'nin taze enginar dilimlerinin L değerini 65,45 olarak buldukları çalışmada görülmüştür.

Depolama boyunca K, 0,5 YP, 1 YP ve 0,5 PS grubu örneklerin L* değerlerinde önemli düzeyde azalma olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Örneklerin L* değerlerinde depolamanın 5. gününe kadar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülürken (p<0,05), depolamanın 7., 10 ve 15. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). 15 günlük depolama boyunca örnekler*gün arasında L* değerlerinde önemli değişiklikler kaydedilmiştir (P<0.05). Depolamanın 15.gününde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken (p>0,05), en düşük L*değeri kontrol örneğinde saptanmıştır.

Enginar örneklerinde gözlemlenen L* değerlerindeki azalma ve a* değerlerindeki artış, artan enzimatik esmerleşmenin bir göstergesi olarak

değerlendirilmektedir. Ghidelli ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada, 5°C’de 7 gün süreyle depolanan enginar örneklerinde, L* değerlerinde belirgin bir azalma ve a* değerlerinde ise bir artış gözlemlenmiştir. Bu bulgular, enzimatik esmerleşme sürecinin renk değişiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Depolama sonunda en düşük L* değeri kontrol grubu örneklerinde, en yüksek L* değeri ise 1 YP kodlu örneklerde saptanmıştır. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen AgNP’ler ile üretilen ambalaj filmlerine bakıldığında en yüksek L* değerine sahip olan kontrol filmlerinin enginar örneklerini renk değişimine karşı daha az koruduğunu, %1 YP kodlu filmlerin L* değerlerinin daha düşük olması ise bu filmlerle ambalajlanan örneklerin L* değerlerinin daha iyi korunduğunu göstermektedir.

Enginar örneklerinin depolama süresince a* değerlerindeki değişim Tablo 3.41’de gösterilmiştir.

Tablo 3.41. Enginar örneklerinin a* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	-0,61±0,46 ^{cA}	1,58±1,78 ^{abA}	1,08±0,38 ^{bAB}	1,60±1,28 ^{abAB}	2,46±1,48 ^{aA}	2,44±1,56 ^{aA}
0,5 YP	-0,61±0,46 ^{dA}	0,30±0,42 ^{cB}	1,63±0,87 ^{aA}	1,44±0,73 ^{abAB}	1,07±1,13 ^{abB}	0,90±1,04 ^{bC}
1 YP	-0,61±0,46 ^{bA}	0,01±0,60 ^{bBC}	-0,06±0,51 ^{bC}	1,08±1,08 ^{aBC}	0,85±1,48 ^{aB}	1,36±1,40 ^{aBC}
0,5 PS	-0,61±0,46 ^{cA}	-0,51±0,67 ^{cC}	1,13±1,11 ^{bAB}	1,78±0,72 ^{aA}	1,04±1,19 ^{bB}	1,93±0,81 ^{aAB}
1 PS	-0,61±0,46 ^{dA}	1,39±0,72 ^{abA}	0,92±1,17 ^{bcB}	0,62±0,82 ^{cC}	1,80±1,36 ^{aAB}	1,76±1,11 ^{aABC}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince a* değerlerinin kontrol örneklerinde -0,61-(2,46), 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde -0,61-(1,63), 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde -0,61-(1,36), 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde -0,61-(1,93), 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan

örneklerde -0,61-(1,80) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Şahin (2019) yaptığı çalışmada taze enginar kalbi a değerini $0,39 \pm 0,56$ olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular Şahin (2019)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Ürünün kırmızı-yeşil rengini temsil eden a* değeri 15 gün depolama sonunda en düşük 0,90 değeri ile 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde, en yüksek 2,44 değeri ile kontrol filmleriyle ambalajlanan örneklerde görülmektedir.

Depolama boyunca tüm örnek gruplarının a* değerlerinde genel olarak artış olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$). Depolama boyunca artış gösteren a* değerlerindeki en yüksek değişim kontrol grubu örneklerinde, en az değişim ise 0,5 YP kodlu örneklerde görülmektedir. Bu durum filmlere eklenen AgNP'lerin, nötr bir kırmızı-yeşil dengesine sahip olan enginar kalbinin tazeliğin korunmasında etkili olduğunu göstermektedir.

Enginar örneklerinin depolama süresince b* değerlerindeki değişim Tablo 3.42'de gösterilmiştir.

Tablo 3.42. Enginar örneklerinin b* değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	$18,30 \pm 2,84^{cdA}$	$20,55 \pm 3,12^{abA}$	$16,77 \pm 1,74^{dB}$	$19,75 \pm 2,81^{bcA}$	$19,63 \pm 3,04^{bcA}$	$22,01 \pm 4,24^{aA}$
0,5 YP	$18,30 \pm 2,84^{aA}$	$19,01 \pm 3,47^{aAB}$	$18,56 \pm 1,87^{aA}$	$19,70 \pm 3,35^{aA}$	$19,55 \pm 3,76^{aA}$	$19,12 \pm 4,00^{aB}$
1 YP	$18,30 \pm 2,84^{abcA}$	$18,79 \pm 2,76^{abAB}$	$16,59 \pm 2,65^{cB}$	$16,79 \pm 2,74^{cB}$	$16,95 \pm 3,02^{bcA}$	$19,89 \pm 2,53^{aAB}$
0,5 PS	$18,30 \pm 2,84^{bA}$	$17,49 \pm 3,70^{bB}$	$18,45 \pm 2,34^{bA}$	$19,48 \pm 3,39^{abA}$	$19,50 \pm 5,64^{abA}$	$21,58 \pm 2,67^{aA}$
1 PS	$18,30 \pm 2,84^{bA}$	$17,22 \pm 2,40^{bB}$	$18,99 \pm 1,94^{bA}$	$17,38 \pm 1,98^{bB}$	$18,04 \pm 2,27^{bA}$	$20,83 \pm 3,07^{aAB}$

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince b* değerlerinin kontrol

örneklerinde 16,77-22,01 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 18,30-19,70, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 16,59-19,89, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 17,49-21,58, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 17,22-20,83 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama boyunca tüm örnek gruplarının b* değerlerinde artış gözlenmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde K, 1YP, 0,5 PS ve 1 PS kodlu örneklerin b*değerlerindeki artışın önemli olduğu görülürken ($p<0,05$), 0,5 YP kodlu örnek grubundaki artışın önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ayrıca 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin b* değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

15. gün depolama sonunda depolama başlangıç gününe göre taze enginarlara en yakın olan b* değeri 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde görülmektedir. Bu durum enginarların sarı renginde değişimin 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde en düşük olduğunu ve ürünlerinin tazeliğini diğer gruplara göre daha fazla koruduğunu göstermektedir.

3.7.5. Toplam Fenolik Madde

Enginar örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Tablo 3.43'te gösterilmiştir.

Tablo 3.43. Enginar örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	33,63±0,30 ^{aA}	26,41±0,81 ^{bC}	20,34±1,37 ^{cC}	21,29±0,85 ^{cB}	17,25±1,35 ^{dD}	21,59±0,85 ^{cB}
0,5 YP	33,63±0,30 ^{aA}	28,46±0,37 ^{bB}	26,31±0,89 ^{bB}	28,23±1,27 ^{bA}	20,68±2,15 ^{cC}	22,51±1,78 ^{cB}
1 YP	33,63±0,30 ^{aA}	32,59±0,37 ^{abA}	31,22±1,26 ^{bA}	23,72±1,27 ^{dB}	24,14±1,47 ^{dAB}	27,29±1,52 ^{cA}
0,5 PS	33,63±0,30 ^{aA}	25,13±0,59 ^{cD}	27,86±1,44 ^{bB}	27,48±2,16 ^{bA}	25,71±1,76 ^{bcA}	26,38±1,21 ^{bcA}
1 PS	33,63±0,30 ^{aA}	21,31±0,39 ^{cdE}	26,00±1,68 ^{bB}	23,18±1,70 ^{cB}	22,99±2,32 ^{cBC}	20,40±1,40 ^{dB}

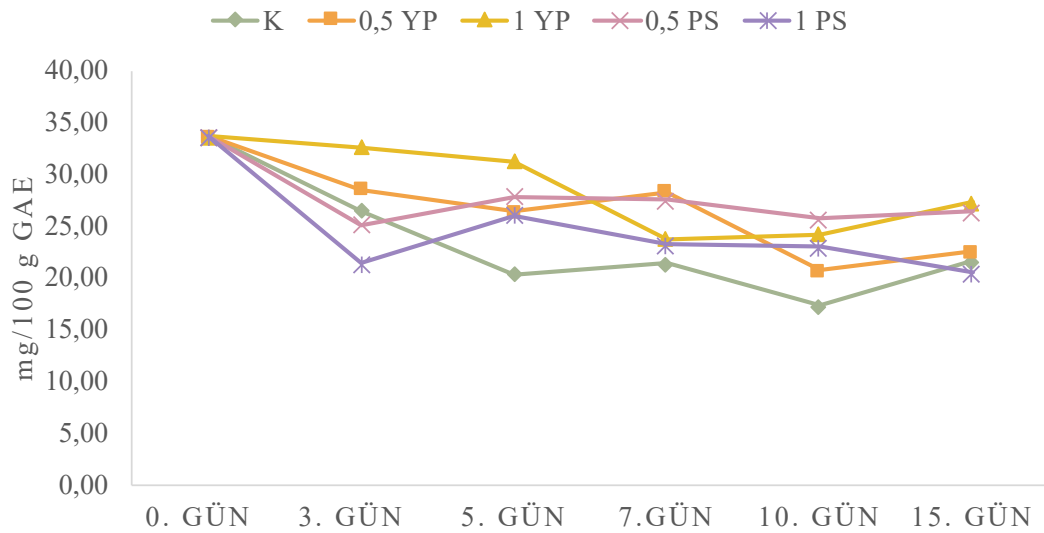
*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde değerlerinin kontrol örneklerinde 17,25-33,63 mg/100 g GAE, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 20,68-33,63 mg/100 g GAE, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 23,72-33,63 mg/100 g GAE, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 25,13-33,63 mg/100 g GAE, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 20,40-33,63 mg/100 g GAE arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde, enginar kalbinin toplam fenolik madde içeriğinin, yapılan çalışmadan daha yüksek değerlere sahip olduğu sıklıkla rapor edilmiştir (Rinaldi ve ark., 2020; Kayahan ve Saloğlu, 2021; Ayuso ve ark., 2024). Bu farklılıkların, enginarın çeşidi, yetiştirme koşulları ve hasat edilen ürünün olgunluk düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabileceği ileri sürülmektedir (Wang ve ark., 2003; Kayahan ve Saloğlu, 2021). Bu değişkenlerin, fenolik bileşiklerin miktarını etkileyebileceği ve dolayısıyla farklı çalışmalarda elde edilen sonuçlar arasında farklılıklara neden olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 3.22. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların toplam fenolik madde değerleri

Şekil 3.22 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların toplam fenolik madde içeriğindeki değişiklikler görülmektedir. Örneklerin toplam fenolik madde değerlerinin tüm depolama günlerinde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) 10. gün depolamada en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda ise depolama başlangıcına göre en az değişimin görüldüğü 1 YP kodlu örneklerin en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonucun 1 YP kodlu örneklerde gözlenen minimum pH değişimi ve düşük L^* değerinin, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan enginar örneklerindeki toplam fenolik madde içeriğinin daha iyi korunmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.

3.7.6. Fenolik Bileşen Kompozisyonu

Enginar örneklerinin fenolik bileşen profili belirleme analizinde klorojenik asit ($y=34,2133x+215,519$, $R^2=0,999$), kafeik asit ($y=39,4109x+1001,841$ $R^2= 0,997$), kuersetin ($y=27,2909x+470,436$ $R^2=0,997$), luteolin ($y=18,0237x+579,878$ $R^2=0,997$) ve apigenin ($y=1728,47x+544,537$, $R^2=0,997$) standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak fenolik bileşiklerin konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Enginar örneklerinde klorojenik asit, kafeik asit, kuersetin, luteolin ve apigenin fenolik maddelerinden klorojenik asitin diğer fenolik bileşenlere göre daha baskın olduğu görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde 0. günde enginar örneklerinin klorojenik asit değerlerinin 8154,01 ng/mL olduğu belirlenmiştir. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin 15 gün depolama sonunda klorojenik asit değerlerinin kontrol örneklerinde 4388,20 ng/mL, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3732,11 ng/mL, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5325,28 ng/mL, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6116,86 ng/mL, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3644,89

ng/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm örnek gruplarında depolamayla birlikte klorojenik asit miktarının azaldığı saptanmıştır.

3.7.7. Antioksidan Aktivite

Enginar örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite içeriğindeki değişim Tablo 3.44’ te gösterilmiştir.

Tablo 3.44. Enginar örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μM Troloks/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	8,90 $\pm$ 0,17 ^{aA}	7,24 $\pm$ 1,24 ^{abA}	6,37 $\pm$ 1,50 ^{abA}	7,01 $\pm$ 1,14 ^{abA}	5,34 $\pm$ 1,09 ^{bA}	6,17 $\pm$ 0,04 ^{bA}
0,5 YP	8,90 $\pm$ 0,17 ^{aA}	7,15 $\pm$ 0,06 ^{aA}	6,61 $\pm$ 0,98 ^{aA}	6,78 $\pm$ 1,26 ^{aA}	6,70 $\pm$ 0,13 ^{aA}	6,90 $\pm$ 1,49 ^{aA}
1 YP	8,90 $\pm$ 0,17 ^{aA}	7,08 $\pm$ 0,95 ^{bcA}	8,44 $\pm$ 0,54 ^{bA}	6,98 $\pm$ 0,41 ^{bcA}	6,15 $\pm$ 0,89 ^{cA}	7,35 $\pm$ 0,04 ^{bcA}
0,5 PS	8,90 $\pm$ 0,17 ^{aA}	6,25 $\pm$ 0,50 ^{bA}	6,93 $\pm$ 1,01 ^{bA}	6,91 $\pm$ 0,31 ^{bA}	6,96 $\pm$ 0,18 ^{bA}	5,92 $\pm$ 0,26 ^{bA}
1 PS	8,90 $\pm$ 0,17 ^{aA}	6,00 $\pm$ 0,16 ^{bA}	7,60 $\pm$ 0,09 ^{abA}	7,36 $\pm$ 0,79 ^{abA}	6,91 $\pm$ 0,77 ^{bA}	6,60 $\pm$ 1,13 ^{bA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

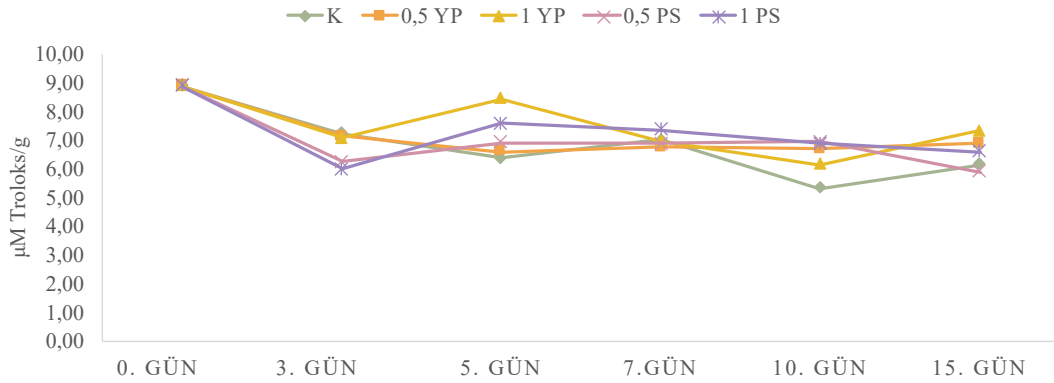
***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite değerlerinin kontrol örneklerinde 5,34-8,90 μM Troloks/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,61-8,90 μM Troloks/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,15-8,90 μM Troloks/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,92-8,90 μM Troloks/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,00-8,90 μM Troloks/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Enginar örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin depolama süresince benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$). Örnek grupları arasında 1 YP, 0,5 PS ve 1 PS kodlu örneklerin depolama boyunca antioksidan aktivite değerlerinin başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$), depolama sonunda örnekler arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Şekil 3.23 depolama sırasında farklı filmlerle

ambalajlanan enginarların antioksidan aktivite değerlerindeki değişiklikler yer almaktadır.



Şekil 3.23. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların antioksidan aktivite değerleri

Çalışmada, 1 YP kodlu örneklerin toplam fenolik madde içeriği gibi, depolama süresi boyunca antioksidan aktivite değerlerinin de daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktiviteye ($7,35 \mu\text{M Trolox/g}$) sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgunun 1 YP kodlu filmlerin düşük L^* değerine sahip olmasıyla ilişkilendirilebileceği ve dolayısıyla bu filmlerle ambalajlanan enginar örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin daha yüksek olmasına katkı sağladığı düşünülmektedir. Düşük L^* değerinin, ışık geçirgenliğini sınırlayarak fenolik bileşiklerin oksidasyonunu engellediği ve enginar örneklerindeki antioksidan aktivitenin korunmasına yardımcı olduğu kanısına varılmıştır. Dolayısıyla 1 YP kodlu filmlerin enginar örneklerinin fenolik bileşenlerini ve antioksidan kapasitesini korumada etkili bir bariyer sağladığı düşünülmektedir.

3.7.8. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

3.7.8.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Enginar örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri içeriğindeki değişim Tablo 3.45'te gösterilmiştir.

Tablo 3.45. Enginar örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	3,84±0,02 ^{bA}	2,87±0,53 ^{cAB}	2,90±0,01 ^{cA}	2,72±0,23 ^{cA}	3,92±0,50 ^{bA}	5,26±0,02 ^{aA}
0,5 YP	3,84±0,02 ^{aA}	2,90±0,28 ^{bAB}	2,75±0,11 ^{bAB}	3,09±0,07 ^{bA}	3,02±0,39 ^{bB}	3,18±0,11 ^{bC}
1 YP	3,84±0,02 ^{aA}	2,62±0,45 ^{bAB}	2,28±0,14 ^{bD}	2,68±0,28 ^{bA}	2,63±0,07 ^{bB}	2,71±0,31 ^{bD}
0,5 PS	3,84±0,02 ^{aA}	2,24±0,34 ^{bB}	2,59±0,02 ^{bBC}	2,70±0,60 ^{bA}	2,84±0,39 ^{bB}	2,50±0,15 ^{bD}
1 PS	3,84±0,02 ^{aA}	3,37±0,07 ^{bA}	2,52±0,01 ^{cC}	2,37±0,15 ^{cA}	2,44±0,09 ^{cB}	3,74±0,01 ^{aB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

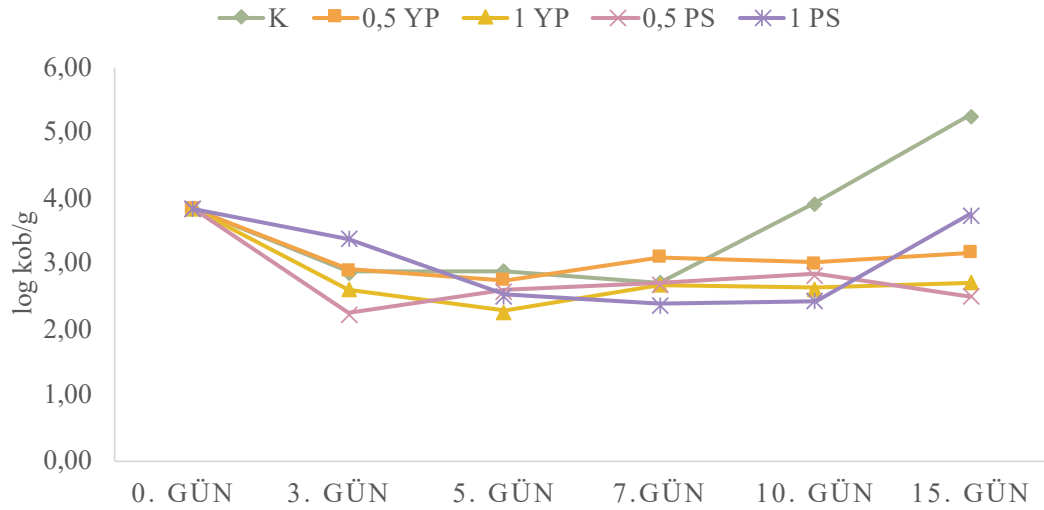
**Sonnular ortalama±SD olarak değerdendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerdler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerdler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin depolama süresince TAMB sayısı kontrol örneklerinde 2,72-5,26 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,75-3,84 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,28-3,84 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,24-3,44 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 2,37-3,84 log kob/g arasında değışim gösterdiği tespit edilmiştir.

