



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİRAZ SAPI ÖZÜTÜ KULLANARAK YEŞİL
SENTEZ YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN GÜMÜŞ (Ag)
NANOPARTİKÜLLERİNİN ANTİBAKTERİYEL
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Miray KARAGÖZ

BURDUR, 2020

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
NANOBİLİM VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KİRAZ SAPI ÖZÜTÜ KULLANARAK YEŞİL
SENTEZ YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN GÜMÜŞ (Ag)
NANOPARTİKÜLLERİNİN ANTİBAKTERİYEL
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Miray KARAGÖZ

Danışman: Prof. Dr. Yasin ARSLAN

BURDUR, 2020

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Kiraz Sapı Özütü Kullanarak Yeşil Sentez Yöntemiyle Elde Edilen Gümüş (Ag) Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21 /12 /2020
(İmza)
Miray KARAGÖZ

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Yasin ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda antibakteriyel çalışmalarındaki yardımları içinsayın Prof. Gülden Başyigit KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Araştırmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm laboratuvar arkadaşlarım Diğdem TRAK ve Burcu KABAK'a çok teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen arkadaşım Sinan ÖZKAN ve Seda YELTEKİN'e teşekkür ederim.

563-YL-18No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Son olarak eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen tüm aile üyelerime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca babam Turan KARAGÖZ ve annem Özlem KARAGÖZ'e sonsuz güvenleri için çok teşekkür ederim.

Aralık,2020

Miray KARAGÖZ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1. Nanoteknoloji.....	3
2.2. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları	3
2.2.1. Tekstil Sektörü.....	4
2.2.2. Kozmetik Sektörü	4
2.2.3. Gıda Sektörü.....	5
2.2.4. Sağlık Sektörü	6
2.2.5. Savunma Sektörü	7
2.2.6. Elektronik Sektörü	7
2.2.7. Enerji Sektörü.....	7
2.3. Nanoteknolojinin Dünyadaki Konumu.....	8
2.4. Nanopartikül ve Sentezleme Yöntemleri.....	9
2.5. Yeşil Sentez	10
2.6. Gümüş Elementi ve Gümüş Nanopartikül	12
2.7. Gümüşün Antibakteriyel Etkisi.....	13
2.8. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonu	16
2.8.1. UV-Vis Spektrometre	16
2.8.2. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM).....	17
2.8.3. X-Işını Difraksiyonu (XRD)	17
2.8.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometre (FTIR)	17
2.9. Çalışmada Kullanılan Kiraz Sapı Biyometabolitinin Özellikleri.....	18
2.10. Literatür Çalışmaları.....	19
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.2. Aletler ve Cihazlar	24
3.3. Yeşil Sentez Yöntemi İle Gümüş Nanopartiküllerinin Eldesi	24
3.3.1. Kiraz Sapı Özütünün Hazırlanması	24
3.3.2. Gümüş Nanopartiküllerin (AgNP) Sentezlenmesi	26
3.4. Optimizasyon Çalışmaları	27
3.4.1. Özüt ve Ag Çözeltisi Derişimi Optimizasyonu	27
3.4.2. Zaman Optimizasyonu	27
3.5. AgNP'lerin Karakterizasyon Çalışmaları.....	27
3.6. AgNP'lerin Antibakteriyel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	28
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
4.1. AgNP Sentez Çalışmaları	30
4.1.1. Özüt ve Ag Çözeltisi Derişimi Optimizasyon Sonuçları	30
4.1.2. Zaman Optimizasyonu Sonuçları	33

4.2. Karakterizasyon Çalışmaları.....	34
4.2.1. UV-Vis Spektrometre Sonuçları	34
4.2.2. TEM Analiz Sonuçları.....	34
4.2.3. XRD Analiz Sonuçları.....	36
4.2.4. FTIR Sonuçları.....	37
4.3. AgNP'lerin Antibakteriyal Etkisi.....	38
5. SONUÇLAR.....	41
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ.....	50



ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Nanopartiküllerin tarımda uygulanması	6
Şekil 2.2. Nanopartikül Sentez Yöntemleri	10
Şekil 2.3. Yeşil Sentez avantajları	11
Şekil 2.4. Değişik şekil ve büyüklükteki AgNP ve AuNP'lerin renkleri	13
Şekil 2.5. Bazı gram pozitif ve gram negatif bakteri örnekleri	14
Şekil 3.1. Kurutulmuş kiraz sapı bitkisi	25
Şekil 3.2. Kurutulmuş kiraz sapı özütünün eldesi	25
Şekil 3.3. AgNP sentezi	26
Şekil 4.1. % 0,5 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar	31
Şekil 4.2. % 1,0 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar	31
Şekil 4.3. % 1,5 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar	32
Şekil 4.4. % 2,0 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar	32
Şekil 4.5. % 2,5 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar	33
Şekil 4.6. % 1,0 kiraz sapı özütü ve 10^{-2} M Ag çözeltisi ile farklı zamanlarda elde edilen spektrumlar	34
Şekil 4.7. AgNP'lerin TEM görüntüleri	35
Şekil 4.8. %1,0 kiraz sapı özütü ve 10^{-2} M Ag çözeltisi ile elde edilen AgNP'lerin X-ışını kırınım deseni	36
Şekil 4.9. Kiraz sapı özütü ve AgNP'lerin ATR-FTIR sonuçları	37

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Nanoteknolojinin Dünyadaki gelişimi	8
Tablo 2.2. Yeşil sentezin 12 prensibi (Das ve Chatterjee, 2019).....	11
Tablo 2.3. Optimum koşullar altında elde edilen konsantre kiraz sapı özütünün içerdği fenolik bileşikler ve miktarları	19
Tablo 4.1. Patojen bakterilere ait zon çapları (mm)	38



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ag	: Gümüş
AgNO₃	: Gümüş Nitrat
M	: Molar
m/V	: Kütle/Hacim
mL	: Mililitre
nm	: Nanometre
TEM	: Geçirimli Elektron Mikroskobu
UV-Vis	: Ultraviyole Görünür Bölge Spektrofotometresi
XRD	: X-ışını Difraksiyonu
FTIR	: Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi
µL	: Mikrolitre
%	: Yüzde
°C	: Derece Selsius

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Kiraz Sapı Özütü Kullanarak Yeşil Sentez Yöntemiyle Elde Edilen Gümüş (Ag) Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Özelliklerinin Araştırılması

Miray KARAGÖZ

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yasin ARSLAN

Aralık, 2020

Bu tez çalışmasında, gümüş nanopartiküllerinin (AgNP) sentezi, yeşil sentez yöntemi kullanılarak kurutulmuş kiraz sapı özütü ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda nanopartiküllerin sentezinde önemli rol oynayan özüt ve eklenen metal derişimi ve sentez süresi parametrelerinin optimizasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda optimum özüt derişimi %1,0, Ag çözeltisi derişimi 10^{-2} M, sentez süresi ise 48 saat olarak belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bu şartlarda elde edilen AgNP'lerin karakterizasyon çalışmaları UV-Vis Spektrofotometresi, Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM), X-Işını Kırınım Difraktometresi(XRD), veFourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR) yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son olarak sentezlenen AgNP'lerin gram pozitif *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Listeria monocytogenes* ASKK472, *Bacillus cereus* ATTC11778, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300ve gram negatif *Salmonella Typhimurium* ATTC 14028, *Enterobacter aerogenes* ATTC 13048, *Klebsiella pneumoniae*,*Escherichia coli* 0157:H7,*SalmonellaEnterocolitica*, *Escherichia coli* 0157:H7ATTC 43895, *Escherichia coli* ATTC 35150 bakterilerine karşı etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler:gümüş nanopartikül, yeşil sentez, kiraz sapı, antibakteriyel özellik

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 563-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Investigation of Antibacterial Properties of Silver (Ag) Nanoparticles Obtained by Green Synthesis Using Cherry Stalk Extract

Miray KARAGÖZ

Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Nanoscience and Nanotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Yasin ARSLAN

December, 2020

In this thesis study, the synthesis of silver nanoparticles (AgNP) was carried out using the green synthesis method with dried cherry stalk extract. The optimization of the extract and added metal concentration and synthesis time parameters, which play an important role in the synthesis of nanoparticles, were performed in the studies. In this context, the optimum extract concentration, Ag solution concentration and the synthesis time were found to be %1,0, 10^{-2} M and 48 h, respectively. In addition, the characterization studies of AgNPs obtained under these optimum conditions were carried out using UV-Vis Spectrophotometer, Transmissive Electron Microscope (TEM), X-Ray Diffractometer (XRD), and Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) methods. Finally, the antibacterial activities of synthesized AgNPs were investigated against gram-positive bacteria, such as *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Listeria monocytogenes* ASKK472, *Bacillus cereus* ATTC11778, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300 and gram-negative bacteria, such as *Salmonella Typhimurium* ATTC 14028, *Enterobacter aerogenes* ATTC 13048, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella Enterocolitica*, *Escherichia coli* 0157:H7 ATTC 43895, *Escherichia coli* ATTC 35150.

Keywords: silver nanoparticle, green synthesis, cherry stalk, antibacterial property

The present M.Sc. Thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Commission under the Project number of 563-YL-18.