Kontrol grubu örneklerin TAMB değerdlerinde 10. ve 15. günlerde önemli düzeyde artış gözlenirken (p<0,05), AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin TAMB değerdlerinde ise önemli ölçüde azalma (p<0,05) tespit edilmiştir. Depolamanın 15.gününde 1 YP ve 0,5 PS kodlu örneklerin TAMB değerdlerinin K, 0,5 YP ve 1 PS örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Ayrıca 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin TAMB değerdleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Şekil 3.24 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların TAMB sayımlarındaki değışiklikleri görölmektedir.



Şekil 3.24. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan enginarların TAMB sayımları

Sonuçlar incelendiğinde depolama başlangıcında enginar örneklerinin TAMB sayısı 3,84 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince başlangıca göre TAMB sayısının kontrol grubu hariç diğer örneklerde azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. 10. ve 15.gün depolamada K kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerin TAMB sayısının arttığı tespit edilmiştir. 15 gün depolamanın sonunda en yüksek TAMB değeri kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise 0,5 PS ve 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. Sonuçlara bakıldığında AgNP ilaveli filmlerin antimikrobiyal özellikleri sayesinde mikrobiyal yükünün azaldığı tespit edilmiştir.

Del Nobile ve ark. (2009) farklı ön işlemler ve ambalaj filmleri ile muhafaza edilen enginar örneklerinin depolama öncesi ve sonrası TAMB sayısına baktıklarında başlangıçta 5,23 log kob/g olan mikrobiyal yükün 6 günlük depolama sonunda 6,16-7,33 log kob/g arasında değişim gösterdiğini tespit etmiştir. Garcia-Martinez ve ark. (2017) enginar kalplerinin mikrobiyolojik ve duysal kalitesini inceledikleri bir çalışmada TAMB sayısını başlangıçta yaklaşık 4 log CFU/g olduğunu ve depolamanın ilk 15 günü boyunca maksimum bakteri sayısının 4- 6 log CFU/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmalarda da görüldüğü gibi TAMB sayısının depolama sürecinde artması beklenmektedir. Yapılan çalışmada kontrol grubunda başlangıca

göre TAMB sayısı artarken AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde TAMB sayısının azaldığı görülmektedir. Bu durumun AgNP'lerin yüksek antimikrobiyal etki göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.7.8.2. Maya-küf Sayımı

Gümüş nanopartikül ilaveli ambalaj filmleriyle ambalajlanan enginar örneklerinde +4°C'de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde maya-küf sayısının saptama sınırının altında (<1 log kob/g) olduğu tespit edilmiştir.

3.7.8.3. *Escherichia coli* / koliform Sayımı

Gümüş nanopartikül ilaveli ambalaj filmleriyle ambalajlanan enginar örneklerinde +4°C'de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde *E.coli/koliform* tespit edilmemiştir.

3.8. Hazır Salata Örneklerine İlişkin Analiz Sonuçları

Gümüş nanopartikül ilavesinin hazır salata örneklerinin raf ömrü üzerine etkisini belirlemek amacıyla, daha önce karakterizasyon analizleri yapılmış olan 5 farklı grup ambalaj filmi ile hazır salata örnekleri ambalajlanmış ve tüm deneme grupları +4 °C'de 15 gün depolanmıştır. Depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde aşağıda sonuçları verilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

3.8.1. Nem

Hazır salata örneklerinin depolama süresince nem içeriğindeki değişim Tablo 3.46'da gösterilmiştir.

Tablo 3.46. Hazır salata örneklerinin nem değerleri (%)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	93,67±0,17 ^{cA}	93,80±0,18 ^{cA}	93,89±0,29 ^{bcB}	94,75±0,25 ^{aAB}	94,32±0,52 ^{abA}	94,32±0,23 ^{abA}
0,5 YP	93,67±0,17 ^{cA}	93,84±0,41 ^{cA}	93,87±0,45 ^{bcB}	94,53±0,38 ^{aB}	94,24±0,45 ^{abcA}	94,51±0,50 ^{abA}
1 YP	93,67±0,17 ^{dA}	94,23±0,25 ^{bcA}	94,30±0,08 ^{bcAB}	94,99±0,22 ^{aA}	93,87±0,68 ^{cdA}	94,64±0,32 ^{abA}
0,5 PS	93,67±0,17 ^{dA}	93,87±0,42 ^{dA}	94,44±0,23 ^{bcA}	94,99±0,20 ^{aA}	94,30±0,26 ^{cA}	94,79±0,19 ^{abA}
1 PS	93,67±0,17 ^{bA}	94,33±0,30 ^{aA}	94,47±0,19 ^{aA}	94,66±0,18 ^{aAB}	94,50±0,14 ^{aA}	94,31±0,41 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince nem değerlerinin kontrol örneklerinde 93,67-94,75 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 93,67-94,53, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 93,67-94,99, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 93,67-94,99 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 93,67-94,66 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama süresi boyunca örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların görüldüğü tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama sonunda ise tüm grupların nem değerlerinin arttığı belirlenmiş ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05).

3.8.2. Su Aktivitesi (aw)

Hazır salata örneklerinin depolama süresince su aktivitesi içeriğindeki değişim Tablo 3.47'de gösterilmiştir.

Tablo 3.47. Hazır salata örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	0,944±0,01 ^{cA}	0,941±0,01 ^{cdA}	0,929±0,01 ^{dB}	0,911±0,02 ^{cA}	0,961±0,00 ^{bA}	0,993±0,00 ^{aA}
0,5 YP	0,944±0,01 ^{bA}	0,949±0,02 ^{bA}	0,920±0,01 ^{cC}	0,915±0,01 ^{cA}	0,939±0,01 ^{bC}	0,991±0,00 ^{aAB}
1 YP	0,944±0,01 ^{bA}	0,915±0,02 ^{cB}	0,941±0,00 ^{bA}	0,907±0,01 ^{cA}	0,941±0,00 ^{bC}	0,986±0,00 ^{aC}
0,5 PS	0,944±0,01 ^{bA}	0,936±0,01 ^{bA}	0,943±0,01 ^{bA}	0,898±0,01 ^{cA}	0,948±0,01 ^{bBC}	0,983±0,00 ^{aD}
1 PS	0,944±0,01 ^{bcA}	0,933±0,00 ^{bcAB}	0,940±0,00 ^{bcA}	0,923±0,04 ^{cA}	0,954±0,01 ^{bAB}	0,990±0,00 ^{aB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince su aktivitesi değerlerinin kontrol örneklerinde 0,911-0,993 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,915-0,991, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,907-0,986, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,898-0,983, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 0,923-0,990 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama boyunca örnek gruplarının su aktivitesi değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Depolamanın 15.gününde 1 YP ve 0,5 PS kodlu örneklerin su aktivitesi değerlerinin K, 0,5 YP ve 1 PS örneklerinden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Ayrıca 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin su aktivitesi değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

3.8.3. pH

Hazır salata örneklerinin depolama süresince pH içeriğindeki değişim Tablo 3.48'de gösterilmiştir.

Tablo 3.48. Hazır salata örneklerinin pH değerleri

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	6,26±0,02 ^{aA}	6,21±0,03 ^{abAB}	5,90±0,05 ^{bAB}	5,51±0,46 ^{cB}	4,71±0,11 ^{dB}	4,78±0,30 ^{dB}
0,5 YP	6,26±0,02 ^{abA}	6,28±0,25 ^{abA}	5,69±0,19 ^{bcB}	6,10±0,14 ^{abA}	5,44±0,85 ^{cAB}	6,46±0,25 ^{aA}
1 YP	6,26±0,02 ^{aA}	6,02±0,22 ^{abAB}	6,11±0,09 ^{aA}	5,41±0,24 ^{bcB}	5,24±0,90 ^{cAB}	5,78±0,06 ^{abcAB}
0,5 PS	6,26±0,02 ^{aA}	6,03±0,11 ^{abAB}	5,71±0,41 ^{abB}	5,39±0,47 ^{bB}	5,55±0,15 ^{abAB}	5,89±0,92 ^{abAB}
1 PS	6,26±0,02 ^{aA}	6,00±0,12 ^{aB}	6,07±0,11 ^{aA}	6,17±0,04 ^{aA}	5,84±0,36 ^{aA}	5,89±1,16 ^{aAB}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

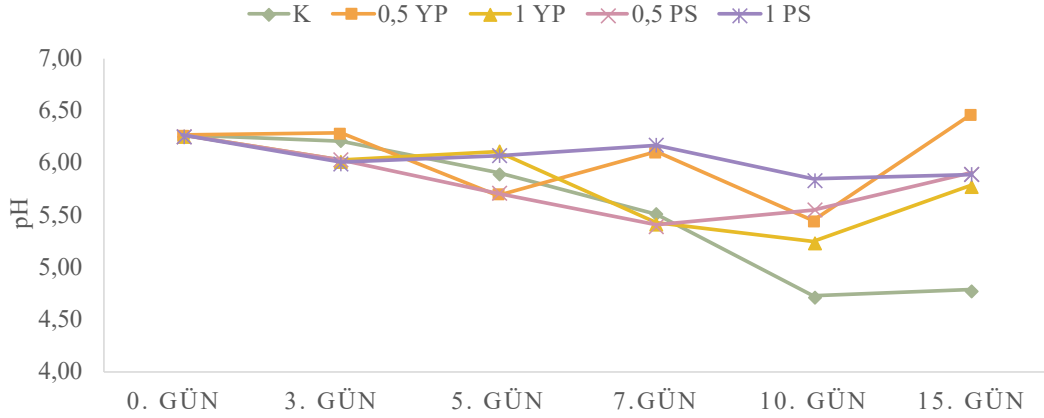
**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince pH değerlerinin kontrol örneklerinde 4,71-6,26, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,44-6,46, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,24-6,26, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,39-6,26 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,84-6,26 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama boyunca K, 1 YP, 0,5 PS ve 1 PS gruplarının pH değerlerinde azalma gözlenmiştir. 0,5 PS ve 1 PS kodlu örneklerdeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, (p>0,05), K ve 1 YP kodlu örneklerdeki azalmanın önemli olduğu saptanmıştır (p<0,05). Depolama sonunda pH değerindeki en fazla azalmanın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Bunun yanı sıra 0,5 YP kodlu örneklerin pH değeri ise başlangıca göre daha yüksek bulunmuştur (p<0,05) ve pH değerindeki en az değişimin 0,5 YP kodlu örneklerde olduğu gözlemlenmiştir. Genel görünüş olarak da en iyi örnek grubunun 0,5 YP kodlu örneklerde olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.25 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin pH değerlerindeki değişiklikler görülmektedir.



Şekil 3.25. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin pH değerleri

Kontrol grubu örneklerinde 10. ve 15. günlerde asitlik artarak pH değeri azalmıştır. Bu durum örneklerin genel görünüşüne de yansımış olup örneklerin aşırı sulu yapısı ve kokusu nedeniyle tüketilebilecek seviyede olmadığı belirlenmiştir. AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin ise depolama sonunda asit-baz dengesini koruduğu ve görünüş olarak iyi durumda olduğu belirlenmiştir.

3.8.4. Toplam Fenolik Madde

Hazır salata örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Tablo 3.49’da gösterilmiştir.

Tablo 3.49. Hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde değerleri (mg/100 g GAE)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7. Gün	10. Gün	15. Gün
K	31,69±1,14 ^{aA}	20,69±1,23 ^{bB}	21,37±1,72 ^{bB}	20,46±2,33 ^{bA}	15,72±1,88 ^{cC}	16,82±1,14 ^{cC}
0,5 YP	31,69±1,14 ^{aA}	22,03±1,00 ^{cB}	21,14±1,75 ^{cdB}	22,36±1,02 ^{cA}	20,04±0,79 ^{dA}	25,96±1,01 ^{bA}
1 YP	31,69±1,14 ^{aA}	20,24±0,99 ^{cB}	25,16±1,92 ^{bA}	14,95±1,51 ^{eB}	17,71±0,88 ^{dB}	21,40±1,21 ^{cB}
0,5 PS	31,69±1,14 ^{aA}	26,21±1,79 ^{bA}	24,10±2,06 ^{bcA}	21,28±2,42 ^{cdA}	20,41±1,74 ^{dA}	20,29±3,43 ^{dB}
1 PS	31,69±1,14 ^{aA}	25,67±1,75 ^{bA}	21,85±0,83 ^{cB}	21,97±1,11 ^{cA}	20,19±2,32 ^{cA}	17,21±0,88 ^{dC}

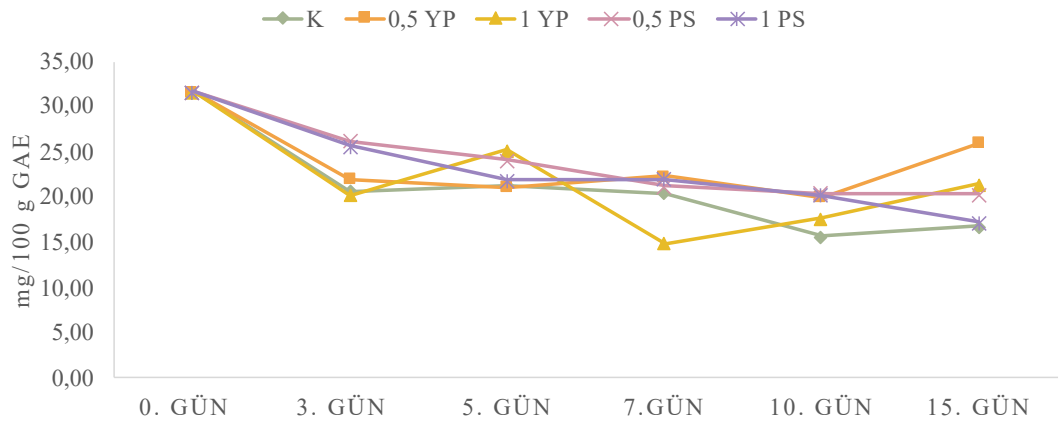
*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince toplam fenolik madde değerlerinin kontrol örneklerinde 15,72-31,69 mg/100 g GAE, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 20,04-31,69 mg/100 g GAE, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 14,95-31,69 mg/100 g GAE, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 20,29-31,69 mg/100 g GAE, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 17,21-31,69 mg/100 g GAE arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Şekil 3.26 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde içeriğindeki değişiklikler yer almaktadır.



Şekil 3.26. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde değerleri

Sonuçlar incelendiğinde hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde değerlerinin tüm depolama günlerinde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının

başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$), depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde (16,82 mg/100 g GAE) olduğu tespit edilmiştir. 0,5 YP kodlu örneklerin (25,96 mg/100 g GAE) ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Gümüş nanopartiküllerin oksijen geçirgenliğini azaltıcı etkisi dolayısıyla, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanmış hazır salata örneklerinin fenolik bileşiklerinin daha yüksek seviyelerde korunabildiği düşünülmektedir. Bu durumun, AgNP'lerin reaktif oksijen türleri (ROS) ve polifenol oksidaz (PPO) enzimlerinin aktivitesini inhibe ederek fenolik bileşiklerin bozulmasını engellemesinden kaynaklandığı olduğu ifade edilmektedir (Ansari ve ark., 2023; Alharbi ve ark., 2024). Bu bulgular, AgNP ilavesinin gıda ambalajlarında oksidatif bozulmayı önleyici bir rol oynadığını ve böylece gıdaların fenolik madde içeriğini korumada etkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

3.8.5. Fenolik Bileşen Kompozisyonu

Hazır salata örneklerinin fenolik bileşen profili belirleme analizinde gallik asit ($y=15,8044x+386,851$ $R^2= 0,996$), klorojenik asit ($y=34,2133x+215,519$, $R^2=0,999$), p-kumarik asit ($y=37,0799x+1029,720$ $R^2= 0,995$), kuersetin ($y=27,2909x+470,436$ $R^2=0,997$) ve kaempferol ($y=3,7572x+62,114$, $R^2=0,996$) ve standart kalibrasyon eğrileri kullanılarak fenolik bileşiklerin konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Hazır salata örneklerinde gallik asit, klorojenik asit, p-kumarik asit, kuersetin, ve kaempferol fenolik maddelerinden klorojenik asitin diğer fenolik bileşenlere göre daha baskın olduğu görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde 0. günde hazır salata örneklerinin klorojenik asit değerlerinin 1283,41 ng/mL olduğu belirlenmiştir. Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin 15 gün depolama sonunda klorojenik asit değerlerinin kontrol örneklerinde 178,76

ng/mL, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 622,70 ng/mL, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 480,65 ng/mL, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 487,46 ng/mL, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 328,48 ng/mL arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm örnek gruplarında depolama sonunda klorojenik asit içeriğinin başlangıca göre azaldığı, depolama sonunda ise en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde (178,76 ng/mL) olduğu saptanmıştır. Ayrıca, 15. günde en yüksek klorojenik asit içeriğinin 0,5 YP kodlu örnek grubunda (622,70 ng/mL) olduğu belirlenmiştir.

3.8.6. Antioksidan Aktivite

Hazır salata örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite içeriğindeki değişim Tablo 3.50'de gösterilmiştir.

Tablo 3.50. Hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerleri (μ M Troloks/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	5,64 $\pm$ 0,23 ^{aA}	5,21 $\pm$ 1,86 ^{aA}	4,00 $\pm$ 1,48 ^{aA}	4,71 $\pm$ 0,07 ^{aA}	4,77 $\pm$ 0,30 ^{aA}	4,07 $\pm$ 0,00 ^{aA}
0,5 YP	5,64 $\pm$ 0,23 ^{aA}	3,66 $\pm$ 0,43 ^{cA}	5,35 $\pm$ 0,38 ^{abA}	3,97 $\pm$ 0,39 ^{cA}	4,26 $\pm$ 0,57 ^{cA}	4,46 $\pm$ 0,50 ^{bcA}
1 YP	5,64 $\pm$ 0,23 ^{aA}	4,29 $\pm$ 0,27 ^{abA}	4,62 $\pm$ 0,39 ^{abA}	4,07 $\pm$ 0,28 ^{bA}	3,44 $\pm$ 1,01 ^{bA}	4,39 $\pm$ 0,59 ^{abA}
0,5 PS	5,64 $\pm$ 0,23 ^{aA}	3,33 $\pm$ 0,46 ^{bA}	5,41 $\pm$ 0,63 ^{aA}	4,13 $\pm$ 1,19 ^{abA}	4,20 $\pm$ 0,78 ^{abA}	4,44 $\pm$ 0,15 ^{abA}
1 PS	5,64 $\pm$ 0,23 ^{aA}	4,83 $\pm$ 0,31 ^{abA}	5,10 $\pm$ 0,01 ^{abA}	3,99 $\pm$ 0,81 ^{bA}	4,08 $\pm$ 0,59 ^{bA}	4,41 $\pm$ 0,03 ^{bA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraftan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraftan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

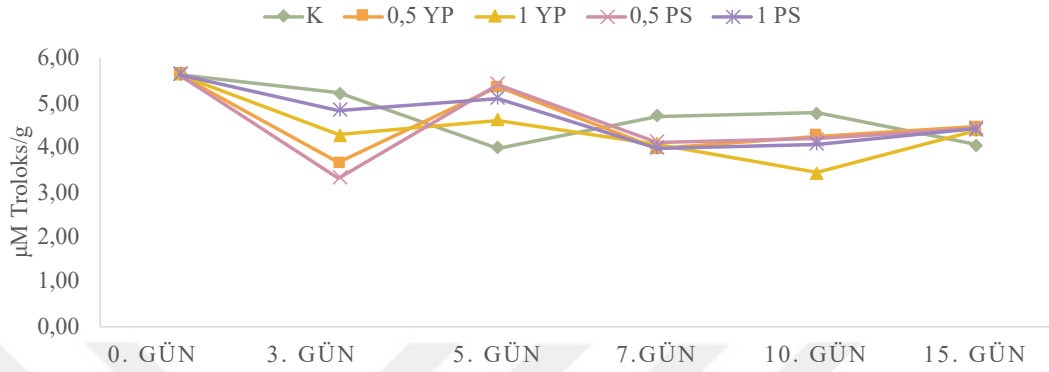
**Sonuçlar ortalama $\pm$ SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince antioksidan aktivite değerlerinin kontrol örneklerinde 4,00-5,64 μ M Troloks/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,66-5,64 μ M Troloks/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,44-5,64 μ M Troloks/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,33-5,64 μ M Troloks/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 3,99-5,64 μ M

Troloks/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Şekil 3.27 depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerlerindeki değişiklikler görölmektedir.



Şekil 3.27. Depolama sırasında farklı filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerleri

Hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin depolama süresince benzer olduğu saptanmıştır ($p>0,05$). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca antioksidan aktivite değerlerinin başlangıca göre azaldığı, depolama sonunda ise en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde ($4,07 \mu\text{M}$ Trolox/g) olduğu tespit edilmiştir. Kontrol örneklerine kıyasla AgNP ilaveli filmler ile ambalajlanan örneklerin depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bu durum, AgNP'lerin fenolik bileşikleri koruma yeteneğinin yanı sıra antioksidan aktivite gösteren bileşikleri de koruduğunu ve bu filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin antioksidan kapasitesinin kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

3.8.7. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

3.8.7.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) Sayımı

Hazır salata örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri içeriğindeki değişim Tablo 3.51'de gösterilmiştir.

Tablo 3.51. Hazır salata örneklerinin TAMB sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	6,61±0,04 ^{dA}	7,38±0,03 ^{cB}	7,34±0,19 ^{cA}	7,93±0,28 ^{bA}	7,77±0,09 ^{bA}	8,48±0,01 ^{aA}
0,5 YP	6,61±0,04 ^{cA}	7,22±0,09 ^{bcB}	7,52±0,31 ^{bA}	7,59±0,23 ^{bA}	7,79±0,32 ^{abA}	8,41±0,37 ^{aA}
1 YP	6,61±0,04 ^{dA}	7,56±0,02 ^{cB}	7,70±0,25 ^{cA}	7,99±0,04 ^{bA}	7,64±0,04 ^{cA}	8,35±0,11 ^{aA}
0,5 PS	6,61±0,04 ^{dA}	7,93±0,03 ^{bcA}	7,58±0,02 ^{cA}	8,04±0,12 ^{abA}	7,86±0,38 ^{bcA}	8,41±0,11 ^{aA}
1 PS	6,61±0,04 ^{bA}	7,57±0,29 ^{aB}	7,66±0,30 ^{aA}	7,76±0,19 ^{aA}	8,13±0,03 ^{aA}	8,28±0,51 ^{aA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP'nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince TAMB sayısı kontrol örneklerinde 6,61-8,48 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,61-8,41 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,61-8,35 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,61-8,41 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 6,61-8,28 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolama boyunca genel olarak tüm örnek gruplarının TAMB değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. TAMB değerlerindeki bu artışta depolamanın 3. gününde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülürken (p<0,05), depolamanın 5., 7., 10 ve 15. günlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). Depolama süresi boyunca örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların görüldüğü belirlenmiştir (p<0,05).

Sonuçlara bakıldığında 0. günde hazır salata örneklerinin TAMB sayısı 6,61 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince başlangıca göre TAMB sayısının artma eğilimde olduğu, 15 gün depolamada tüm grupların TAMB sayısının arttığı tespit edilmiştir. En yüksek TAMB değeri 15. günde 8,48 log kob/g kontrol grubunda,

en düşük TAMB değeri ise 8,28 log kob/g 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. Bu durum AgNP ilaveli filmlerin antimikrobiyal özellikleri sayesinde bu filmlerle ambalajlanan hazır salata örneklerinin mikrobiyal gelişiminin kısmen de olsa kontrol filmleriyle ambalajlanan örneklere göre daha az olduğu görülmüştür.

3.8.7.2. Maya-küf Sayımı

Hazır salata örneklerinin depolama süresince maya-küf içeriğindeki değişim Tablo 3.52’de gösterilmiştir.

Tablo 3.52. Hazır salata örneklerinin maya-küf sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	5,69±0,07 ^{bA}	5,92±0,42 ^{bA}	4,85±0,22 ^{cA}	6,08±0,28 ^{bA}	6,31±0,24 ^{abA}	6,87±0,03 ^{aA}
0,5 YP	5,69±0,07 ^{bcA}	5,83±0,39 ^{abA}	4,98±0,02 ^{cA}	5,70±0,13 ^{bcAB}	6,28±0,57 ^{abA}	6,49±0,12 ^{aBC}
1 YP	5,69±0,07 ^{cA}	6,09±0,03 ^{abA}	5,37±0,30 ^{cA}	5,74±0,06 ^{bcAB}	5,57±0,18 ^{cA}	6,34±0,11 ^{aC}
0,5 PS	5,69±0,07 ^{bcA}	6,26±0,13 ^{abA}	5,32±0,50 ^{cA}	5,86±0,04 ^{bcAB}	6,30±0,63 ^{abA}	6,80±0,10 ^{aAB}
1 PS	5,69±0,07 ^{bA}	5,81±0,36 ^{bA}	5,53±0,03 ^{bA}	5,56±0,11 ^{bB}	6,54±0,26 ^{aA}	6,54±0,18 ^{aBC}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonnular ortalama±SD olarak değerdendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerdler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

**** A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerdler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince maya-küf sayısı kontrol örneklerinde 4,85-6,87 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,98-6,49 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,37-6,34 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,32-6,80 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,53-6,54 log kob/g arasında değışim gösterdiği tespit edilmiştir.

Sonnular incelendiğinde 0. günde hazır salata örneklerinin maya-küf sayısı 5,69 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolama süresince başlangıca göre maya-küf

sayısının anlamlı düzeyde değiştiği ($p<0,05$), 15 gün depolama sonunda ise tüm grupların maya-küf yükünün önemli düzeyde artış gösterdiği gözlenmiştir ($p<0,05$). Depolamanın sonunda en yüksek maya-küf sayısı (6,87 log kob/g) kontrol örneğinde en düşük maya-küf sayısı (6,34 log kob/g) 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde saptanmıştır. Depolama sonunda en yüksek logaritmik artışın kontrol örneğinde olması göz önünde bulundurularak AgNP'lerin antifungal etki gösterdiği ifade edilebilir.

AgNP ilavesinin mikrobiyal kontaminasyonu azaltarak, 4 °C'de ürünlerin raf ömrünü kontrol grubuna göre uzattığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde yapılan alışmalar AgNP uygulanmasının meyve ve sebzelerin raf ömrünü önemli ölçüde artırdığını göstermiştir (Carbone ve ark., 2016; Alharbi ve ark., 2024).

Goh ve ark (2023), muz kabuğu ekstraktından yeşil sentez yöntemi ile elde ettikleri AgNP'lerin, muzun muhafazasında sağladığı koruyucu etkileri incelemişlerdir. AgNP içermeyen solüsyonla kaplanan muz bloklarında, 3. günde beyaz küflerin oluştuğu, 5. günde ise yüzeyin tamamen küflendiği ve siyah lekelerin oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Buna karşılık, AgNP'lerle kaplanmış muz bloklarında, 5 günlük depolama süresi boyunca hiçbir küflenme görülmediği belirtilmiştir. Çalışma sonunda, muz kabuğu özütü ile sentezlenen AgNP'lerin, muz üzerinde kf gelişimini önleyebileceği ve muzun raf ömrünü uzatabileceği vurgulanmıştır. Saravanakumar ve ark. (2020)'nın yaptıkları çalışmada, hem kimyasal hem de yeşil sentez yoluyla elde edilen AgNP'lerin karakterizasyonu yapılarak bu nanopartiküllerin taze kesilmiş dolmalık biberlerde antimikrobiyal kaplama ajanı olarak kullanımı araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda yeşil sentezle elde edilen AgNP'lerin, kimyasal sentezle elde edilen AgNP'lere göre antimikrobiyal aktivitelerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yeşil sentezle elde edilen AgNP ilavesinin taze kesilmiş sarı ve kırmızı dolmalık biberlerin hücresel veya fizikokimyasal özelliklerinde herhangi bir zarara neden olmadan raf ömürlerini 4°C'de 12 güne kadar uzattığını rapor etmişlerdir.

3.8.7.3. *Escherichia coli* / koliform Sayımı

E.coli

Gümüş nanopartikül ilaveli ambalaj filmleriyle ambalajlanan hazır salata örneklerinde +4°C’de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde *E.coli* sayısının saptama sınırının altında (<1 log kob/g) olduğu tespit edilmiştir.

Hazır salata örneklerinin depolama süresince koliform içeriğindeki değişim Tablo 3.53’te gösterilmiştir.

Tablo 3.53. Hazır salata örneklerinin koliform sayımı bulguları (log kob/g)

Örnek/ Depolama	0. Gün	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K	5,47±0,04 ^{ba}	6,33±0,13 ^{aA}	5,48±0,17 ^{baB}	6,13±0,19 ^{aA}	5,08±0,33 ^{ba}	5,95±0,01 ^{aA}
0,5 YP	5,47±0,04 ^{aA}	6,07±0,19 ^{aA}	5,69±0,61 ^{aAB}	5,93±0,68 ^{aA}	5,63±1,31 ^{aA}	6,17±0,07 ^{aA}
1 YP	5,47±0,04 ^{abA}	6,14±0,30 ^{aA}	6,31±0,38 ^{aAB}	6,40±0,10 ^{aA}	4,82±0,91 ^{ba}	5,92±0,65 ^{abA}
0,5 PS	5,47±0,04 ^{ca}	6,69±0,19 ^{aA}	6,03±0,57 ^{abcAB}	5,90±0,23 ^{bcA}	6,29±0,16 ^{abA}	6,21±0,08 ^{abA}
1 PS	5,47±0,04 ^{ba}	6,01±0,44 ^{abA}	6,73±0,43 ^{aA}	6,08±0,26 ^{abA}	6,60±0,10 ^{aA}	5,86±0,80 ^{abA}

*K: Kontrol filmiyle ambalajlanan örnekler, 0,5 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 YP: Yapraktan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 0,5 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 0,5 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler, 1 PS: Posadan elde edilen AgNP’nin % 1 oranında ilave edildiği filmlerle ambalajlanan örnekler,

**Sonuçlar ortalama±SD olarak değerlendirilmiştir (SD: Standart sapma).

***a-e: Aynı satırda farklı harfle ifade edilen değerler depolamanın karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

****A-D: Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen değerler örneklerin karşılaştırması olup istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

Üzüm yaprağı ve posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilaveli filmler ile ambalajlanan hazır salata örneklerinin depolama süresince koliform sayısı kontrol örneklerinde 5,08-6,33 log kob/g, 0,5 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,47-6,17 log kob/g, 1 YP kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 4,82-6,31 log kob/g, 0,5 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,47-6,69 log kob/g, 1 PS kodlu filmlerle ambalajlanan örneklerde 5,47-6,73 log kob/g arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Depolamanın 15. gününe kadar örneklerin koliform değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (p>0,05). Depolama süresince başlangıça göre artma ve azalma eğiliminde olan koliform sayısının 0,5 YP, 1 YP ve 1 PS kodlu

örnek gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ayrıca 15 gün depolama boyunca örnek*gün etkileşiminin koliform değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada öncelikle ülkemizin önemli bir atık çıktısı olan üzüm posası ve yaprağından yeşil sentez yöntemi ile gümüş nanopartikül eldesi sağlanmıştır. Elde edilen gümüş nanopartiküllerle % 0,5 ve % 1 oranlarında AgNP içeren aktif ambalaj film üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu filmlerle ambalajlanan ve +4 °C’de 15 gün süreyle depolanan çilek, karadut, enginar çanağı ve hazır salata ürünlerinde depolamanın 0., 3., 5., 7., 10. ve 15. günlerinde fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

4.1. Üzüm Yapağı ve Üzüm Posasının Kurutma Yöntemine ve Ekstraktların Hazırlanmasına Ait Sonuçlar

Güneş, gölge ve tepsili kurutucu (40, 50 ve 60 °C) olmak üzere 5 farklı yöntemle kurutulan örneklerden en uygun yöntem olarak 50 °C tepsili kurutucu seçilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda en yüksek verimi sağlayan mikrodalga ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır.

4.2. Gümüş Nanopartiküllerin Üretimi ve Karakterizasyon Analizlerine Ait Sonuçlar

Güneşte, gölgede ve tepsili kurutucuda kurutulan genç yaprak, kart yaprak ve posa örneklerinden elde edilen AgNP’lerin boyut, antimikrobiyal aktivite ve % verim sonuçları bir bütün olarak değerlendirildiğinde film üretimi için “Kart Yaprak 50 °C Tepsili Kurutucuda Kurutma” ve “Posa 50 °C Tepsili Kurutucuda Kurutma” yöntemlerinden elde edilen nanopartiküller kullanılmıştır.

UV- Görünür bölge absorpsiyon spektrum sonuçları: Üzüm yapağı ve üzüm posası ekstraktları kullanılarak sentezlenen AgNP’lerin başarılı sentezi spektroskopik analiz ile doğrulanmıştır. Üzüm yaprağından elde edilen AgNP’lerin 470 nm’de, üzüm posasından elde edilen AgNP’lerin 445 nm’de maksimum absorpsiyona sahip olduğu görülmüştür.

FTIR sonuçları: üzüm yaprağı ve üzüm posasından gümüşün indirgenerek nanopartikül oluşumunda rol oynayan grupların C=C (flavonoidler, terpenoidler), C=O (amid, protein), C-N (aromatik grup), C-O (aromatik grup), C-O-C (amid bağlantılı karbonil titreşimi) olduğu doğrulanmıştır.

XRD sonuçları: Elde edilen AgNP'lerin XRD analizi sonuçları incelendiğinde, AgNP'lerin sulu üzüm yaprak ve posası ekstraktlarının kullanılarak Ag⁺ iyonlarının indirgenmesiyle oluştuğunu ve elde edilen AgNP'lerin yüzey merkezli kübik şekle sahip olduğu belirlenmiştir.

TGA/DTA sonuçları: Çalışmada elde edilen AgNP'lerin termal profiline bakıldığında 300-350°C'lere gelindiğinde bile sadece % 10'luk bir ağırlık kaybının olması AgNP'lerin termal özelliklerinin iyi olduğunu göstermiştir.

SEM görüntüleri: İncelenen SEM görüntülerinde üzüm yapraklarından ve üzüm posasından elde edilen küresel morfolojiye sahip nanopartiküllerin boyutlarının sırasıyla 26,3-55 nm ve 33,04-57,1 nm aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Antimikrobiyal aktivite değerleri: 5,4 mg/mL konsantrasyonundaki üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üzerinde sırasıyla 15,98 mm, 11,07 mm; 9,83 mm ve 11,18 mm zon oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca üzüm yaprağı ve üzüm posasından elde edilen AgNP'lerin *E. coli* ve *S. aureus* bakterileri üzerinde sırasıyla 78 µg/mL ve 9,7 µg/mL konsantrasyonlarda etkili olduğu değerlendirilmiştir. Böylece yeşil sentezle elde edilen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Filmlere Ait Bulgular

Renk özellikleri: LLDPE esaslı filmlerin içeriğindeki AgNP miktarı arttıkça filmlerin L* değeri istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli ölçüde azalmıştır. AgNP ilaveli filmlerin a* ve b* değerleri ise nanopartikül içermeyen film örneklerine göre istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir.

Mekanik özellikler: Nanopartikül ilaveli filmlerin gerilme mukavemeti ve % uzama miktarı kontrol grubuna kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Böylece AgNP ilavesi ile ambalajın mekanik dayanıklılığı arttırılmış ve ambalajlanan gıdaların fiziksel hasarlara karşı daha iyi korunması, kalite kaybının önlenmesi ve raf ömrünün arttırılması sağlanmıştır.

Bariyer Özellikleri: Hem üzüm yaprağından hem de üzüm posasından elde edilen gümüş nanopartikül ilavesi LDPE filmlerin oksijen ve su buharı geçirgenliği hızını azaltmıştır. 0,5 YP kodlu filmlerin oksijen geçirgenliği hızını, nanopartikül içermeyen kontrol grubuna göre yaklaşık % 17 oranında azalttığı belirlenmiştir.

4.3. Çilek Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları

Nem içeriği: Depolama sonunda tüm grupların nem değerlerinin arttığı ve depolama süresi boyunca her grubun kendi arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların görüldüğü tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca depolama sonunda en yüksek nem değeri kontrol grubu örneklerinde bulunmuştur. Nanopartikül ilavesinin ambalaj içerisindeki nem seviyesini kontrol altında tutmaya yardımcı olduğu belirlenmiştir.

Su aktivitesi değeri: Depolama sonunda en yüksek su aktivitesi değeri kontrol grubu örneklerinde (0,927), en düşük su aktivitesi değeri ise üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde (0,920) görülmüştür. Nanopartikül ilavesiyle sağlanan kısmen düşük su aktivitesi çileğin mikrobiyal bozulmaya karşı korunmasına ve raf ömrünün uzatılmasına katkıda bulunmuştur.

pH değeri: Depolama boyunca genel olarak kontrol grubu örneklerin pH değerlerinin diğer gruplara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nanopartikül ilavesi hem çileğin asitliğini korumada hem de mikrobiyal gelişimi sınırlayarak raf ömrünü arttırmada etkili olmuştur.