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, materyalleri nanometre seviyesinde ölçülebilecek düzeyde işleyen ve çeşitli bilim dallarının birleştiği multidisipliner bir teknolojidir (Ünal, 2019). Son yıllarda nanoteknoloji, mekanik, optik, biyomedikal bilimler, kimya endüstrisi, elektronik, uzay endüstrisi, ilaç-gen dağıtımı, enerji bilimi, kataliz, optoelektronik cihazlar ve fotoelektrokimyasal uygulamalar gibi çeşitli alanlarda önem kazanmıştır.

Nanopartiküller, küçük boyutları ve büyük yüzey/hacim oranları nedeniyle mekanik, biyolojik, sterik özellikler, termal ve elektriksel iletkenlik gibi kimyasal ve fiziksel özelliklerinde görülen gelişmeler nedeniyle günümüzde çok fazla ilgi görmektedir. Özellikle gümüş nanopartiküller (AgNP), farklı uygulama alanlarında en yaygın kullanılan nanopartiküllerin başında gelmektedir. Özellikle AgNP'lerin, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Vibria cholera*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Syphillis typhus* ve *Staphylococcus aureus* gibi bulaşıcı organizmalara karşı potansiyel antibakteriyel etki göstermesinden dolayı AgNP'lerin antimikrobiyal özelliği büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla AgNP'ler, tıp alanında, çeşitli endüstrilerde, hayvancılık, ambalajlama, aksesuar, kozmetik, sağlık ve askeri gibi farklı uygulama alanında başarıyla kullanılmaktadır (Iravani, 2011).

Nanopartiküllerin geleneksel olarak fiziksel ve kimyasal yöntemlerle sentezlenmesi, sıcaklık/basınç koşulları, pahalı ve zararlı kimyasal kullanılması, uzun reaksiyon süresi, ve/veya zararlı yan ürünlerin oluşumu gibi bazı olumsuz etkilere sahiptir. Bu nedenle son yıllarda nanopartiküllerin yeşil sentezi büyük önem kazanmış ve en çok tercih edilen yöntemlerden biri haline gelmiştir. Çünkü yeşil sentez yöntemi, basit, ucuz, daha az zaman tüketimi, zararlı olmayan yan ürünler ve büyük ölçekli sentez gibi çok önemli avantajlara sahiptir (Senthilkumar ve Sivakumar, 2014). Yeşil sentez yöntemi ile nanopartikül eldesinde, bakteriler, mantarlar, yosunlar gibi mikroorganizmalar ile birlikte bitkiler de kullanılabilir. Bu belirtilen biyometabolitler arasında, kolay ulaşılabilirliği ve mikroorganizmalarla çalışılırken gerçekleştirilmesi gereken ön deneysel çalışmalara gereksinim duyulmadığı için bitkiler en iyi biyometabolit aday olmakla birlikte bitkilerin yaprak, kök, lateks, tohum ve sap gibi bitki kısımları ile nanopartiküllerin büyük ölçekli sentezi kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir (Kharissova vd., 2013).

Bu tez kapsamında yeşil sentez yöntemi ile kurutulmuş kiraz sapı özütü kullanılarak AgNP'lerin sentez çalışmaları yürütülmüş ve AgNP'lerin sentezine etki eden

özüt derişimi, gümüş tuzu derişimi ve sentez süresi optimizasyonları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, optimum özüt derişimi %1, optimum gümüş tuzu derişimi 10^{-2} M ve optimum sentez süresi 48 saat olarak belirlenmiştir. Optimum sentez şartları belirlendikten sonra, Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) ve X-Işını Difraksiyonu (XRD) kullanılarak karakterizasyon çalışmaları sonucunda elde edilen gümüş nanopartiküllerin ortalama çaplarının 13 nm ve kristal yapısının yüzey merkezli kübik yapıda olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometre (FTIR) kullanılarak gerçekleştirilen ölçümler ile nanopartiküllerin sentezlenmesinde rol oynayan indirgeyici ve kararlaştırıcı ajanlar belirlenmiştir. Son olarak AgNP'lerin gram pozitif *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Listeria monocytogenes* ASKK472, *Bacillus cereus* ATTC11778, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300 ve gram negatif *Salmonella Typhimurium* ATTC 14028, *Enterobacter aerogenes* ATTC 13048, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella Enterocolitica*, *Escherichia coli* 0157:H7 ATTC 43895, *Escherichia coli* ATTC 35150 bakterilerine karşı testleri yapılmış ve inhibisyon olarak en yüksek etkiyi *Salmonella Enterocolitica* bakterisine karşı göstermiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, nanometre ölçeğinde en az bir boyuta sahip, bir ila birkaç yüz nanometre arasında değişen maddelerin incelendiği veya işlendiği bilim dalıdır. Bir nanometrenin boyutunu açıklamak için bazı örnekler vermek gerekirse, tek bir insan saçı telinin genişliğini oluşturmak 50.000 nm alırken, bir metrenin ölçüsüne kıyasla bir nanometre, Dünya'nın boyutuna kıyasla bir golf topuyla kabaca aynı orandadır (Allhoff vd.,2010).