Suda çözünür kuru madde değeri: Depolama boyunca tüm örnek gruplarının suda çözünür kuru madde değerlerinin birbirine benzer olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir. Aynı zamanda 15 günlük depolama sonunda tüm örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Depolama sonunda istatistiksel olarak fark olmasa da en iyi suda çözünür kuru madde değerinin üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde olduğu tespit edilmiştir.

Renk değerleri: Tüm örnek gruplarında depolama boyunca L^* değerinde azalma görülürken depolama sonunda en büyük azalmanın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli ambalaj filmlerinin renk korumada en etkili ambalaj filmi olduğu görülmüştür. AgNP ilaveli ambalaj filmleriyle paketlenen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin kontrol grubuna göre daha iyi korunduğu tespit edilmiştir.

Toplam Fenolik Madde İçeriği: Çilek örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri depolamayla birlikte azalma göstermiştir. Depolama sonunda ise en düşük toplam fenolik madde içeriğine kontrol grubu örneklerinin (52,01 mg/100 g GAE), en yüksek toplam fenolik madde içeriğine ise üzüm yaprağından ve üzüm posasından elde edilen %0,5 AgNP ilaveli örnek gruplarının (68,13 mg/100 g GAE ve 66,84 mg/100 g GAE) sahip olduğu tespit edilmiştir. AgNP'lerin toplam fenolik bileşiklere karşı zararı etkili bir şekilde geciktirebildiği, çilek kalitesi ve tazeliğinin korunmasında etkili olduğu saptanmıştır.

Antioksidan Aktivite Değerleri: On beş gün depolamada tüm grupların antioksidan aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük

antioksidan aktivite değeri kontrol grubu örneklerinde (10,43 μ M Troloks/g), en yüksek antioksidan aktivite değeri ise üzüm yaprağından ve üzüm posasından elde edilen %0,5 AgNP ilaveli (14,17 μ M Troloks/g ve 14,64 μ M Troloks/g) filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur.

Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) değeri: Depolama sonunda AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin aerobik mezofilik bakteri yükü azalırken, kontrol grubu çilek örneğinde aerobik-mezofilik bakteri yükünün arttığı tespit edilmiştir. Depolama sonunda en yüksek TAMB değeri kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. Bu durum AgNP'lerin antibakteriyel aktivitesinden kaynaklanmakta olup, çilek yüzeyinde bakteri büyümesini inhibe ettiği göstermiştir.

Maya-küf Sayımı: Çilek örneklerinin başlangıç maya-küf sayısı 3,75 log kob/g olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonunda en yüksek maya-küf sayısı (5,37 log kob/g) kontrol örneğinde, en düşük maya-küf sayısı (2,93 log kob/g) üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde saptanmıştır. Bu durumda tezin amacını destekler şekilde AgNP'lerin maya-küf sayısını başlangıca göre azalttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte depolama sonunda kontrol örneği logaritmik olarak artarken, AgNP ilaveli filmler antifungal etki göstererek logaritmik artışın önüne geçmiştir.

4.4. Karadut Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları

Nem içeriği: Depolama sonunda en yüksek nem değeri (% 89,60) kontrol örneklerinde, en düşük nem değeri ise (% 88,89) üzüm posasından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde tespit edilmiştir. AgNP ilavesinin filmlerin su buharı geçirgenliğini azalttığı ve ambalaj içerisindeki nem seviyesini kontrol altında tutmaya yardımcı olduğu düşünülmektedir.

Su aktivitesi değeri: Depolama boyunca örnek gruplarının su aktivitesi değerlerinin artış gösterdiği ve değerlerin istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir ($p>0,05$). Depolama sonunda en yüksek artışın kontrol grubunda olduğu ve AgNP ilaveli örneklerin su aktivitesi değerlerinin kontrol grubundan önemli düzeyde düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

pH değeri: Depolamanın ilk gününde (0. gün) pH değeri 3,74 olarak tespit edilmiştir. Depolama sonunda en düşük pH değerinin üzüm posasından elde edilen %0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklere (3,56), en yüksek pH değerinin ise (3,74) kontrol örneklerine ait olduğu belirlenmiştir. Nanopartikül ilavesi çilek örneklerinde olduğu gibi karadut örneklerinin de asitliğini korumada ve mikrobiyal gelişimi sınırlayarak raf ömrünü arttırmada etkili olmuştur.

Suda çözünür kuru madde değeri: Depolama sonunda AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin kontrol grubuyla ambalajlanan örneklere göre suda çözünür kuru madde içeriğinin daha iyi korunması, AgNP ilavesinin ambalaj filmlerin suda çözünür kuru madde değeri üzerine olumlu etkisinin olduğu görülmüştür.

Renk değerleri: Örneklerin L^* değerlerinde depolamanın 5., 10. ve 15.günlerinde istatistiksel olarak farklılık görülmezken ($p>0,05$), depolamanın 3. ve 7. günlerinde L^* değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). a^* değerlerinde depolama boyunca artış görülürken depolama sonunda en az artışın kontrol grubu örneklerinde, en yüksek artışın ise üzüm yaprağından elde edilen %1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde olduğu saptanmıştır.

Toplam Fenolik Madde İçeriği: Karadut örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri depolamayla birlikte azalma göstermiştir. Depolama sonunda ise en düşük toplam fenolik madde içeriğine kontrol grubu örneklerinin (94,94 mg/100 g GAE) en yüksek toplam fenolik madde içeriğine üzüm posasından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örnek grubunun (160,83 mg/100 g GAE) sahip olduğu tespit

edilmiştir. AgNP'lerin ilavesi karadut örneklerindeki fenolik bileşiklerin daha iyi korunmasına katkı sağlamıştır.

Antioksidan Aktivite Değerleri: Depolamanın 15. gününe kadar istatistiksel olarak farklılık görülmezken ($p>0,05$), 15. gününde istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm örnek gruplarında depolama boyunca antioksidan aktivite değerlerinin başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda üzüm yaprağından elde edilen % 1 AgNP ve üzüm posasından elde edilen % 0,5 ve % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) değeri: On beşinci günde en yüksek TAMB değeri 6,79 log kob/g kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. Ayrıca AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan karadut örneklerinin mikrobiyal gelişiminin kontrol filmleriyle ambalajlanan örneklere göre daha az olduğu görülmüştür. AgNP ilavesi karadut örneklerinin yüzeyindeki bakteri gelişiminin inhibe edilmesine katkı sağlamıştır.

Maya-küf Sayımı: Depolama sonunda tüm örnek gruplarında maya-küf sayısının arttığı görülürken, en yüksek logaritmik artışın kontrol örneğinde olması göz önünde bulundurularak AgNP'lerin antifungal etki gösterdiği saptanmıştır.

4.5. Enginar Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları

Nem ve su aktivitesi değerleri: Nem ve su aktivitesi değerlerinin bütün örneklerde depolamaya bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Nanopartikül ilavesinin nem ve su aktivitesi değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.

pH değeri: Depolama sürecince genel olarak tüm örnek gruplarında pH değerlerinin arttığı saptanmıştır. Depolama sonunda ise başlangıca göre en yüksek pH değişimi kontrol grubu örneklerinde, en düşük pH değişimi üzüm yaprağından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde görülmüştür. AgNP ilavesinin pH değişimini korumada etkili olduğu belirlenmiştir.

Renk değerleri: En düşük L* değerine sahip olan kontrol filmlerinin enginar örneklerini renk değişimine karşı daha az koruduğu, en yüksek L* değerine sahip olan üzüm yaprağından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerin ise örneklerin rengini daha iyi koruduğu saptanmıştır. Ayrıca depolama sonunda başlangıca göre a* ve b* değerlerindeki en yüksek değişim kontrol grubu örneklerinde, en az değişim üzüm yaprağından elde edilen %0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde belirlenmiştir. AgNP ilavesinin enginar kalbinin renk ve tazeliğini korumada etki sağladığı görülmüştür.

Toplam Fenolik Madde İçeriği: Tüm örnek gruplarında depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$) depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. AgNP ilaveli üzüm yaprağından elde edilen %1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin başlangıca göre pH ve L* değerlerindeki minimum değişim bu filmler ile ambalajlanan enginar örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinin daha iyi korunmasını sağlamıştır.

Antioksidan Aktivite Değerleri: Toplam fenolik madde içeriğinde olduğu gibi üzüm yaprağından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değeri (7,35 μM Troloks/g) gösterdiği saptanmıştır.

Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) değeri: Kontrol grubu örneklerin TAMB değerlerinde 10. ve 15. günlerde önemli düzeyde artış gözlenirken ($p<0,05$), AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin TAMB değerlerinde ise önemli ölçüde

azalma ($p<0,05$) tespit edilmiştir. AgNP ilavesi enginar kalplerinin mikrobiyal yükünün azalmasına katkı sağlamıştır.

Maya-küf değeri: +4°C’de 15 gün depolama boyunca yapılan analizlerde maya-küf sayısının saptama sınırının altında ($<1 \log \text{ kob/g}$) olduğu tespit edilmiştir.

4.6. Hazır Salata Örneklerine İlişkin Analiz Bulguları

Nem içeriği: Depolama süresi boyunca her grubun kendi arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların görüldüğü tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolama sonunda ise tüm grupların nem değerlerinin arttığı belirlenmiş ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Nanopartikül ilavesinin ise nem değerleri üzerine önemli bir etkisi görülmemiştir.

Su aktivitesi değeri: Depolama boyunca örnek gruplarının su aktivitesi değerlerinin birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolamanın 15.gününde üzüm yaprağından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmler ve üzüm posasından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin su aktivitesi değerlerinin kontrol, üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ve üzüm posasından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

pH değeri: Depolama sonunda pH değerindeki en fazla azalmanın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bunun yanı sıra üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin pH değeri ise başlangıca göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) ve pH değerindeki en az değişimin üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu örneklerinde 10. ve 15. günlerde asitlik artarak pH değeri azalmıştır. Bu durum örneklerin genel görünüşüne de yansımış ve örneklerin tüketilebilecek seviyede olmadığı belirlenmiştir.

Toplam Fenolik Madde İçeriği: Tüm örnek gruplarında depolama boyunca toplam fenolik madde miktarının başlangıca göre önemli oranda azaldığı görülürken ($p<0,05$), depolama sonunda en yüksek kaybın kontrol grubu örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Üzüm yaprağından elde edilen % 0,5 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerin ise depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Antioksidan Aktivite Değerleri: AgNP ilaveli filmler ile ambalajlanan örneklerin kontrol örneklerine kıyasla depolama başlangıcına göre daha az değişim gösterdiği ve depolama sonunda en yüksek antioksidan aktivite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri (TAMB) değeri: Depolama süresince başlangıca göre TAMB sayısının artma eğiliminde olduğu, 15 gün depolamada tüm grupların aerobik mezofilik bakteri yükünün arttığı tespit edilmiştir. En yüksek TAMB değeri 15. günde 8,48 log kob/g kontrol grubunda, en düşük TAMB değeri ise 8, 28 log kob/g üzüm posasından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde bulunmuştur. AgNP ilavesinin hazır salata örneklerinin mikrobiyal gelişimini kontrol altına aldığı belirlenmiştir.

Maya-küf Sayımı: Depolama sonunda en yüksek maya-küf sayısı (6,87 log kob/g) kontrol örneğinde en düşük maya-küf sayısı (6,34 log kob/g) üzüm yaprağından elde edilen % 1 AgNP ilaveli filmlerle ambalajlanan örneklerde saptanmıştır. AgNP ilavesinin örnekler üzerinde antifungal etki gösterdiği saptanmıştır.

Koliform Sayımı: Depolamanın 15. gününe kadar örneklerin koliform değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Depolama süresince başlangıca göre artma ve azalma eğiliminde olan koliform sayısının 0,5 YP, 1 YP ve 1 PS kodlu örnek gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Sonuç olarak, üzüm yaprağı ve üzüm posasından yeşil sentez yöntemi ile elde edilen gümüş nanopartiküllerin (AgNP) aktif ambalaj filmlerine ilavesi, çilek, karadut, enginar çanağı ve hazır salata ürünlerinin kalite özelliklerinin korunması, mikrobiyolojik güvenilirliğinin sağlanması ve raf ömrünün uzatılması açısından etkili bir koruma yöntemi olduğu kanısına varılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler, AgNP ilavesinin gıda kalite kaybını en aza indirme ve mikrobiyolojik güvenilirliği artırma açısından farklı gıdalarda değişen etkiler gösterdiği ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, AgNP ilaveli ambalaj filmlerinin en yüksek etkinliğinin sırasıyla çilek, karadut, hazır salata ve enginar örneklerinde gözlemlendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gıda sektörü, özellikle polifenoller olmak üzere aktif bileşikler açısından zengin olan büyük miktarda atık üretmektedir. Bu atıkların değerlendirilmesi küresel bir sorun haline gelmiştir. Çevre duyarlılığı açısından yenilikçi bir yaklaşımla planlanan çalışmada üzüm posa ve yaprak atıklarından elde edilen gümüş nanopartikül ile film üretimleri gerçekleştirilerek atıklar değerlendirilmiştir. Ayrıca üretilen filmler çilek, karadut, enginar çanağı ve hazır salataların ambalajlanmasında kullanılarak ürünlerin raf ömrüne etkisi arttırılmış ve tüketim anındaki kayıp oranları azaltılmıştır.

Son yıllarda giderek artan nanoteknoloji alanındaki çalışmaların desteklenmesi, yaygınlaştırılması ve bilimsel çalışmaların devam ettirilerek sanayide de sürdürülebilirliğinin sağlanması oldukça önemlidir. Ayrıca nanopartiküllerin insan sağlığı üzerine bazı belirsizliklerin olduğu ve bu konuyu aydınlatmak için multidisipliner olarak detaylı toksikolojik çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen bulguların, ilgili alanda gerçekleştirilecek bilimsel araştırmalara ve endüstriyel ambalaj sektöründe yapılacak çalışmalara yol gösterici nitelikte olacağı, ayrıca AR-GE ve ÜR-GE projelerine önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, Ç. A., & Pehlivanoglu, S. Gümüş nanopartiküllerin biberiye özütü ile biyosentezi ve MCF-7 meme kanseri hücrelerinde sitotoksik etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2), 172-176.
- Acay, H., Baran, M. F., & Eren, A. (2019). Investigating antimicrobial activity of silver nanoparticles produced through green synthesis using leaf extract of common grape (*Vitis vinifera*). *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2), 4539-4546.
- Aday, C. (2011). Aktif ambalajlama ve yeni muhafaza yöntemleri ile çileğin raf ömrünün artırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, 139 s (Doktora Tezi).
- Aday, M. S., & Caner, C. (2011). The applications of 'active packaging and chlorine dioxide' for extended shelf life of fresh strawberries. *Packaging Technology and Science*, 24(3), 123-136.
- Ahmad, S. S., Yousuf, O., Islam, R. U., & Younis, K. (2021). Silver nanoparticles as an active packaging ingredient and its toxicity. *Packaging Technology and Science*, 34(11-12), 653-663.
- Ahmed, J., Arfat, Y. A., Bher, A., Mulla, M., Jacob, H., & Auras, R. (2018). Active chicken meat packaging based on polylactide films and bimetallic Ag-Cu nanoparticles and essential oil. *Journal of Food Science*, 83(5), 1299-1310.
- Alibaş, İ. (2012). Sıcak Havayla Kurutulan Enginar (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus*) Dilimlerinin Kuruma Eğrilerinin Tanımlanmasında Yeni Bir Modelin Geliştirilmesi ve Mevcut Modellerle Kıyaslanması *Journal of Agricultural Faculty*, 26(1), 49-61.
- Al-Asbahi, M. G., Al-Ofiry, B. A., Saad, F. A., Alnehia, A., & Al-Gunaid, M. Q. (2024). Silver nanoparticles biosynthesis using mixture of *Lactobacillus* sp. and *Bacillus* sp. growth and their antibacterial activity. *Scientific Reports*, 14(1), 10224.
- Alharbi, A. A., Alghamdi, A. M., Al-Goul, S. T., Allohibi, A., Baty, R. S., Qahl, S. H., & Beyari, E. A. (2024). Valorizing pomegranate wastes by producing functional silver nanoparticles with antioxidant, anticancer, antiviral, and antimicrobial activities and its potential in food preservation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31(1), 103880.
- Ali, M. Y., Mahmoud, A. S., Abdalla, M., Hamouda, H. I., Aloufi, A. S., Almubaddil, N. S., Modafer, Y., Hassan, A. M. S., Eissa, M. A. M. & Zhu, D. (2024). Green synthesis of bio-mediated silver nanoparticles from *Persea americana* peels extract and evaluation

- of their biological activities: In vitro and in silico insights. *Journal of Saudi Chemical Society*, 28(3), 101863.
- Aljane, F., & Sdiri, N. (2016). Morphological, phytochemical and antioxidant characteristics of white (*Morus alba* L.), red (*Morus rubra* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry fruits grown in arid regions of Tunisia. *Journal of New Sciences*, 35 (1), 1940-1947.
- Alp-Erbay, E. (2022). Nanomaterials utilized in food packaging: State-of-the-art. *Food Engineering Reviews*, 14(4), 629-654.
- Ansari, M., Ahmed, S., Abbasi, A., Hamad, N. A., Ali, H. M., Khan, M. T., Haq, I. U. & Zaman, Q. U. (2023). Green synthesized silver nanoparticles: a novel approach for the enhanced growth and yield of tomato against early blight disease. *Microorganisms*, 11(4), 886.
- Anvar, A. A., Ahari, H., & Atae, M. (2021). Antimicrobial properties of food nanopackaging: A new focus on foodborne pathogens. *Frontiers in microbiology*, 12, 690706.
- Antonic, B., Jančíková, S., Dordević, D., & Tremlová, B. (2020). Grape pomace valorization: A systematic review and meta-analysis. *Foods*, 9 (11), 1627.
- AOAC. 2005. "Moisture in Dried Fruits". Metot No:934.06.
- Asadi, S., Charati, F. R., Akbari, R., & Razavi, S. A. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using *Taxus baccata* Leaves extract and identify its specifications. *J. Mater. Environ. Sci*, 9(10), 2798-2803.
- Aybastier, Ö. (2021). Karaduttan (*Morus Nigra* L.) antioksidan bileşiklerin kromatografik yöntemlerle izolasyonu ve tayini. *Gıda*, 46(1), 32-41.
- Ayhan, Z. (2019). Packaging and the Shelf Life of Fruits and Vegetables, in: Reference Module in Food Science, Elsevier, pp. 1-5.
- Ayuso, P., Quizhpe, J., Rosell, M. D. L. Á., Peñalver, R., & Nieto, G. (2024). Bioactive Compounds, Health Benefits and Food Applications of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) and Artichoke By-Products: A Review. *Applied Sciences*, 14(11), 4940.
- Bancal, V.; Ray, R.C. (2022). Overview of Food Loss and Waste in Fruits and Vegetables: From Issue to Resources. R.C. Ray (Ed.), *In Fruits and vegetable wastes* (pp. 3–29). Singapore: Springer.
- Bao, Y., Reddivari, L., & Huang, J. Y. (2020). Enhancement of phenolic compounds extraction from grape pomace by high voltage atmospheric cold plasma. *Lwt*, 133, 109970.