“Nanoteknoloji” terimi ilk defa 1974 yılında Norio Taniguchi tarafından “Nano-Teknoloji'nin Temel Kavramı Üzerine” başlıklı bir makalede kullanılmıştır. Bu yazıda Taniguchi, Nanoteknoloji’yi, malzemeleri nanometre düzeyinde tasarlayan teknoloji olarak tanımlamıştır. Ancak modern nanoteknolojinin tarihi daha eski yıllara kadar dayanmakta ve Aralık 1959'da Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde Richard Feynman tarafından “Altta Çok Oda Var” adlı bir konuşmaya kadar uzanmaktadır (Allhoff vd., 2010).

Nanomalzemeler, genel olarak üç farklı şekilde incelenmektedir. Nanomalzemelerin üç boyutunda birkaç yüz nanometreden daha düşük olması durumunda malzeme “nanoparçacık”, sadece iki boyutu birkaç yüz nanometreden daha düşükse, “nanotüp” veya “nanotel”, son olarak sadece bir boyutu birkaç yüz nanometreden daha düşük ise bu yapılar, “nanofilm” olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca nanomalzemeler, metaller (altın, gümüş nanopartiküller vb.), metal oksitler (titanyum dioksit, çinko oksit vb.), yarı iletkenler (silikon veya karbon nanotüpler) olmak üzere malzeme niteliğine göre de farklı şekilde sınıflandırılabilir (Schaming ve Remita,2015).

2.2. Nanoteknolojinin Uygulama Alanları

Günümüzde insanlar, sadece iş yükünü azaltmakla kalmayıp aynı zamanda işlerini asgari çabayla daha hızlı gerçekleştirmesine yardımcı olan küçük, güvenli, ucuz ve hızlı çalışan ürünleri tercih etmektedir. Mikro-çip, nano kapsüller, karbon tüpler, hafıza kartları gibi daha küçük aletlerin geliştirilmesi, nakliye ve depolama problemlerini azaltan çok daha hızlı ve güvenilir ürünlerin geliştirilmesinde “Nanoteknoloji” çok önemli rol oynamaktadır (Patra ve Gouda, 2013). Aşağıda nanoteknolojinin en çok kullanıldığı bazı uygulama alanları anlatılmıştır.

2.2.1. Tekstil Sektörü

Nanoteknolojinin etkilediği uygulama alanlarından ilki tekstil sektörüdür. Nanoteknoloji sayesinde, üstün dayanıklılık, yumuşaklık, yırtılma direnci, aşınma direnci, dayanıklı baskı ve kırışıklık direnci gibi bazı gelişmiş kumaşların üretimi gerçekleştirilmiştir. Nanoteknolojinin tekstil endüstrisine uygulanması, kumaşların dayanıklılığını, rahatlığını, hijyenik özelliklerini arttırmış ve ayrıca üretim maliyetini de azaltmıştır. Ayrıca nanoteknolojinin kullanımı tekstil ürünlerinin çok işlevli olmasına ve antibakteriyel, UV koruması, kolay temizlenebilir, su ve leke tutmama ve koku önleyici gibi özel işlevlere sahip kumaşlar üretilmesine olanak tanımıştır.

AgNP'ler, doğal antibakteriyel ve mantar önleyici özellikleri nedeniyle tekstil sektöründe çokça kullanılmaktadır. Çünkü gümüş, enfeksiyon, koku, kaşıntı ve yaralara neden olan bakteri ve mantarların çoğalmasını ve büyümesini engellemektedir (Patra ve Gouda, 2013).

2.2.2. Kozmetik Sektörü

Kozmetik, nanoteknolojinin dahil olduğu bir diğer uygulama alanıdır. Dünyanın en büyük kozmetik şirketi olan L'Oreal, 17 milyar dolarlık gelirinin yaklaşık 600 milyon dolarını nano patentlere ayırmaktadır. Nanoteknoloji alanında 192 patenti bulunan L'Oreal, şu anda Amerika Birleşik Devletleri'ndeki nano patentler arasında 6. sıradadır. Fransa'dan Christian Dior, Procter&Gamble, Shiseido, Estee Lauder ve Revlon, Pureology, Neutrogena, Johnson&Johnson, Avon gibi diğer markalar da benzer şekilde nanoparçacıkları kendi ürünlerinde kullanmaya başlamışlardır (Grobe vd, 2008).