- Barani, S., Ahari, H., & Bazgir, S. (2018). Increasing the shelf life of pikeperch (*Sander lucioperca*) fillets affected by low-density polyethylene/Ag/TiO₂ nanocomposites experimentally produced by sol-gel and melt-mixing methods. *International journal of food properties*, 21(1), 1923-1936.
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S., & Orlie, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 96-109.
- Barikloo, H., & Ahmadi, E. (2018). Shelf life extension of strawberry by temperatures conditioning, chitosan coating, modified atmosphere, and clay and silica nanocomposite packaging. *Scientia Horticulturae*, 240, 496-508.
- Basak, J. K., Madhavi, B. G. K., Paudel, B., Kim, N. E., & Kim, H. T. (2022). Prediction of total soluble solids and pH of strawberry fruits using RGB, HSV and HSL colour spaces and machine learning models. *Foods*, 11(14), 2086.
- Bastos-Arrieta, J., Florido, A., Pérez-Ràfols, C., Serrano, N., Fiol, N., Poch, J., & Villaescusa, I. (2018). Green synthesis of Ag nanoparticles using grape stalk waste extract for the modification of screen-printed electrodes. *Nanomaterials*, 8(11), 946.
- Bayğu, G. (2020). Cimin üzüm yaprağı kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen gümüş nanopartikülünün genotoksik etkisinin kanat benek testi ile belirlenmesi. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Erzincan, 83 s (Yüksek Lisans Tezi).
- Bekar, T. (2016). Bağcılıkta Atık Teknolojisi. *Journal of the Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 17-24.
- Bhatnagar, P., Gururani, P., Bisht, B., Kumar, V., Kumar, N., Joshi, R., & Vlaskin, M. S. (2022). Impact of irradiation on physico-chemical and nutritional properties of fruits and vegetables: A mini review. *Heliyon*, 8, e10918.
- Bhargava, N., Sharanagat, V. S., Mor, R. S., & Kumar, K. (2020). Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 105, 385-401.
- Bragina, L., Sherlock, O., van Rossum, A. J., & Jennings, E. (2017). Cattle exclusion using fencing reduces *Escherichia coli* (*E. coli*) level in stream sediment reservoirs in northeast Ireland. *Agriculture, ecosystems & environment*, 239, 349-358.
- Bizymis, A. P., Kalantzi, S., Mamma, D., & Tzia, C. (2023). Addition of silver nanoparticles to composite edible films and coatings to enhance their antimicrobial activity and application to cherry preservation. *Foods*, 12(23), 4295.

- Bodbodak, S., & Rafiee, Z. (2016). Recent trends in active packaging in fruits and vegetables. M. W. Siddiqui (Ed.), *Eco-friendly technology for postharvest produce quality* (pp. 77-125). Academic Press.
- Brito, S. D. C., Bresolin, J. D., Sivieri, K., & Ferreira, M. D. (2020). Low-density polyethylene films incorporated with silver nanoparticles to promote antimicrobial efficiency in food packaging. *Food Science and Technology International*, 26(4), 353-366.
- Bruna, T., Maldonado-Bravo, F., Jara, P., & Caro, N. (2021). Silver nanoparticles and their antibacterial applications. *International journal of molecular sciences*, 22(13), 7202
- Caner, C., Aday, M. S., & Demir, M. (2008). Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. *European Food Research and Technology*, 227, 1575-1583.
- Cansız, E. İ., & Kirmusaoğlu, S. (2018). Nanoteknolojide nano gümüşün antibakteriyel özelliği. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 119-130.
- Carbone, M., Donia, D. T., Sabbatella, G., & Antiochia, R. (2016). Silver nanoparticles in polymeric matrices for fresh food packaging. *Journal of King Saud University-Science*, 28(4), 273-279.
- Castangia, I., Marongiu, F., Manca, M. L., Pompei, R., Angius, F., Ardu, A., Fadda, A. M., Manconi, M., Ennas, G. (2017). Combination of grape extract-silver nanoparticles and liposomes: A totally green approach. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 97, 62-69.
- Cazón, P., Vázquez, M., & Velázquez, G. (2018). Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency. *Carbohydrate polymers*, 195, 432-443.
- Ceballos, R. L., Von Bilderling, C., Guz, L., Bernal, C., & Famá, L. (2021). Effect of greenly synthesized silver nanoparticles on the properties of active starch films obtained by extrusion and compression molding. *Carbohydrate Polymers*, 261, 117871.
- Cemeroğlu, B. S. 2013. *Gıda Analizleri* (3. Basım). Ankara: Bizim Grup Basımevi.
- Cemeroğlu, B. S. 2010. *Gıda Analizleri* (2.Basım). Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Chadha, S. Saruchi., Kumar, V.(2024). Recent Trend of Utilizing Green synthesized Silver Nanoparticles in Food industry. *J Agri Horti Res*, 7(1), 1-9.

- Chaudhari, R. K., Shah, P. A., & Shrivastav, P. S. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using *Adhatoda vasica* leaf extract and its application in photocatalytic degradation of dyes. *Discover Nano*, 18(1), 135.
- Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J., & Wu, X. (2017). Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *Lwt*, 80, 178-184.
- Chen, Q. Y., Xiao, S. L., Shi, S. Q., & Cai, L. P. (2020). A One-pot synthesis and characterization of antibacterial silver nanoparticle–cellulose film. *Polymers*, 12(2), 440.
- Chen, K., Tian, R., Jiang, J., Xiao, M., Wu, K., Kuang, Y., Deng, P., Zhao, X. & Jiang, F. (2024). Moisture loss inhibition with biopolymer films for preservation of fruits and vegetables: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130337.
- Cheng, J., Lin, X., Wu, X., Liu, Q., Wan, S., & Zhang, Y. (2021). Preparation of a multifunctional silver nanoparticles polylactic acid food packaging film using mango peel extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 188, 678-688.
- Chutrakulwong, F., Thamaphat, K., & Intarasawang, M. (2024). Investigating UV-Irradiation Parameters in the Green Synthesis of Silver Nanoparticles from Water Hyacinth Leaf Extract: Optimization for Future Sensor Applications. *Nanomaterials*, 14(12), 1018.
- Cilli, L. P., Contini, L. R. F., Sinnecker, P., Lopes, P. S., Andreo, M. A., Neiva, C. R. P., Nascimento, M. S., Yoshida, C. M. P. & Venturini, A. C. (2020). Effects of grape pomace flour on quality parameters of salmon burger. *Journal of food processing and preservation*, 44(2), e14329.
- Coman, V., Teleky, B. E., Mitrea, L., Martău, G. A., Szabo, K., Călinoiu, L. F., & Vodnar, D. C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in food and nutrition research*, 91, 157-225.
- Cordenunsi, B. R., Oliveira do Nascimento, J. R., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2002). Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9), 2581-2586.
- Cui, X., You, Y., Ding, Y., Sun, C., Liu, B., Wang, X., Guo, F., Liu, Q., Fan, X., & Li, X. (2024). Improving the function of electrospun film by natural substance for active packaging application of fruits and vegetables. *LWT*, 191, 115683.
- Çelik, İ., Tümer, G. 2016. Gıda Ambalajlamada Son Gelişmeler, *Akademik Gıda* 14(2) (2016) 180-188.

- Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S., & Yadav, V. (2016). Mechanistic basis of antimicrobial actions of silver nanoparticles. *Frontiers in microbiology*, 7, 1831.
- Dash, K. K., Kumar, A., Kumari, S., & Malik, M. A. (2021). Silver nanoparticle incorporated flaxseed protein-alginate composite films: effect on physicochemical, mechanical, and thermal properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 29, 3649-3659.
- Decker, B. L. A., Miguel, E. D. C., Fonteles, T. V., Fernandes, F. A., & Rodrigues, S. (2024). Impact of Spray Drying on the Properties of Grape Pomace Extract Powder. *Processes*, 12(7), 1390.
- Del Nobile, M. A., Conte, A., Scrocco, C., Laverse, J., Brescia, I., Conversa, G., & Elia, A. (2009). New packaging strategies to preserve fresh-cut artichoke quality during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(1), 128-133.
- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), 751-756.
- Demirkol, M., & Tarakci, Z. (2018). Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. *Lwt*, 97, 770-777.
- Deshmukh, A. R., Gupta, A., & Kim, B. S. (2019). Ultrasound assisted green synthesis of silver and iron oxide nanoparticles using fenugreek seed extract and their enhanced antibacterial and antioxidant activities. *BioMed research international*, 2019(1), 1714358.
- Dobooğlu, H., & Çınar, İ. (2012). Liyofilizasyonun Karadut *Morus nigra* Kurutmadaki Potansiyelinin Belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 10(2), 40-47.
- Doğanyigit, Z., Kıp, F. Ö., Kaymak, E., Okan, A., Oçak, B., & Akin, A. T. (2019). Gümüş nanopartiküllerinin üzüm çekirdeği ekstraktının endotoksik kalp dokusundaki histolojik değişiklere ve TNF-a ve BNPeşpresyonuna etkisi. *Bozok Tıp Dergisi*, 9(3), 87-96.
- Dosi, R., Daniele, A., Guida, V., Ferrara, L., Severino, V., & Di Maro, A. (2013). Nutritional and metabolic profiling of the globe artichoke ('*Cynara scolymus*' L.'Capuanella'heads) in province of Caserta, Italy. *Australian Journal of Crop Science*, 7(12), 1927-1934.

- Drevelegka, I., & Goula, A. M. (2020). Recovery of grape pomace phenolic compounds through optimized extraction and adsorption processes. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 149, 107845.
- Ebrahimi, H., Abedi, B., Bodaghi, H., Davarynejad, G., Haratizadeh, H., & Conte, A. (2018). Investigation of developed clay-nanocomposite packaging film on quality of peach fruit (*Prunus persica* Cv. Alberta) during cold storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13466.
- Efatian, H., Ahari, H., Shahbazzadeh, D., Nowruzi, B., & Yousefi, S. (2021). Fabrication and characterization of LDPE/silver-copper/titanium dioxide nanocomposite films for application in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) packaging. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 2430-2439.
- Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., & Soleimani-Zad, S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 742-748.
- Elmacı, Y., & Altuğ, T. (2002). Flavour evaluation of three black mulberry (*Morus nigra*) cultivars using GC/MS, chemical and sensory data. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(6), 632-635.
- Ellis, L. P., & Kok, C. (1987). Colour changes in Blanc de noir wines during ageing at different temperatures and its colour preference limits. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 8(1), 16-22.
- El-Mogy, M. M., Parmar, A., Ali, M. R., Abdel-Aziz, M. E., & Abdeldaym, E. A. (2020). Improving postharvest storage of fresh artichoke bottoms by an edible coating of *Cordia myxa* gum. *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111143.
- El-Sherbiny, I. M., El-Shibiny, A., & Salih, E. (2016). Photo-induced green synthesis and antimicrobial efficacy of poly (ϵ -caprolactone)/curcumin/grape leaf extract-silver hybrid nanoparticles. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 160, 355-363.
- Ercisli, S., & Orhan, E. (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food chemistry*, 103(4), 1380-1384.
- Erdogan, O., Abbak, M., Demirbolat, G. M., Birtekocak, F., Aksel, M., Pasa, S., & Cevik, O. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles via *Cynara scolymus* leaf extracts: The characterization, anticancer potential with photodynamic therapy in MCF7 cells. *PloS one*, 14(6), e0216496.

- Eren, A., & Baran, M. F. (2019). Fıstık (*Pistacia vera* L.) yaprağından gümüş nanopartikül (AgNP)'lerin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitesinin incelenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2), 165-173.
- Erkaleli, Z. Ö., & Dalkılıç, Z. (2016). Uşak ili ulubey ilçesinde yetişen karadutların (*Morus nigra* L.) morfolojik, fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1), 89-106.
- Esmail, F., Koohestani, H., & Abdollah-Pour, H. (2020). Characterization and antibacterial activity of silver nanoparticles green synthesized using *Ziziphora clinopodioides* extract. *Environmental nanotechnology, monitoring & management*, 14, 100303.
- Fatimah, I., Hidayat, H., Nugroho, B. H., & Husein, S. (2020). Ultrasound-assisted biosynthesis of silver and gold nanoparticles using *Clitoria ternatea* flower. *South African Journal of Chemical Engineering*, 34, 97-106.
- Fernandez, A., Picouet, P., & Lloret, E. (2010). Reduction of the spoilage-related microflora in absorbent pads by silver nanotechnology during modified atmosphere packaging of beef meat. *Journal of food protection*, 73(12), 2263-2269.
- Fierascu, R. C., Sieniawska, E., Orta, A., Fierascu, I., & Xiao, J. (2020). Fruits by-products—A source of valuable active principles. A short review. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 8(319), 1-8.
- Gamboa, S. M., Rojas, E. R., Martínez, V. V., & Vega-Baudrit, J. (2019). Synthesis and characterization of silver nanoparticles and their application as an antibacterial agent. *Int. J. Biosen. Bioelectron*, 5(5), 166-173.
- Gao, L., Li, Q., Zhao, Y., Wang, H., Liu, Y., Sun, Y., Wang, F., Jia, W., & Hou, X. (2017). Silver nanoparticles biologically synthesised using tea leaf extracts and their use for extension of fruit shelf life. *IET Nanobiotechnology*, 11(6), 637-643.
- García-Martínez, N., Andreo-Martínez, P., Almela, L., Guardiola, L., & Gabaldón, J. A. (2017). Microbiological and sensory quality of fresh ready-to-eat artichoke hearts packaged under modified atmosphere. *Journal of Food Protection*, 80(5), 740-749.
- Ghidelli, C., Mateos, M., Rojas-Argudo, C., & Pérez-Gago, M. B. (2013). Antibrowning effect of antioxidants on extract, precipitate, and fresh-cut tissue of artichokes. *LWT-Food Science and Technology*, 51(2), 462-468.
- Goh, H. T., Cheok, C. Y., & Yeap, S. P. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles using banana peel extract and application on banana preservation. *Food Frontiers*, 4(1), 283-288.

- Gomes, B. A. F., Alexandre, A. C. S., de Andrade, G. A. V., Zanzini, A. P., de Barros, H. E. A., Costa, P. A., & Boas, E. V. D. B. V. (2023). Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review–Part 2: Physical methods and global market outlook. *Food Chemistry Advances*, 2, 100304.
- Gołębiewska, E., Kalinowska, M., & Yildiz, G. (2022). Sustainable use of apple pomace (AP) in different industrial sectors. *Materials*, 15(5), 1788.
- Gostin, A. I., & Waisundara, V. Y. (2019). Edible flowers as functional food: A review on artichoke (*Cynara cardunculus* L.). *Trends in Food Science & Technology*, 86, 381-391.
- Gupta, C., & Prakash, D. (2019). Safety of fresh fruits and vegetables. C. Cockle (Ed.), *Food safety and human health* (pp. 249-283). India.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste.
- Gülcü, M., Uslu, N., Özcan, M. M., Gökmen, F., Özcan, M. M., Banjanin, T., Gezgin, S., Dursun, N., Geçgel, Ü., Ceylan, D. A. & Lemiasheuski, V. (2019). The investigation of bioactive compounds of wine, grape juice and boiled grape juice wastes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(1), e13850.
- Güler, A. (2011). Siyah üzüm posası katkılı mısır cipsi eldesi: yeni üründe kalite özelliklerinin, antioksidan kapasitenin ve bazı kateşin fenoliklerin izlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Iğdır, 76 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- Hamauzu, Y., & Kawahara, T. (2021). Anti-degranulation and bile acid-binding activity of extracts from fruits and agro-industrial by-products. *Food Bioscience*, 43, 101244.
- Hashim, N., Paramasivam, M., Tan, J. S., Kernain, D., Hussin, M. H., Brosse, N., Gambier, F., & Raja, P. B. (2020). Green mode synthesis of silver nanoparticles using *Vitis vinifera*'s tannin and screening its antimicrobial activity/apoptotic potential versus cancer cells. *Materials Today Communications*, 25, 101511.
- He, Y., Li, H., Fei, X., & Peng, L. (2021). Carboxymethyl cellulose/cellulose nanocrystals immobilized silver nanoparticles as an effective coating to improve barrier and antibacterial properties of paper for food packaging applications. *Carbohydrate polymers*, 252, 117156.
- Hepsağ, F., Hayoğlu, İ., & Hepsağ, B. (2012). Karadut meyvesinin antosiyanin içeriği ve antosiyaninlerin gıda sanayinde renk maddesi olarak kullanım olanakları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 9-19.

- Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (1999). Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 17(1), 19-32.
- Hong, W., Xie, C., Zhao, J., & Dai, Z. (2024). Application of plasma-activated hydrogen peroxide solution synergized with Ag@ SiO₂ modified polyvinyl alcohol coating for strawberry preservation. *Heliyon*, 10, e31239.
- Hossain, A., Begum, P., Zannat, M. S., Rahman, M. H., Ahsan, M., & Islam, S. N. (2016). Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. *Food Chemistry*, 199, 648-652.
- Hussain, A., Batool, A., Yaqub, S., Iqbal, A., Kauser, S., Arif, M. R., Ali, S., Gorski, F. I., Nisar, R., Hussain, A., Firdous, N., Fatima, H. & Ali, A. (2024). Effects of spray drying and ultrasonic assisted extraction on the phytochemicals, antioxidant and antimicrobial activities of strawberry fruit. *Food Chemistry Advances*, 100755.
- ISO 21527-1, 2008. “Gıda ve hayvan yemleri mikrobiyolojisi – Maya ve küflerin sayımı için yatay yöntem – Bölüm 1: Su aktivitesi 0,95’ten yüksek olan ürünlerde koloni sayım tekniği”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Jafarzadeh, S., Nafchi, A. M., Salehabadi, A., Oladzad-Abbasabadi, N., & Jafari, S. M. (2021). Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Advances in Colloid and Interface Science*, 291, 102405.
- Jain, N., Jain, P., Rajput, D., & Patil, U. K. (2021). Green synthesized plant-based silver nanoparticles: Therapeutic prospective for anticancer and antiviral activity. *Micro and Nano Systems Letters*, 9(1), 5.
- Jamróz, E., Kopel, P., Juszczak, L., Kawecka, A., Bytesnikova, Z., Milosavljevic, V., & Makarewicz, M. (2019). Development of furcellaran-gelatin films with Se-AgNPs as an active packaging system for extension of mini kiwi shelf life. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 100339.
- John, A., Shaji, A., Velayudhannair, K., Nidhin, M., & Krishnamoorthy, G. (2021). Anti-bacterial and biocompatibility properties of green synthesized silver nanoparticles using *Parkia biglandulosa* (Fabales: Fabaceae) leaf extract. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100112.
- Kamiloglu, S., Serali, O., Unal, N., & Capanoglu, E. (2013). Antioxidant activity and polyphenol composition of black mulberry (*Morus nigra* L.) products. *Journal of Berry Research*, 3(1), 41-51.

- Kammerer, D. R., Kammerer, J., Valet, R., & Carle, R. (2014). Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients. *Food Research International*, 65, 2-12.
- Kanikireddy, V., Varaprasad, K., Rani, M. S., Venkataswamy, P., Reddy, B. J. M., & Vithal, M. (2020). Biosynthesis of CMC-Guar gum-Ag0 nanocomposites for inactivation of food pathogenic microbes and its effect on the shelf life of strawberries. *Carbohydrate polymers*, 236, 116053.
- Karadağ, G., Karaman, A. D., & Öğüt, S. (2022). Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri. *Toros University Journal of Food, Nutrition and Gastronomy*, 1(1), 77-90.
- Karagöz, Ş., & Demirdöven, A. (2017). Gıda ambalajlamada güncel uygulamalar: modifiye atmosfer, aktif, akıllı ve nanoteknolojik ambalajlama uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(1), 9-21.
- Karan, T., Gonulalan, Z., Erenler, R., Kolemen, U., & Eminagaoglu, O. (2024). Green synthesis of silver nanoparticles using Sambucus ebulus leaves extract: characterization, quantitative analysis of bioactive molecules, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Molecular Structure*, 1296, 136836.
- Karnopp, A. R., Margraf, T., Maciel, L. G., Santos, J. S., & Granato, D. (2017). Chemical composition, nutritional and in vitro functional properties of by-products from the Brazilian organic grape juice industry. *International Food Research Journal*, 24(1), 207.
- Kayahan, S., & Saloglu, D. (2021). Comparison of Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Raw and Cooked Turkish Artichoke Cultivars. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 761145.
- Khalaf, H. H., Sharoba, A. M., El-Tanahi, H. H., & Morsy, M. K. (2013). Stability of antimicrobial activity of pullulan edible films incorporated with nanoparticles and essential oils and their impact on turkey deli meat quality. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 4(11), 557-573.
- Korkmaz, N. (2019). Saintpaulia sulu yaprak özütü kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel ve antibiyofilm aktivitesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(4), 2225-2234.
- Kostic, D. A., Dimitrijevic D. S., Mitia, S. S., Mitic M. N., Stojanovic, G. S., & Živanovic A. V. (2013). Phenolic content and antioxidant activities of fruit extracts of Morus

- nigra L (Moraceae) from Southeast Serbia. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 12(1), 105-110.
- Koyama, R., Ishibashi, M., Fukuda, I., Okino, A., Osawa, R., & Uno, Y. (2022). Pre-and post-harvest conditions affect polyphenol content in strawberry (*Fragaria× ananassa*). *Plants*, 11(17), 2220.
- Król, A., Amarowicz, R., & Weidner, S. (2014). Changes in the composition of phenolic compounds and antioxidant properties of grapevine roots and leaves (*Vitis vinifera* L.) under continuous of long-term drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36, 1491-1499.
- Kucelova, L., Grygorieva, O., Ivanišová, E., Margarita, T., & Brindza, J. (2016). Biological properties of black mulberry-derived food products (*Morus nigra* L.). *Journal of Berry Research*, 6(3), 333-343.
- Kwiatkowski, M., Kravchuk, O., Skouroumounis, G. K., & Taylor, D. K. (2020). Microwave-assisted and conventional phenolic and colour extraction from grape skins of commercial white and red cultivars at veraison and harvest. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122671.
- Lai, W. F., & Wong, W. T. (2022). Design and practical considerations for active polymeric films in food packaging. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(11), 6295.
- Lavelli, V., Harsha, P. S. C. S., Laureati, M., Pagliarini, E. (2017). Degradation kinetics of encapsulated grape skin phenolics and micronized grape skins in various water activity environments and criteria to develop wide-ranging and tailor-made food applications, *Innovative food science and emerging Technologies*, 39, 156-164.
- Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 6(3), 60-75.
- Loo, Y. Y., Rukayadi, Y., Nor-Khaizura, M. A. R., Kuan, C. H., Chieng, B. W., Nishibuchi, M., & Radu, S. (2018). In vitro antimicrobial activity of green synthesized silver nanoparticles against selected gram-negative foodborne pathogens. *Frontiers in microbiology*, 9, 1555.
- Lotfi, S., Ahari, H., & Sahraeyan, R. (2019). The effect of silver nanocomposite packaging based on melt mixing and sol–gel methods on shelf life extension of fresh chicken stored at 4 C. *Journal of Food Safety*, 39(3), e12625.
- Lucarini, M., Durazzo, A., Bernini, R., Campo, M., Vita, C., Souto, E. B., Lombardi-Boccia, G., Ramadan, M. F., Santini, A. & Romani, A. (2021). Fruit wastes as a valuable

- source of value-added compounds: A collaborative perspective. *Molecules*, 26(21), 6338.
- Lugani, Y., Jain, S., Agnihotri, C., Kaur, N., Agnihotri, S., & Singh, B. P. (2023). Antimicrobial active packaging materials for shelf life extension of fruits and vegetables: recent trend and future perspectives. B.P. Singh, et al. (Ed.), *Postharvest management of fresh produce* (pp. 265-293). Academic Press.
- Mainente, F., Menin, A., Alberton, A., Zoccatelli, G., & Rizzi, C. (2018). Evaluation of the sensory and physical properties of meat and fish derivatives containing grape pomace powders. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 952-958.
- Manjamadha, V. P., & Muthukumar, K. (2016). Ultrasound assisted green synthesis of silver nanoparticles using weed plant. *Bioprocess and biosystems engineering*, 39, 401-411.
- Marianne, L. C., Lucía, A. G., de Jesús, M. S. M., Leonardo, H. M. E., & Mendoza-Sánchez, M. (2024). Optimization of the green extraction process of antioxidants derived from grape pomace. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 37, 101396.
- Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D. S., González, Z., & Ruales, J. (2021). Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 11-23.
- Martínez-Ferrer, M., Harper, C., Pérez-Muntoz, F., & Chaparro, M. (2002). Modified atmosphere packaging of minimally processed mango and pineapple fruits. *Journal of Food Science*, 67(9), 3365-3371.
- Martins, M. S., Gonçalves, A. C., Alves, G., & Silva, L. R. (2023). Blackberries and mulberries: Berries with significant health-promoting properties. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15), 12024.
- Massironi, A., Morelli, A., Grassi, L., Puppi, D., Braccini, S., Maisetta, G., ... & Chiellini, F. (2019). Ulvan as novel reducing and stabilizing agent from renewable algal biomass: Application to green synthesis of silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 203, 310-321.
- Mathew, S., Jayakumar, A., Kumar, V. P., Mathew, J., & Radhakrishnan, E. K. (2019). One-step synthesis of eco-friendly boiled rice starch blended polyvinyl alcohol bionanocomposite films decorated with in situ generated silver nanoparticles for food packaging purpose. *International journal of biological macromolecules*, 139, 475-485.

- Meini, M. R., Cabezudo, I., Boschetti, C. E., & Romanini, D. (2019). Recovery of phenolic antioxidants from Syrah grape pomace through the optimization of an enzymatic extraction process. *Food Chemistry*, 283, 257-264.
- Mendoza, I. C., Luna, E. O., Pozo, M. D., Vásquez, M. V., Montoya, D. C., Moran, G. C., Romero, L. G., Yepez, X., Salazar, R., Romero-Peña, M. & León, J. C. (2022). Conventional and non-conventional disinfection methods to prevent microbial contamination in minimally processed fruits and vegetables. *LWT*, 165, 113714.
- Menichetti, A., Mavridi-Printezi, A., Mordini, D., & Montalti, M. (2023). Effect of size, shape and surface functionalization on the antibacterial activity of silver nanoparticles. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(5), 244.
- Messinese, E., Pitirollo, O., Grimaldi, M., Milanese, D., Sciancalepore, C., & Cavazza, A. (2024). By-products as sustainable source of bioactive compounds for potential application in the field of food and new materials for packaging development. *Food and Bioprocess Technology*, 17(3), 606-627.
- Metak, A. M., & Ajaal, T. T. (2013). Investigation on polymer based nano-silver as food packaging materials. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 7(12), 1103-1109.
- Mihaly Cozmata, A., Peter, A., Mihaly Cozmata, L., Nicula, C., Crisan, L., Baia, L., & Turila, A. (2015). Active packaging system based on Ag/TiO₂ nanocomposite used for extending the shelf life of bread. Chemical and microbiological investigations. *Packaging Technology and Science*, 28(4), 271-284.
- Milosavljević, D. M., Maksimović, V. M., Milivojević, J. M., Nakarada, Đ. J., Mojović, M. D., & Dragišić Maksimović, J. J. (2022). Rich in Phenolics—Strong Antioxidant Fruit? Comparative Study of 25 Strawberry Cultivars. *Plants*, 11(24), 3566.
- Mohammadi, H., Anvar, A. A., Qajarbeygi, P., Ahari, H., & Abdi, F. (2015). Comparison of the antifungal activity of titanium dioxide based nano-silver packaging and conventional polyethylene packaging in consumed bread. *Applied Food Biotechnology*, 2(1): 45-51.
- Morsy, M. K., Khalaf, H. H., Sharoba, A. M., El-Tanahi, H. H., & Cutter, C. N. (2014). Incorporation of essential oils and nanoparticles in pullulan films to control foodborne pathogens on meat and poultry products. *Journal of food science*, 79(4), M675-M684.
- Munir, M., Nadeem, M., Qureshi, T. M., Qayyum, A., Suhaib, M., Zeb, F., & Ashokkumar, M. (2018). Addition of oat enhanced the physico-chemical, nutritional and sensory

- qualities of date fruit based snack bars. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(4), 271-276.
- Nouri, A., Yarakı, M. T., Lajevardi, A., Rezaei, Z., Ghorbanpour, M., & Tanzifi, M. (2020). Ultrasonic-assisted green synthesis of silver nanoparticles using *Mentha aquatica* leaf extract for enhanced antibacterial properties and catalytic activity. *Colloid and Interface Science Communications*, 35, 100252.
- Nthunya, L. N., Derese, S., Gutierrez, L., Verliefde, A. R., Mamba, B. B., Barnard, T. G., & Mhlanga, S. D. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles using one-pot and microwave-assisted methods and their subsequent embedment on PVDF nanofibre membranes for growth inhibition of mesophilic and thermophilic bacteria. *New Journal of Chemistry*, 43(10), 4168-4180.
- Ojeda, G. A., Arias Gorman, A. M., Sgroppo, S. C., & Zaritzky, N. E. (2021). Application of composite cassava starch/chitosan edible coating to extend the shelf life of black mulberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15073.
- Okatan, V., Polat, M., & Aşkin, M. A. (2016). Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) in Bitlis. Online ISSN 2286-1580.
- Ortiz-Duarte, G., Pérez-Cabrera, L. E., Artés-Hernández, F., & Martínez-Hernández, G. B. (2019). Ag-chitosan nanocomposites in edible coatings affect the quality of fresh-cut melon. *Postharvest Biology and Technology*, 147, 174-184.
- Otoni, C. G., Avena-Bustillos, R. J., Azeredo, H. M., Lorevice, M. V., Moura, M. R., Mattoso, L. H., & McHugh, T. H. (2017). Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1151-1169.
- Ozkan, G., Günal-Köroğlu, D., & Capanoglu, E. (2023). Valorization of fruit and vegetable processing by-products/wastes. *Advances in Food and Nutrition Research*, 107, 1-39.
- Öz, A. T., & Kafkas, E. (2015). Muhafaza süresinin ‘Festival’çilek çeşidi meyvelerinde fiziksel özelliklere ve biyokimyasal bileşimine etkisinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 105-112.
- Özay, G., Pala, M., & Saygı, B. (1993). Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi. *Gıda*, 18(6), 377-383.
- Özeşer, T., & Karagözlü, N. (2024). Characterization and antimicrobial properties of silver nanoparticles biosynthesized from cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 30(3), 444-457.

- Özgen, M., Serçe, S., & Kaya, C. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia horticulturae*, 119(3), 275-279.
- Özkan, N. (2019). Yeni bir depolama yöntemi olan indirgen atmosferde paketlemenin (iap) çilek meyvesinin kimyasal ve fiziksel kalitesi üzerine etkisi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Iğdır, 130 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- Pagliarulo, C., Sansone, F., Moccia, S., Russo, G. L., Aquino, R. P., Salvatore, P., Stasio, M. D., & Volpe, M. G. (2016). Preservation of strawberries with an antifungal edible coating using peony extracts in chitosan. *Food and bioprocess technology*, 9, 1951-1960.
- Parichanon, P., Sattayakhom, A., Matan, N., & Matan, N. (2022). Antimicrobial activity of lime oil in the vapour phase against *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat salad during cold storage and its possible mode of action. *Food Control*, 132, 108486.
- Park, S. I., & Zhao, Y. (2006). Development and characterization of edible films from cranberry pomace extracts. *Journal of Food Science*, 71(2), E95-E101.
- Parveen, M., Kumar, A., Khan, M. S., Rehman, R., Furkan, M., Khan, R. H., & Nami, S. A. (2022). Comparative study of biogenically synthesized silver and gold nanoparticles of *Acacia auriculiformis* leaves and their efficacy against Alzheimer's and Parkinson's disease. *International Journal of Biological Macromolecules*, 203, 292-301.
- Pasha, H. Y., Mohtasebi, S. S., Tajeddin, B., Taherimehr, M., Tabatabaeekoloor, R., Firouz, M. S., & Javadi, A. (2023). The effect of a new bionanocomposite packaging film on postharvest quality of strawberry at modified atmosphere condition. *Food and Bioprocess Technology*, 16(6), 1246-1257.
- Paulsen, E., Barrios, S., & Lema, P. (2021). Production of packaged ready-to-eat whole strawberries (cv. San Andreas): Packaging conditions for shelf-life extension. *Food Packaging and Shelf Life*, 29, 100696.
- Pelayo, C., Ebeler, S. E., & Kader, A. A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air+ 20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27(2), 171-183.
- Pereira, R. N., Coelho, M. I., Genisheva, Z., Fernandes, J. M., Vicente, A. A., & Pintado, M. E. (2020). Using Ohmic Heating effect on grape skins as a pretreatment for anthocyanins extraction. *Food and Bioprocess Technology*, 124, 320-328.

- Ping, Y., Zhang, J., Xing, T., Chen, G., Tao, R., & Choo, K. H. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using grape seed extract and their application for reductive catalysis of Direct Orange 26. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 58, 74-79.
- Polat, S. (2016). Nanokompozit ambalaj filmi üretimi ve bazı gıdaların ambalajlanmasında kullanım olanaklarının araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 147 s (Doktora Tezi).
- Polat, S., Fenercioğlu, H., & Güçlü, M. (2018). Effects of metal nanoparticles on the physical and migration properties of low density polyethylene films. *Journal of Food Engineering*, 229, 32-42.
- Rajput, S., Kumar, D., & Agrawal, V. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using Indian Belladonna extract and their potential antioxidant, anti-inflammatory, anticancer and larvicidal activities. *Plant cell reports*, 39, 921-939.
- Raota, C. S., Cerbaro, A. F., Salvador, M., Delamare, A. P. L., Echeverrigaray, S., da Silva Crespo, J., da Silva, T. B. & Giovanela, M. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles using an extract of Ives cultivar (*Vitis labrusca*) pomace: Characterization and application in wastewater disinfection. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 103383.
- Re, R., Pellegrini, N., Protegente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Riaz, M., Khalid, R., Afzal, M., Anjum, F., Fatima, H., Zia, S., Rasool, G., Egbuna, C., Mtewa, A. G., Uche, C. Z. & Aslam, M. A. (2023). Phytobioactive compounds as therapeutic agents for human diseases: A review. *Food Science & Nutrition*, 11(6), 2500-2529.
- Riazi, F., Zeynali, F., Hoseini, E., Behmadi, H., & Savadkoohi, S. (2016). Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems. *Meat science*, 121, 350-358.
- Rinaldi, M., Littardi, P., Cavazza, A., Santi, S., Grimaldi, M., Rodolfi, M., ... & Chiavaro, E. (2020). Effect of different atmospheric and subatmospheric cooking techniques on qualitative properties and microstructure of artichoke heads. *Food Research International*, 137, 109679.
- Rincón, E., Espinosa, E., García-Domínguez, M. T., Balu, A. M., Vilaplana, F., Serrano, L., & Jiménez-Quero, A. (2021). Bioactive pectic polysaccharides from bay tree pruning

- waste: Sequential subcritical water extraction and application in active food packaging. *Carbohydrate Polymers*, 272, 118477.
- Riseh, R. S., Vatankhah, M., Hassanisaadi, M., Shafiei-Hematabad, Z., & Kennedy, J. F. (2024). Advancements in coating technologies: unveiling the potential of chitosan for the preservation of fruits and vegetables. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127677.
- Rodrigues, R. P., Sousa, A. M., Gando-Ferreira, L. M., & Quina, M. J. (2023). Grape pomace as a natural source of phenolic compounds: solvent screening and extraction optimization. *Molecules*, 28(6), 2715.
- Romanini, E. B., Rodrigues, L. M., Finger, A., Chierrito, T. P. C., da Silva Scapim, M. R., & Madrona, G. S. (2021). Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from BRS Violet grape pomace followed by alginate-Ca²⁺ encapsulation. *Food Chemistry*, 338, 128101.
- Rosa, M., Vega-Chacón, J., Jauja-Ccana, V. R., Villa, J. E., & La Rosa-Toro, A. (2024). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using grape stalk extract. *Journal of Molecular Liquids*, 403, 124927.
- Sabater, C., Ruiz, L., Delgado, S., Ruas-Madiedo, P., & Margolles, A. (2020). Valorization of vegetable food waste and by-products through fermentation processes. *Frontiers in microbiology*, 11, 581997.
- Sahin, K., Sinir, G. Ö., Durmuş, F., & Çopur, Ö. (2020). The effect of pretreatments and vacuum drying on drying characteristics, total phenolic content and antioxidant capacity of artichoke (*Cynara cardunculus* var. *Scolymus* L.) slices. *Gıda*, 45(4), 699-709.
- Said, M. I., & Othman, A. A. (2019). Fast green synthesis of silver nanoparticles using grape leaves extract. *Materials Research Express*, 6(5), 055029.
- Sánchez-Salcedo, E. M., Mena, P., García-Viguera, C., Hernández, F., & Martínez, J. J. (2015). (Poly) phenolic compounds and antioxidant activity of white (*Morus alba*) and black (*Morus nigra*) mulberry leaves: Their potential for new products rich in phytochemicals. *Journal of Functional Foods*, 18, 1039-1046.
- Sandulachi, E., & Tatarov, P. (2012). Water activity concept and its role in strawberries food. *Chemistry Journal of Moldova*, 7(2), 103-115.
- Saratale, R. G., Saratale, G. D., Ahn, S., & Shin, H. S. (2021). Grape pomace extracted tannin for green synthesis of silver nanoparticles: Assessment of their antidiabetic, antioxidant potential and antimicrobial activity. *Polymers*, 13(24), 4355.