Kozmetiklerde bazı nanoteknoloji uygulamaları:

- Etkili UV korumalı güneşten koruyucular,
- Uzun süre kalıcı makyaj,
- Artan vitamin veya enzim alımına sahip yaşlanma karşıtı kremler,
- Diş macunu,
- Saç bakımı veya renklendirici ürünler vd.,

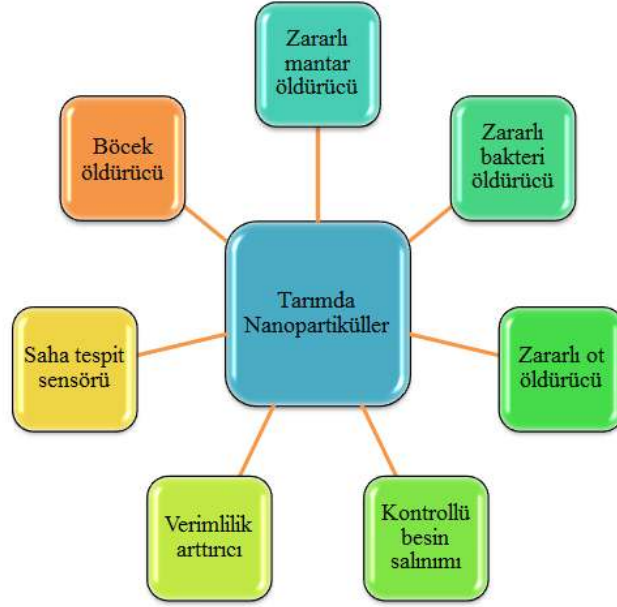
AgNP'ler, antibakteriyel özellikleri nedeniyle kozmetiklerde akne karşıtı preparasyonda ve atopik dermatit gibi bazı cilt hastalıkları için kullanılmaktadır. Ayrıca, diş macunlarına ve şampuanlara da koruyucu olarak eklenebilmektedir (Gajbhiye ve Sakharwade, 2016).

2.2.3. Gıda Sektörü

Nanoteknoloji, istenmeyen tat ve kokuları maskelemek, hassas besinleri korumak, çözünürlüğü artırmak ve topaklanma özelliklerini iyileştirmek için gıda işlemede de uygulanmaktadır. Ayrıca fonksiyonel, etkileşimli ve çok bileşenli gıdaların oluşturulmasında, lezzet ve dokunun iyileştirilmesinde ve gıdaların raf ömrünün arttırılması işlemlerinde de kullanılmaktadır.

Gıda güvenliği, gıdaların işleme, paketlenme, depolama ve dağıtım yoluyla kimyasal, biyolojik, fiziksel ve radyasyon etkisinden korunmasını ifade etmektedir. Mikrobiyal büyümeyi kontrol etmek, bozulmayı önlemek ve gıda güvenliğini sağlamak için günümüzde bir dizi antimikrobiyal ambalaj malzemesi kullanılmaktadır. AgNP'ler, bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü bakteriler ve diğer patojenik mikroorganizmalar üzerinde geniş bir spektrum etkisine sahip oldukları bilinmektedir. Ayrıca AgNP'ler, meyve olgunlaşması sürecinde meyve ve sebzelerin bozulmasını hızlandıran *etilen* kimyasalını emerek bozulabilir ürünlerin raf ömrünü uzatmaya da yardımcı olmaktadır (Echiegu, 2017).

Mantar hastalıkları, mahsul sorunlarının yüzde 70'inden fazlasını oluşturmakta ve çiftçiler/tüccarlar için büyük bir ekonomik soruna neden olmaktadır. Pirinç, pamuk, buğday, yer fıstığı, asma ve arpa dahil olmak üzere en çok işlem gören mahsullerin çoğu mantar enfeksiyonuna yatkındır. Geleneksel mantar öldürücüler, mantarla mücadelede kullanılmakta, ancak bu ürünlerin sağlık ve çevresel komplikasyonları gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Mevcut araştırmalar nanopartiküllerin çok çeşitli patojenlere karşı son derece etkili olduğunu kanıtlamıştır. Örneğin kuşkonmazda mantar saldırılarını tedavi etmek için gümüş kullanılmaktadır (Ashour, 2018). Ayrıca nanopartiküllerin gıda sektöründe kullanıldığı diğer alanlar da Şekil 2.1'de özetlenmiştir.