- Saravanakumar, K., Hu, X., Chelliah, R., Oh, D. H., Kathiresan, K., & Wang, M. H. (2020). Biogenic silver nanoparticles-polyvinylpyrrolidone based glycosomes coating to expand the shelf life of fresh-cut bell pepper (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendt). *Postharvest biology and technology*, 160, 111039.
- Savlak, N., Taşkın, B., Çelik, B., Kumru, F., & Kıyak, S. (2020). A new look at waste utilization; use of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves in the production of functional crackers. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(2), 358-364
- Sergio, L., Gatto, M. A., Spremulli, L., Pieralice, M., Linsalata, V., & Di Venere, D. (2016). Packaging and storage conditions to extend the shelf life of semi-dried artichoke hearts. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 277-284.
- Sevindik, O., & Selli, S. (2016). Üzüm çekirdeklerinin temel biyoaktif bileşenleri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2), 9-16.
- Shah, Y. A., Bhatia, S., Al-Harrasi, A., Afzaal, M., Saeed, F., Anwer, M. K., Khan, M. R., Jawad, M., Akram, N. & Faisal, Z. (2023). Mechanical properties of protein-based food packaging materials. *Polymers*, 15(7), 1724.
- Shankar, S., Khodaei, D., & Lacroix, M. (2021). Effect of chitosan/essential oils/silver nanoparticles composite films packaging and gamma irradiation on shelf life of strawberries. *Food Hydrocolloids*, 117, 106750.
- Sharifi-Rad, M., Elshafie, H. S., & Pohl, P. (2024). Green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) by *Lallemantia royleana* leaf extract: their bio-pharmaceutical and catalytic properties. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 448, 115318.
- Sharma, S., Nakano, K., Kumar, S., & Katiyar, V. (2024). Edible packaging to prolong postharvest shelf-life of fruits and vegetables: A review. *Food Chemistry Advances*, 100711.
- Shoukat, A., Imran, M., Khan, M. K., Ahmad, M. H., Ahmad, R. S., Ramadan, M. F., Nadeem, M., Yasmin, A., Rahim, M. A. & Khan, M. I. (2024). Impact of spray drying operating conditions on yield, secondary metabolites, antioxidant potential and storage quality of grape (*Vitis vinifera* L.) pomace powder. *South African Journal of Botany*, 169, 383-395.
- Skiba, M., & Vorobyova, V. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using grape pomace extract prepared by plasma-chemical assisted extraction method. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. 674(1), 142–151.

- Silva, J. T. D. P., Borges, M. H., de Souza, C. A. C., Fávaro-Trindade, C. S., Sobral, P. J. D. A., de Oliveira, A. L., & Martelli-Tosi, M. (2024). Grape Pomace Rich-Phenolics and Anthocyanins Extract: Production by Pressurized Liquid Extraction in Intermittent Process and Encapsulation by Spray-Drying. *Foods*, 13(2), 279.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Simbine, E. O., Rodrigues, L. D. C., Lapa-Guimaraes, J., Kamimura, E. S., Corassin, C. H., & Oliveira, C. A. F. D. (2019). Application of silver nanoparticles in food packages: a review. *Food Science and Technology*, 39, 793-802.
- Slavin, J. L., & Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in nutrition*, 3(4), 506-516.
- Snoussi, A., Essaidi, I., Ben Haj Koubaier, H., Zrelli, H., Alsafari, I., Živoslav, T., Mihailovic, J., Khan, M., El Omri, A., Velickovic, T. C. & Bouzouita, N. (2021). Drying methodology effect on the phenolic content, antioxidant activity of *Myrtus communis* L. leaves ethanol extracts and soybean oil oxidative stability. *BMC chemistry*, 15(31).
- Soto, K. M., Quezada-Cervantes, C. T., Hernández-Iturriaga, M., Luna-Bárcenas, G., Vazquez-Duhalt, R., & Mendoza, S. (2019). Fruit peels waste for the green synthesis of silver nanoparticles with antimicrobial activity against foodborne pathogens. *Lwt*, 103, 293-300.
- Sousa-Gallagher, M. J., Tank, A., & Sousa, R. (2016). Emerging technologies to extend the shelf life and stability of fruits and vegetables. P. Subramaniam (Ed.), *The stability and shelf life of food* (pp. 399-430). Woodhead Publishing.
- Sunday, J. O., Sadiat, H. S., & Akpenpuun, T. D. (2023). Determination of the Effects of Silver Nano-Particle Packaging Materials on Storability of Tomatoes. *FUOYE J. Eng. Technol*, 8, 2579-2625.
- Suvarna, V., Nair, A., Mallya, R., Khan, T., & Omri, A. (2022). Antimicrobial nanomaterials for food packaging. *Antibiotics*, 11(6), 729.
- Sütyemez, M. (2021). Kahramanmaraş Ekolojik Şartlarında Karadutun (Urmo dut) Morfolojik, Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(3), 686-692.
- Şahin, K. G. (2019). Farklı yöntemlerle kurutulan enginarların (*cynara cardunculus* l. var. *scolymus*) fizikokimyasal özelliklerinin araştırılması ve kurutma karakteristiklerinin

- matematiksel modellenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 58 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- Tabakoğlu, N. (2016). Ozon gazı uygulamasının karadutun (*Morus nigra* L.) mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi üzerine etkisi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 66 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- Tabakoglu, N., & Karaca, H. (2018). Effects of ozone-enriched storage atmosphere on postharvest quality of black mulberry fruits (*Morus nigra* L.). *LWT*, 92, 276-281.
- Tarım ve Orman Bakanlığı, (2024). Tarım Ürünleri Piyasaları, Üzüm. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tarim%20Ürünleri%20Piyasaları/2024Temmuz%20Tarım%20Ürünleri%20Raporu/Üzüm%20Tarım%20Ürünleri%20Piyasaları%20Raporu%20Temmuz-2024-v5.pdf> (Erişim tarihi: 29.08.2024).
- Tarola, A. M., Van de Velde, F., Salvagni, L., & Preti, R. (2013). Determination of phenolic compounds in strawberries (*Fragaria ananassa* Duch) by high performance liquid chromatography with diode array detection. *Food Analytical Methods*, 6, 227-237.
- Taşova, M., Polatçı, H., & Yıldız, A. K. (2021). Determination of Drying Characteristics, Energy Consumption and Quality Values of Black Mulberry Fruit (*Morus nigra* L.) Dried Under Different Conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(2), 425-432.
- Teles, A. S. C., Chávez, D. W. H., Coelho, M. A. Z., Rosenthal, A., Gottschalk, L. M. F., & Tonon, R. V. (2021). Combination of enzyme-assisted extraction and high hydrostatic pressure for phenolic compounds recovery from grape pomace. *Journal of Food Engineering*, 288, 110128.
- Temizkan, R. (2017). Beyaz nektarin kalitesinin ısılmayan muhafaza yöntemleriyle korunması ve görüntü işleme teknikleriyle değerlendirilmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, 216 s (Doktora Tezi).
- Teshome, E., Teka, T. A., Nandasiri, R., Rout, J. R., Harouna, D. V., Astatkie, T., & Urugo, M. M. (2023). Fruit by-products and their industrial applications for nutritional benefits and health promotion: a comprehensive review. *Sustainability*, 15(10), 7840.
- Trotta, F., Da Silva, S., Massironi, A., Mirpoor, S. F., Lignou, S., Ghawi, S. K., & Charalampopoulos, D. (2023). Silver bionanocomposites as active food packaging: Recent advances & future trends tackling the food waste crisis. *Polymers*, 15(21), 4243.

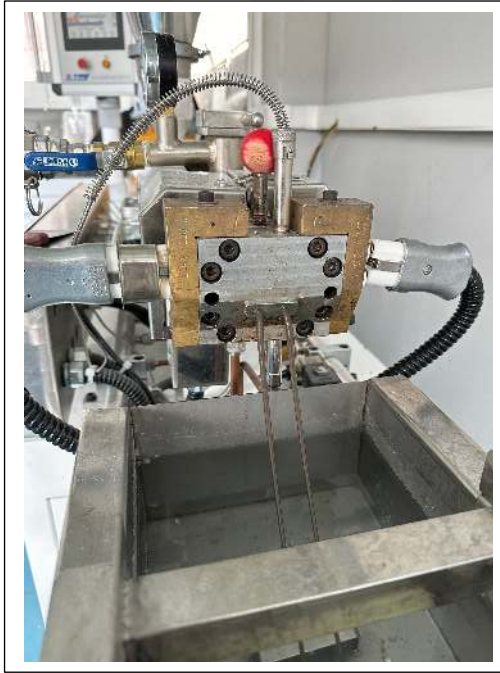
- TS EN ISO 4833-1:2014. Gıda zinciri mikrobiyolojisi - Mikroorganizmaların sayımı için yatay yöntem - Bölüm 1: Dökme plak tekniğiyle 30 °C'ta koloni sayımı. 2014.
- Tseng, A., & Zhao, Y. (2013). Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food chemistry*, 138(1), 356-365.
- Tsironi, T., Dermesonlouoglou, E., Giannoglou, M., Gogou, E., Katsaros, G., & Taoukis, P. (2017). Shelf-life prediction models for ready-to-eat fresh cut salads: Testing in real cold chain. *International Journal of Food Microbiology*, 240, 131-140.
- Türk, F.H. (2009). Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde farklı dönemlerde alınan yapraklardaki fenolik ve mineral madde değişimlerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta, 113 s (Doktora tezi).
- Umaz, A., Koç, A., Baran, M. F., Keskin, C., & Atalar, M. N. (2019). Hypericum Triquetrifolium Turra bitkisinden gümüş nanopartiküllerin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobial etkinliğinin incelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1467-1475.
- Üçüncü, M. (2011). Gıda Ambalajlama Teknolojisi. Ambalaj Sanayicileri Derneği. İstanbul.
- Wang, M., Simon, J. E., Aviles, I. F., He, K., Zheng, Q. Y., & Tadmor, Y. (2003). Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Journal of agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 601-608.
- Wang, W., Yu, Z., Alsammarraie, F. K., Kong, F., Lin, M., & Mustapha, A. (2020). Properties and antimicrobial activity of polyvinyl alcohol-modified bacterial nanocellulose packaging films incorporated with silver nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 100, 105411.
- Wang, L., Periyasami, G., Aldalbahi, A., & Fogliano, V. 2021. The antimicrobial activity of silver nanoparticles biocomposite films depends on the silver ions release behaviour, *Food chemistry*, 359, 129859.
- Waghmode, S. R., Dudhane, A. A., & Mhaindarkar, V. P. (2021). Syzygium cumini mediated green synthesis of silver nanoparticles for reduction of 4-nitrophenol and assessment of its antibacterial activity. A. Sharma (Ed.), *Nanocomposite materials for biomedical and energy storage applications*. IntechOpen.
- Wasilewska, A., Klekotka, U., Zambrzycka, M., Zambrowski, G., Świącicka, I., & Kalska-Szostko, B. (2023). Physico-chemical properties and antimicrobial activity of silver nanoparticles fabricated by green synthesis. *Food Chemistry*, 400, 133960.

- Wu, Z., Deng, W., Luo, J., & Deng, D. (2019). Multifunctional nano-cellulose composite films with grape seed extracts and immobilized silver nanoparticles. *Carbohydrate polymers*, 205, 447-455.
- Vadakkan, K., Rumjit, N. P., Ngangbam, A. K., Vijayanand, S., & Nedumpillil, N. K. (2024). Novel advancements in the sustainable green synthesis approach of silver nanoparticles (AgNPs) for antibacterial therapeutic applications. *Coordination Chemistry Reviews*, 499, 215528.
- Valls, J., Agnolet, S., Haas, F., Struffi, I., Ciesa, F., Robatscher, P. ve Oberhuber, M. (2017) Lagrein üzüm porasının fenolik bileşikler kaynağı olarak değerlendirilmesi: Antosiyaninler, flavanoller ve antioksidan aktivite içeriğinin analizi. *Avrupa Gıda Araştırma ve Teknolojisi*, 243(12), 2211-2224.
- Vorobyova, V. I., Vasyliiev, G. S., Pylypenko, I. V., & Khrokalo, L. A. (2022). Preparation, characterization, and antibacterial properties of “green” synthesis of Ag nanoparticles and AgNPs/kaolin composite. *Applied Nanoscience*, 1-8.
- Yadav, R., Ray, A., & Neeraj. (2015). Active packaging-an innovative concept for fruits and vegetables. *Annals of Agri-Bio Research*, 20(2), 283-285.
- Yadav, S., Malik, K., Moore, J. M., Kamboj, B. R., Malik, S., Malik, V. K., Arya, S., Singh, K., Shikhadri, M., & Bishnoi, D. K. (2024). Valorisation of Agri-Food Waste for Bioactive Compounds: Recent Trends and Future Sustainable Challenges. *Molecules*, 29(9), 2055.
- Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zhao, L. Y., Zheng, Y. H., & Hu, Q. H. (2010). Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 °C. *Journal of food science*, 75(3), C236-C240.
- Yang, X., Niu, Y., Fan, Y., Zheng, T., & Fan, J. (2024). Green synthesis of Poria cocos polysaccharides-silver nanoparticles and their applications in food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 269, 131928.
- Yao, P., Zhang, J., Xing, T., Chen, G., Tao, R., & Choo, K. H. (2018). Green synthesis of silver nanoparticles using grape seed extract and their application for reductive catalysis of Direct Orange 26. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 58, 74-79.
- Yildirim, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B. & Coma, V. (2018). 317(1), 165-199.

- Yousefi, A., Hosseini, E., Sharifan, A., & Pourahmad, R. (2024). Application of gelatin-silver nanocomposite film as an active packaging material in toast bread. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(3), 2397-2408.
- Zeybek, G., & Turgay, Ö. (2023). Kitosan Kaplanmış Çileğin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Raf Ömrünün Araştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 1338-1352.
- Zhang, J., Si, G., Zou, J., Fan, R., Guo, A., & Wei, X. (2017). Antimicrobial effects of silver nanoparticles synthesized by *Fatsia japonica* leaf extracts for preservation of citrus fruits. *Journal of food science*, 82(8), 1861-1866.
- Zhang, C., Li, W., Zhu, B., Chen, H., Chi, H., Li, L., Qin, Y. & Xue, J. (2018). The quality evaluation of postharvest strawberries stored in nano-Ag packages at refrigeration temperature. *Polymers*, 10(8), 894.
- Zhang, D. Y., Yang, J. X., Liu, E. J., Hu, R. Z., Yao, X. H., Chen, T., Zhao, W. G., Liu, L., & Fu, Y. J. (2022). Soft and elastic silver nanoparticle-cellulose sponge as fresh-keeping packaging to protect strawberries from physical damage and microbial invasion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 211, 470-480.
- Zhang, L., Sathiyaseelan, A., Zhang, X., Lu, Y., & Wang, M. H. (2024). Development and Analysis of Silver Nitroprusside Nanoparticle-Incorporated Sodium Alginate Films for Banana Browning Prevention. *Nanomaterials*, 14(3), 292.
- Zhong, X., Zhang, M., Tang, T., Adhikari, B., & Ma, Y. (2023). Advances in intelligent detection, monitoring, and control for preserving the quality of fresh fruits and vegetables in the supply chain. *Food Bioscience*, 56, 103350.
- Zorraquín-Peña, I., Cueva, C., Bartolomé, B., & Moreno-Arribas, M. V. (2020). Silver nanoparticles against foodborne bacteria. Effects at intestinal level and health limitations. *Microorganisms*, 8(1), 132.

EKLER

EK A.1. Aktif ambalaj film üretimine ait görseller

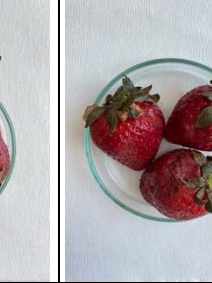
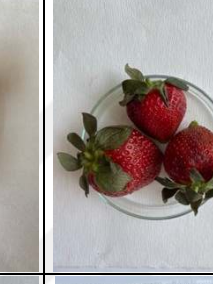
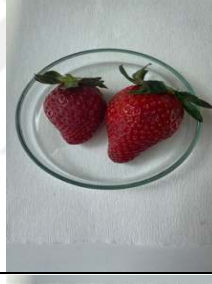
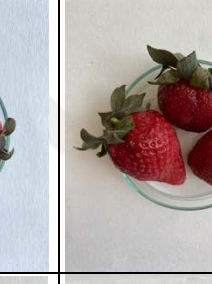
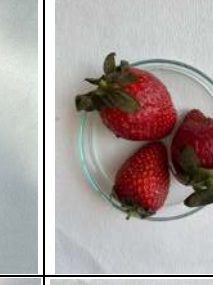
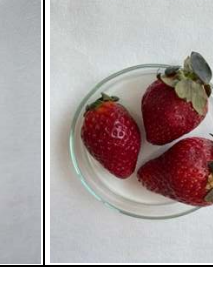




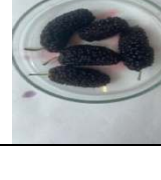


EK B.1. Ambalajlanan ürünlerin farklı depolama ait görseller

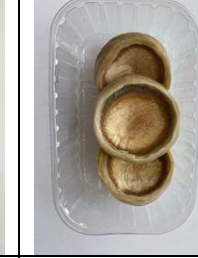
Tablo 1. Çilek örneklerine ilişkin görseller

DEPOLAMA					
	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K					
0,5 YP					
1 YP					
0,5 PS					
1 PS					

Tablo 2. Karadut örneklerine ilişkin görseller

DEPOLAMA					
	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K					
0,5 YP					
1 YP					
0,5 PS					
1 PS					

Tablo 3. Enginar örneklerine ilişkin görseller

DEPOLAMA					
	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K					
0,5 YP					
1 YP					
0,5 PS					
1 PS					

Tablo 4. Hazır salata örneklerine ilişkin görseller

DEPOLAMA					
	3. Gün	5. Gün	7.Gün	10. Gün	15. Gün
K					
0,5 YP					
1 YP					
0,5 PS					
1 PS					

EK C.1. Central Composite Design Deneme Desenleri

Tablo 1. Central Composite Design Deneme Deseni (Çalkalamalı İnkübatör)

Deney No	Dönme hızı (rpm) (X1)	Süre (saat) (X2)
1	150	12
2	100	12
3	100	20
4	200	4
5	150	4
6	200	12
7	150	12
8	150	12
9	200	20
10	150	20
11	150	12
12	150	12
13	100	4

Tablo 2. Central Composite Design Deneme Deseni (Mikrodalga)

Deney No	Güç (W) (X1)	Süre (dakika) (X2)
1	388	3
2	536	1
3	388	3
4	536	5
5	388	3
6	240	5
7	388	1
8	388	3
9	388	3
10	536	3
11	240	1
12	240	3
13	388	5

Tablo 3. Central Composite Design Deneme Deseni (Ultrasonik Su Banyosu)

Deney No	Güç (%) (X1)	Süre (dakika) (X2)
1	75	15
2	100	15
3	75	15
4	50	5
5	100	25
6	75	15
7	75	15
8	75	5
9	75	15
10	50	15
11	100	5
12	75	25
13	50	25

EK D.1. Örneklerine ilişkin two way varyans analizi tabloları**Tablo 1.** Çilek örneklerinin nem değerlerine ait two way varyans analizi**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Nem

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	99.934 ^a	29	3.446	13.152	<.001
Intercept	949505.434	1	949505.434	3623975.400	<.001
örnekgrubu	9.274	4	2.319	8.849	<.001
gün	61.007	5	12.201	46.569	<.001
örnekgrubu * gün	31.219	20	1.561	5.958	<.001
Error	22.533	86	.262		
Total	957857.739	116			
Corrected Total	122.466	115			

a. R Squared = .816 (Adjusted R Squared = .754)

Tablo 2. Çilek örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: suakt					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.021 ^a	29	.001	17.578	<.001
Intercept	97.937	1	97.937	2364064.789	<.001
örnekgrubu	.002	4	.000	9.770	<.001
gün	.011	5	.002	54.648	<.001
örnekgrubu * gün	.008	20	.000	9.517	<.001
Error	.004	87	4.143E-5		
Total	99.741	117			
Corrected Total	.025	116			

a. R Squared = .854 (Adjusted R Squared = .806)