Şekil 2.1. Nanopartiküllerin tarımda uygulanması (Ashour,2018).

2.2.4. Sağlık Sektörü

Nanoteknoloji, nanotıp olarak adlandırılan sağlık ve tıp alanlarındaki uygulamalarda da kullanılmaktadır. Nanotıp yaklaşımlar, nanomalzemelerin tıbbi kullanımından, nanoelektronik biyosensörlere ve hatta gelecekteki moleküler nanoteknoloji uygulamalarına kadar uzanmaktadır. Ayrıca nanotıp, erken teşhis ve önleme sağlama ve temel olarak hastalıkların tanı, tedavi ve takibini geliştirme potansiyeline sahiptir (Yousaf ve Ali 2008).

İlk nanopartikül ilaç sistemi, 1974'te Dr. Gregoriadis tarafından önerilmiştir. Bugün farklı formülasyonlara sahip çeşitli nanoparçacıklar, klinikte kullanılan polimer miseller, emülsiyon ve katı partiküller olarak tasarlanmıştır. Örnek olarak, nano yapılı ilaçlar Caelyx®, Doxil®, Transdrug®, Abraxane® halen kanser tedavisinde kullanılmaktadır (Gregoriadis vd., 1974).

Metal nanopartiküllerin, tıp ve eczacılıkta birçok önemli uygulama alanı vardır ve AgNP ve altın nanopartiküller (AuNP'ler), bu alanda en yaygın kullanılan nanopartiküllerin başında gelmektedir. AgNP'ler, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Vibria cholera*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Syphillis typhus* ve *Staphylococcus aureus* gibi bulaşıcı organizmalara karşı potansiyel antimikrobiyal etkiler göstermektedir (Iravani, 2011). Ayrıca AgNP'lerin etkili bir antikanser olduğu belirlenmiştir. Örneğin Sankar ve arkadaşları,

yararlı olduğu bulunan sulu *Origanum vulgare* (kekik) özütü kullanarak yeşil sentez ile AgNP'leri sentezlemişler ve nanopartiküllerin antibakteriyel ve antikanser özelliklerini ortaya koymuşlardır (Sankar vd., 2013).

2.2.5. Savunma Sektörü

Savunma sektörünün hedefi askeri ihtiyaçların giderilmesi için kimyasal ve biyolojik savaş araçları, askerler için akıllı üniformalar, zırh ve patlayıcı projeleri tasarlayıp üretmektir. Nanoteknoloji'nin savunma sektöründe geliştirmeyi amaçladığı bazı alanlar aşağıda özetlemiştir.

- İnsan gücü performansı,
- Eğitim için yapay sanal sistemler,
- Beyin-makina ara yüzünü sağlayan sistemlerin yaratılması,
- İnsansız askeri araçlar bulunmaktadır (Akçay, 2018).

2.2.6. Elektronik Sektörü

Nanoelektronik terimi, nanoteknolojinin elektronik bileşenlerde kullanımını temsil etmektedir. Örneğin, moleküler ve yarı iletken elektronikler, bir boyutlu nanotüpler ve nanoteller, nanoelektroniklerin üyeleri olarak kabul edilmektedir. Elektronik cihazların minyatürleştirilmesi, daha yüksek performans ve bilgi alış-veriş hızı elde etmek için gerekli kilit faktördür ve şu anda nanolitografik üretim tekniklerindeki gelişmeler ve kendinden montaj gibi kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Nanoteknolojiye dayalı yaklaşımlar sayesinde, geleneksel yarı iletkenlerin performansı artırılarak yeni fırsatlar ortaya çıkarılmaktadır. Nanotransistörlerin gelişmesiyle birlikte, bir elektron vasıtasıyla yeni elektronik cihazlar elde edilebilmektedir. Nanoelektroniklerin bir başka özelliği de güçlü bilgisayar işlemcileri yapmaktır (Kargozar ve Mozafari, 2017).

2.2.7. Enerji Sektörü

Dünya nüfusunun artması ve devam eden ekonomik büyümeyle ilgili olarak, enerji konusu, ülkelerin ekonomik ve sosyal faaliyetlerindeki kritik rolünden dolayı en önemli konular arasındadır (Popp vd., 2014). Buna göre, yenilenebilir teknolojiler ile ilgili yeni enerji kaynakları geliştirmek ve üretmek acilen gereklidir. Nanoteknoloji, bu alanda da rol oynayan ve umut veren bir teknolojidir.

Nanoteknolojilerin enerji sistemlerindeki çeşitli uygulamaları aşağıdaki gibi dört gruba ayrılabilir;

- Enerji dönüşümü (örneğin güneş pilleri, termoelektrik cihazlar, yakıt hücreleri, karbondioksit yakalama ve depolama),
- Enerji depolama (örneğin süper kapasitörler, piller ve hidrojen depolama)
- Enerji iletimi (örneğin süper iletken kablolar ve hidrojen dağıtımı)
- Enerji kullanımı (örneğin imalat sanayinde ve inşaatla koruma, nakliye için malzemeler ve yanma için katalizörler) (Tegart, 2009).

2.3. Nanoteknolojinin Dünyadaki Konumu

Türkiye’de Nanoteknoloji, 8 temel teknoloji den biri olarak değerlendirilmiş ve nanoteknoloji alanında çeşitli araştırmalar ve çalışmalar yapılmaktadır (Karaca, 2015). Endüstriyel çapta ise geniş bir uygulama alanına sahip olan nanoteknoloji, tekstil, cam, beyaz eşya, seramik, otomobil sanayisinde ilerlemektedir. Ayrıca, Üniversiteler ve Askeri Elektronik Sanayisinin (ASELSAN) işbirliği ile savunma sanayisinde de nanoteknolojik gelişmeler yaşanmaktadır (Şahin, 2014). Nanoteknolojinin Dünyadaki gelişimi de Tablo 2.1.’de kısaca özetlenmiştir (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018).

Tablo 2.1. Nanoteknolojinin Dünyadaki gelişimi

Yıl	Yapılan Çalışmalar
1995	Dünyanın en küçük fotonik kristali
1996	Dünyanın en küçük mikrofonu
1998	Dünyanın en hızlı foto dedektörü
2000	Dünyanın ilk fotonik kristal temelli dalga kılavuzu
2002	Dünyanın en hassas morötesi fotodedektörü
2003	Işığın ters kırınımının ilk defa deneysel olarak gösterimi
2004	Türkiye’de ilk defa nitrat tabanlı epitaksiyel yarıiletken malzemelerin büyütülmesi
2005	Dünyanın en küçük bileşik meta malzemesi
2005	Türkiye’de üretilen ilk mavi led
2006	Dünyanın ilk yüksek kazançlı fotodedektörü

2006	Dünyanın ilk 3 boyutlu malzemesi
2006	100 GHz’de solak karakter gösteren ilk bileşik meta malzemenin gösterimi
2007	Türkiye’nin ilk üretici ters ağ tabanlı yüksek güç transistörü
2009	Uydu iletişimde kullanılacak üretici ters ağ tabanlı yüksek güç transistörlerine sahip MMIC devrelerinin geliştirilmesi

2.4. Nanopartikül ve Sentezleme Yöntemleri

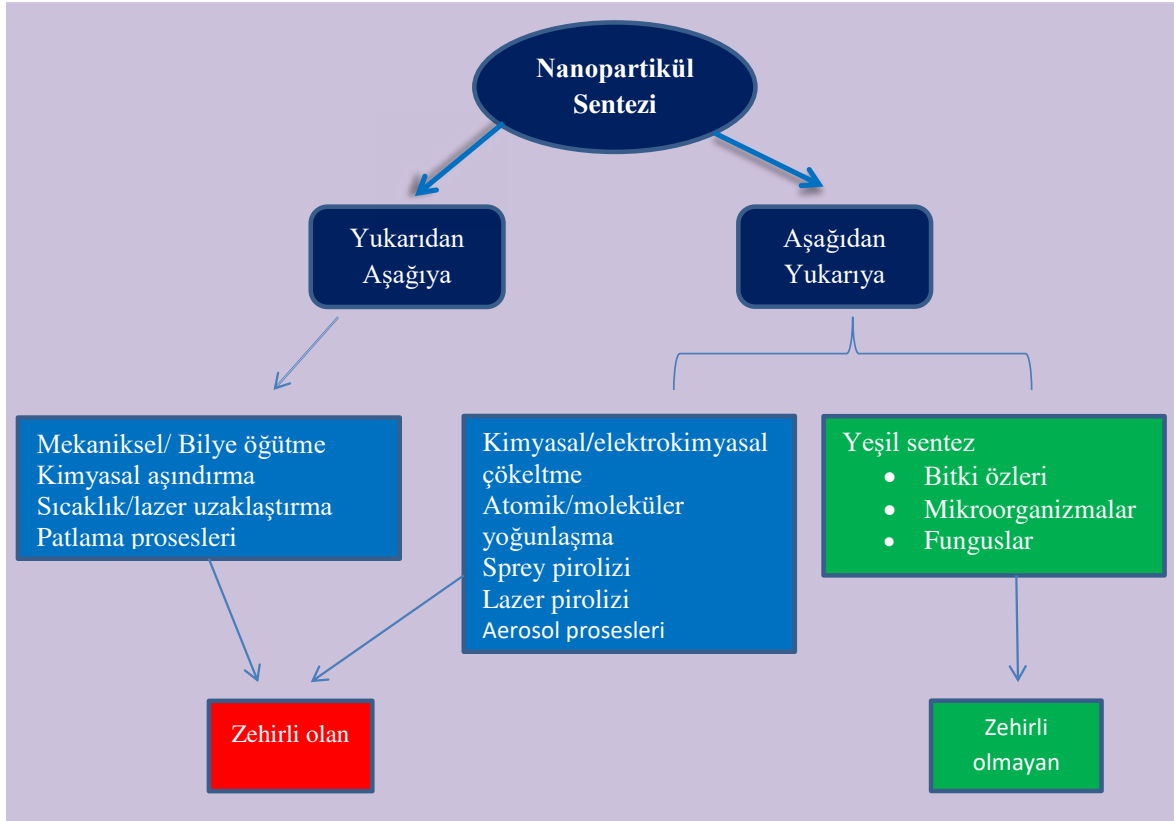
Nanopartiküller, eşsiz kimyasal, fiziksel, optik ve elektronik özellikleri nedeniyle günümüzde çok fazla ilgi görmektedir (Sepideh vd., 2017). Nanopartiküller, atomik veya moleküler ölçekte tasarlanan nanometre büyüklüğünde katı partiküllerdir. Çapı 100 nm’nin altındaki parçacıklar, makro boyuttaki katıların özelliklerinden farklı özellikler göstermektedir. Nanopartiküller günlük yaşamda büyük öneme sahiptir. Örneğin, titanyum dioksit nanopartikülleri, güneşten korunma ürünlerinin en önemli bileşenlerinden birisidir. Zararlı ultraviyole ışınlarını engellerken sadece görünür ışığın ciltten geçmesine izin vermektedir (Sharma vd., 2019).