Tablo 3. Çilek örneklerinin pH değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: pH					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.606 ^a	29	.124	4.813	<.001
Intercept	1463.237	1	1463.237	56638.633	<.001
örnekgrubu	.674	4	.169	6.527	<.001
gün	1.742	5	.348	13.482	<.001
örnekgrubu * gün	1.116	20	.056	2.159	.008
Error	2.196	85	.026		
Total	1510.058	115			
Corrected Total	5.802	114			

a. R Squared = .622 (Adjusted R Squared = .492)

Tablo 4. Çilek örneklerinin suda çözünür kuru madde değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Briks					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	80.521 ^a	29	2.777	11.200	<.001
Intercept	8270.261	1	8270.261	33359.035	<.001
örnekgrubu	2.214	4	.553	2.232	.073
gün	73.711	5	14.742	59.464	<.001

örnekgrubu * gün	3.544	20	.177	.715	.800
Error	19.833	80	.248		
Total	8496.000	110			
Corrected Total	100.355	109			

a. R Squared = .802 (Adjusted R Squared = .731)

Tablo 5. Çilek örneklerinin L* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Lcilek

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	657.172 ^a	29	22.661	5.975	<.001
Intercept	448883.820	1	448883.820	118352.747	<.001
örnekgrubu	32.384	4	8.096	2.135	.075
gün	489.239	5	97.848	25.799	<.001
örnekgrubu * gün	146.334	20	7.317	1.929	.009
Error	1885.003	497	3.793		
Total	455241.866	527			
Corrected Total	2542.174	526			

a. R Squared = .259 (Adjusted R Squared = .215)

Tablo 6. Çilek örneklerinin a* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: acilek

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1391.415 ^a	29	47.980	5.276	<.001
Intercept	196665.942	1	196665.942	21627.408	<.001
örnekgrubu	57.311	4	14.328	1.576	.180
gün	910.264	5	182.053	20.020	<.001
örnekgrubu * gün	373.820	20	18.691	2.055	.005
Error	3801.027	418	9.093		
Total	267914.054	448			
Corrected Total	5192.442	447			

a. R Squared = .268 (Adjusted R Squared = .217)

Tablo 7. Çilek örneklerinin b* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: bcilek

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1149.763 ^a	29	39.647	3.621	<.001

Intercept	88958.393	1	88958.393	8124.830	<.001
örnekgrubu	108.755	4	27.189	2.483	.043
gün	558.322	5	111.664	10.199	<.001
örnekgrubu * gün	446.619	20	22.331	2.040	.005
Error	5036.519	460	10.949		
Total	101137.386	490			
Corrected Total	6186.282	489			

a. R Squared = .186 (Adjusted R Squared = .135)

Tablo 8. Çilek örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ÇilekFenolik

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14241.748 ^a	29	491.095	79.567	<.001
Intercept	264914.701	1	264914.701	42921.173	<.001
örnekgrubu	808.811	4	202.203	32.761	<.001
gün	9537.351	5	1907.470	309.046	<.001
örnekgrubu * gün	3320.348	20	166.017	26.898	<.001
Error	462.909	75	6.172		
Total	298062.296	105			
Corrected Total	14704.657	104			

a. R Squared = .969 (Adjusted R Squared = .956)

Tablo 9. Çilek örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ÇilekAntioksidan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	564.803 ^a	29	19.476	9.678	<.001
Intercept	8378.253	1	8378.253	4163.255	<.001
örnekgrubu	4.122	4	1.030	.512	.727
gün	338.690	5	67.738	33.660	<.001
örnekgrubu * gün	221.991	20	11.100	5.515	<.001
Error	60.373	30	2.012		
Total	9003.429	60			
Corrected Total	625.176	59			

a. R Squared = .903 (Adjusted R Squared = .810)

Tablo 10. Çilek örneklerinin TAMB değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: TAMB					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	28.480 ^a	29	.982	6.796	<.001
Intercept	867.160	1	867.160	6000.693	<.001
örnekgrubu	4.750	4	1.188	8.218	<.001
gün	13.387	5	2.677	18.527	<.001
örnekgrubu * gün	10.343	20	.517	3.579	<.001
Error	4.335	30	.145		
Total	899.976	60			
Corrected Total	32.815	59			

a. R Squared = .868 (Adjusted R Squared = .740)

Tablo 11. Çilek örneklerinin Maya-Küf değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: MayaKuf					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18.075 ^a	29	.623	5.575	<.001
Intercept	703.290	1	703.290	6290.042	<.001
örnekgrubu	3.497	4	.874	7.820	<.001
gün	4.906	5	.981	8.775	<.001
örnekgrubu * gün	9.673	20	.484	4.325	<.001
Error	3.354	30	.112		
Total	724.719	60			
Corrected Total	21.430	59			

a. R Squared = .843 (Adjusted R Squared = .692)

Tablo 12. Karadut örneklerinin nem değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Nem					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	98.573 ^a	29	3.399	5.078	<.001
Intercept	936119.579	1	936119.579	1398382.490	<.001
örnekgrubu	12.383	4	3.096	4.625	.002
gün	57.536	5	11.507	17.189	<.001

örnekgrubu * gün	28.654	20	1.433	2.140	.008
Error	60.249	90	.669		
Total	936278.400	120			
Corrected Total	158.821	119			

a. R Squared = .621 (Adjusted R Squared = .498)

Tablo 13. Karadut örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: suakt

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.017 ^a	29	.001	9.406	<.001
Intercept	95.705	1	95.705	1496959.833	<.001
örnekgrubu	.000	4	9.199E-5	1.439	.228
gün	.015	5	.003	48.224	<.001
örnekgrubu * gün	.001	20	7.252E-5	1.134	.332
Error	.005	86	6.393E-5		
Total	98.622	116			
Corrected Total	.023	115			

a. R Squared = .760 (Adjusted R Squared = .679)

Tablo 14. Karadut örneklerinin pH değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.702 ^a	29	.128	17.201	<.001
Intercept	1564.770	1	1564.770	210864.411	<.001
örnekgrubu	.374	4	.093	12.592	<.001
gün	1.995	5	.399	53.767	<.001
örnekgrubu * gün	1.353	20	.068	9.115	<.001
Error	.653	88	.007		
Total	1590.824	118			
Corrected Total	4.355	117			

a. R Squared = .850 (Adjusted R Squared = .801)

Tablo 15. Karadut örneklerinin suda çözünür kuru madde (briks) değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Briks

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	119.654 ^a	29	4.126	12.602	<.001
Intercept	10416.389	1	10416.389	31814.047	<.001
örnekgrubu	3.378	4	.845	2.580	.043
gün	105.260	5	21.052	64.298	<.001
örnekgrubu * gün	11.513	20	.576	1.758	.039
Error	28.812	88	.327		
Total	10760.000	118			
Corrected Total	148.466	117			

a. R Squared = .806 (Adjusted R Squared = .742)

Tablo 16. Karadut örneklerinin L* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Lkaradut

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	534.645 ^a	29	18.436	4.434	<.001
Intercept	115956.195	1	115956.195	27887.937	<.001
örnekgrubu	4.765	4	1.191	.287	.887
gün	374.596	5	74.919	18.018	<.001
örnekgrubu * gün	132.485	20	6.624	1.593	.050
Error	2029.072	488	4.158		
Total	120560.579	518			
Corrected Total	2563.716	517			

a. R Squared = .209 (Adjusted R Squared = .162)

Tablo 17. Karadut örneklerinin a* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: akaradut

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1163.535 ^a	29	40.122	19.814	<.001
Intercept	5236.212	1	5236.212	2585.851	<.001
örnekgrubu	112.425	4	28.106	13.880	<.001
gün	721.177	5	144.235	71.229	<.001

örnekgrubu * gün	296.327	20	14.816	7.317	<.001
Error	957.800	473	2.025		
Total	7311.940	503			
Corrected Total	2121.335	502			

a. R Squared = .548 (Adjusted R Squared = .521)

Tablo 18. Karadut örneklerinin b* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: bkaradut					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	61.833 ^a	29	2.132	10.223	<.001
Intercept	298.049	1	298.049	1429.054	<.001
örnekgrubu	10.737	4	2.684	12.871	<.001
gün	21.780	5	4.356	20.886	<.001
örnekgrubu * gün	30.307	20	1.515	7.266	<.001
Error	78.629	377	.209		
Total	440.550	407			
Corrected Total	140.461	406			

a. R Squared = .440 (Adjusted R Squared = .397)

Tablo 19. Karadut örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: KaradutFenolik					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	66073.680 ^a	29	2278.403	213.441	<.001
Intercept	1417781.117	1	1417781.117	132817.918	<.001
örnekgrubu	8398.506	4	2099.626	196.693	<.001
gün	42297.963	5	8459.593	792.496	<.001
örnekgrubu * gün	15536.804	20	776.840	72.774	<.001
Error	736.549	69	10.675		
Total	1544061.793	99			
Corrected Total	66810.229	98			

a. R Squared = .989 (Adjusted R Squared = .984)

Tablo 20. Karadut örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: KaradutAntioksidan					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1892.643 ^a	29	65.264	7.360	<.001
Intercept	80681.334	1	80681.334	9098.670	<.001
örnekgrubu	271.177	4	67.794	7.645	<.001
gün	592.978	5	118.596	13.374	<.001
örnekgrubu * gün	1028.489	20	51.424	5.799	<.001
Error	266.021	30	8.867		
Total	82839.998	60			
Corrected Total	2158.664	59			

a. R Squared = .877 (Adjusted R Squared = .758)

Tablo 21. Karadut örneklerinin TAMB değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: TAMB					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	67.973 ^a	29	2.344	7.186	<.001
Intercept	1329.633	1	1329.633	4076.400	<.001
örnekgrubu	4.187	4	1.047	3.209	.026
gün	57.859	5	11.572	35.477	<.001
örnekgrubu * gün	5.927	20	.296	.908	.581
Error	9.785	30	.326		
Total	1407.392	60			
Corrected Total	77.759	59			

a. R Squared = .874 (Adjusted R Squared = .753)

Tablo 22. Karadut örneklerinin Maya-Küf değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: MayaKuf					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	25.218 ^a	29	.870	6.388	<.001
Intercept	1734.513	1	1734.513	12741.278	<.001
örnekgrubu	.795	4	.199	1.460	.239

gün	23.000	5	4.600	33.791	<.001
örnekgrubu * gün	1.423	20	.071	.523	.933
Error	4.084	30	.136		
Total	1763.815	60			
Corrected Total	29.302	59			

a. R Squared = .861 (Adjusted R Squared = .726)

Tablo 23. Enginar örneklerinin nem değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Nem					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	128.735 ^a	29	4.439	5.681	<.001
Intercept	796599.444	1	796599.444	1019495.794	<.001
örnekgrubu	8.302	4	2.076	2.656	.038
gün	82.509	5	16.502	21.119	<.001
örnekgrubu * gün	38.317	20	1.916	2.452	.002
Error	67.979	87	.781		
Total	811538.793	117			
Corrected Total	196.713	116			

a. R Squared = .654 (Adjusted R Squared = .539)

Tablo 24. Enginar örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: suakt					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.033 ^a	29	.001	9.734	<.001
Intercept	101.055	1	101.055	875295.429	<.001
örnekgrubu	.006	4	.002	13.594	<.001
gün	.018	5	.004	30.338	<.001
örnekgrubu * gün	.009	20	.000	3.810	<.001
Error	.010	90	.000		
Total	101.098	120			
Corrected Total	.043	119			

a. R Squared = .758 (Adjusted R Squared = .680)

Tablo 25. Enginar örneklerinin pH değerlerine ait two way varyans analizi**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.718 ^a	29	.163	5.019	<.001
Intercept	2884.482	1	2884.482	88986.648	<.001
örnekgrubu	1.292	4	.323	9.964	<.001
gün	2.041	5	.408	12.594	<.001
örnekgrubu * gün	1.337	20	.067	2.062	.011
Error	2.853	88	.032		
Total	2934.217	118			
Corrected Total	7.570	117			

a. R Squared = .623 (Adjusted R Squared = .499)

Tablo 26. Enginar örneklerinin L* değerlerine ait two way varyans analizi**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: L enginar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2649.460 ^a	29	91.361	5.121	<.001
Intercept	2367410.898	1	2367410.898	132698.134	<.001
örnekgrubu	349.423	4	87.356	4.896	<.001
gün	1059.860	5	211.972	11.881	<.001
örnekgrubu * gün	1226.301	20	61.315	3.437	<.001
Error	8777.562	492	17.841		
Total	2407077.876	522			
Corrected Total	11427.022	521			

a. R Squared = .232 (Adjusted R Squared = .187)

Tablo 27. Enginar örneklerinin a* değerlerine ait two way varyans analizi**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: a enginar

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	433.440 ^a	29	14.946	13.396	<.001
Intercept	412.230	1	412.230	369.475	<.001
örnekgrubu	50.480	4	12.620	11.311	<.001
gün	260.872	5	52.174	46.763	<.001
örnekgrubu * gün	114.665	20	5.733	5.139	<.001

Error	535.545	480	1.116		
Total	1477.786	510			
Corrected Total	968.986	509			

a. R Squared = .447 (Adjusted R Squared = .414)

Tablo 28. Enginar örneklerinin b* değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: benginar					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	995.250 ^a	29	34.319	3.672	<.001
Intercept	190913.628	1	190913.628	20424.487	<.001
örnekgrubu	174.464	4	43.616	4.666	.001
gün	427.397	5	85.479	9.145	<.001
örnekgrubu * gün	393.389	20	19.669	2.104	.004
Error	4767.119	510	9.347		
Total	196675.996	540			
Corrected Total	5762.368	539			

a. R Squared = .173 (Adjusted R Squared = .126)

Tablo 29. Enginar örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: EnginarFenolik					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2681.901 ^a	29	92.479	52.913	<.001
Intercept	76238.936	1	76238.936	43621.158	<.001
örnekgrubu	409.737	4	102.434	58.609	<.001
gün	1647.787	5	329.557	188.561	<.001
örnekgrubu * gün	490.478	20	24.524	14.032	<.001
Error	162.541	93	1.748		
Total	85296.014	123			
Corrected Total	2844.442	122			

a. R Squared = .943 (Adjusted R Squared = .925)

Tablo 30. Enginar örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: EnginarAntioksidan					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	56.031 ^a	29	1.932	3.332	<.001
Intercept	3058.919	1	3058.919	5275.650	<.001
örnekgrubu	2.913	4	.728	1.256	.309
gün	41.120	5	8.224	14.184	<.001
örnekgrubu * gün	11.999	20	.600	1.035	.456
Error	17.395	30	.580		
Total	3132.345	60			
Corrected Total	73.426	59			

a. R Squared = .763 (Adjusted R Squared = .534)

Tablo 31. Enginar örneklerinin TAMB değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: TAMB					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	26.595 ^a	29	.917	14.221	<.001
Intercept	564.942	1	564.942	8760.368	<.001
örnekgrubu	5.145	4	1.286	19.947	<.001
gün	11.819	5	2.364	36.654	<.001
örnekgrubu * gün	9.630	20	.482	7.467	<.001
Error	1.935	30	.064		
Total	593.471	60			
Corrected Total	28.529	59			

a. R Squared = .932 (Adjusted R Squared = .867)

Tablo 32. Hazır salata örneklerinin Nem değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Nem					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19.253 ^a	29	.664	6.557	<.001
Intercept	1053965.248	1	1053965.248	10409052.017	<.001

örnekgrubu	1.169	4	.292	2.887	.027
gün	14.931	5	2.986	29.491	<.001
örnekgrubu * gün	3.321	20	.166	1.640	.060
Error	9.012	89	.101		
Total	1056718.773	119			
Corrected Total	28.264	118			

a. R Squared = .681 (Adjusted R Squared = .577)

Tablo 33. Hazır salata örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: suakt

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.071 ^a	29	.002	20.564	<.001
Intercept	103.370	1	103.370	867866.974	<.001
örnekgrubu	.001	4	.000	2.157	.080
gün	.065	5	.013	109.685	<.001
örnekgrubu * gün	.005	20	.000	2.294	.004
Error	.010	88	.000		
Total	105.226	118			
Corrected Total	.082	117			

a. R Squared = .871 (Adjusted R Squared = .829)

Tablo 34. Hazır salata örneklerinin pH değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	22.010 ^a	29	.759	4.620	<.001
Intercept	4105.764	1	4105.764	24992.984	<.001
örnekgrubu	3.733	4	.933	5.681	<.001
gün	10.089	5	2.018	12.283	<.001
örnekgrubu * gün	8.187	20	.409	2.492	.002
Error	14.785	90	.164		
Total	4142.559	120			
Corrected Total	36.795	119			

a. R Squared = .598 (Adjusted R Squared = .469)

Tablo 35. Hazır salata örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: HazırsalataFenolik					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2713.507 ^a	29	93.569	35.641	<.001
Intercept	72096.429	1	72096.429	27461.804	<.001
örnekgrubu	175.618	4	43.904	16.723	<.001
gün	1905.729	5	381.146	145.180	<.001
örnekgrubu * gün	569.346	20	28.467	10.843	<.001
Error	315.040	120	2.625		
Total	75333.607	150			
Corrected Total	3028.547	149			

a. R Squared = .896 (Adjusted R Squared = .871)

Tablo 36. Hazır salata örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: HazırsalataAntioksidan					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	27.883 ^a	29	.961	2.305	.013
Intercept	1259.134	1	1259.134	3018.492	<.001
örnekgrubu	.783	4	.196	.469	.758
gün	17.352	5	3.470	8.319	<.001
örnekgrubu * gün	9.749	20	.487	1.169	.342
Error	12.514	30	.417		
Total	1299.531	60			
Corrected Total	40.397	59			

a. R Squared = .690 (Adjusted R Squared = .391)

Tablo 37. Hazır salata örneklerinin TAMB değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: TAMB					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18.524 ^a	29	.639	15.355	<.001
Intercept	3494.845	1	3494.845	84010.708	<.001
örnekgrubu	.325	4	.081	1.952	.128

gün	17.223	5	3.445	82.803	<.001
örnekgrubu * gün	.977	20	.049	1.174	.338
Error	1.248	30	.042		
Total	3514.618	60			
Corrected Total	19.772	59			

a. R Squared = .937 (Adjusted R Squared = .876)

Tablo 38. Hazır salata örneklerinin Maya-Küf değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: MayaKuf

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	14.010 ^a	29	.483	7.502	<.001
Intercept	2097.932	1	2097.932	32579.120	<.001
örnekgrubu	.456	4	.114	1.772	.161
gün	11.308	5	2.262	35.120	<.001
örnekgrubu * gün	2.245	20	.112	1.743	.082
Error	1.932	30	.064		
Total	2113.874	60			
Corrected Total	15.941	59			

a. R Squared = .879 (Adjusted R Squared = .762)

Tablo 39. Hazır salata örneklerinin koliform değerlerine ait two way varyans analizi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Koliform

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11.920 ^a	29	.411	2.118	.023
Intercept	2106.456	1	2106.456	10856.622	<.001
örnekgrubu	1.439	4	.360	1.854	.145
gün	4.242	5	.848	4.373	.004
örnekgrubu * gün	6.239	20	.312	1.608	.117
Error	5.821	30	.194		
Total	2124.197	60			
Corrected Total	17.741	59			

a. R Squared = .672 (Adjusted R Squared = .355)