Genellikle nanoparçacıklar basit moleküller olarak düşünülür, aslında karmaşık yapılardır. Nanopartiküllerin özellikleri küçük moleküllerden oldukça farklıdır. Herhangi bir nanopartikül, son derece yüksek bir yüzey/hacim oranına sahiptir. Bu yüzden, en basit nanopartikül bile, çekirdek materyalden belirgin şekilde farklı bir yüzey kimyasına sahip olmaktadır (Christian vd., 2008; Samanta vd., 2010).

Günümüzde nanopartiküllerin üretimi için iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birincisi daha büyük malzemelerden daha küçük malzemelerin oluşumu gösteren “Yukarıdan Aşağı” (top-down) yaklaşımı ve diğeri ise atomik veya moleküler yapıları malzemelerden yani küçük malzemelerden daha büyük malzemelerin oluşumunu belirten “Aşağıdan Yukarıya” (bottom-up) yaklaşımıdır (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018). Her iki yaklaşımda, ortaya çıkan nanopartiküller, partikül büyüklüğü, boyut dağılımı, şekil ve yüzey alanı gibi özellikleri belirlemek için çeşitli teknikler kullanılarak karakterize edilmektedir (Poinern vd., 2013).

Yukarıdan aşağı (Top-down) yaklaşımı mekanik öğütme, elektrokimyasal patlama, lazer ablasyonu, kimyasal aşındırma vb. yöntemler ile gerçekleştirilirken, aşağıdan yukarıya (Bottom-up) yaklaşımı, süperkritik sıvı ortam, piroliz, sol-jel işlemi, biyolojik yöntem, kimyasal buhar biriktirme, atomik yoğunlaşma vb. farklı sentez yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018).

Nanopartikül sentezinde kullanılan yöntemler Şekil 2.2’de özetlenmiştir.



Şekil 2.2. Nanopartikül Sentez Yöntemleri (Naoh,2019).

Son araştırmalar, nanopartikülleri sentezlemek için mikroorganizmaları ve bitkileri kullanan yeşil biyolojik temelli yöntem olan “Yeşil Sentez” yönteminin güvenli, ucuz ve çevre dostu bir yöntem olduğunu göstermiştir. (Khan vd., 2013). Nanopartiküllerin bitkiler ile yeşil sentez basit ve hızlı bir sentez yöntemidir. İşlem, bir bitki özütünün bir metal tuzu çözeltisi ile karıştırılmasıyla başlamaktadır. Tuzların biyokimyasal olarak indirgenmesi hemen başlamakta ve nanopartiküllerin oluşumu, reaksiyon karışımının rengindeki değişikliklerle kendini göstermektedir (Malik vd., 2014).

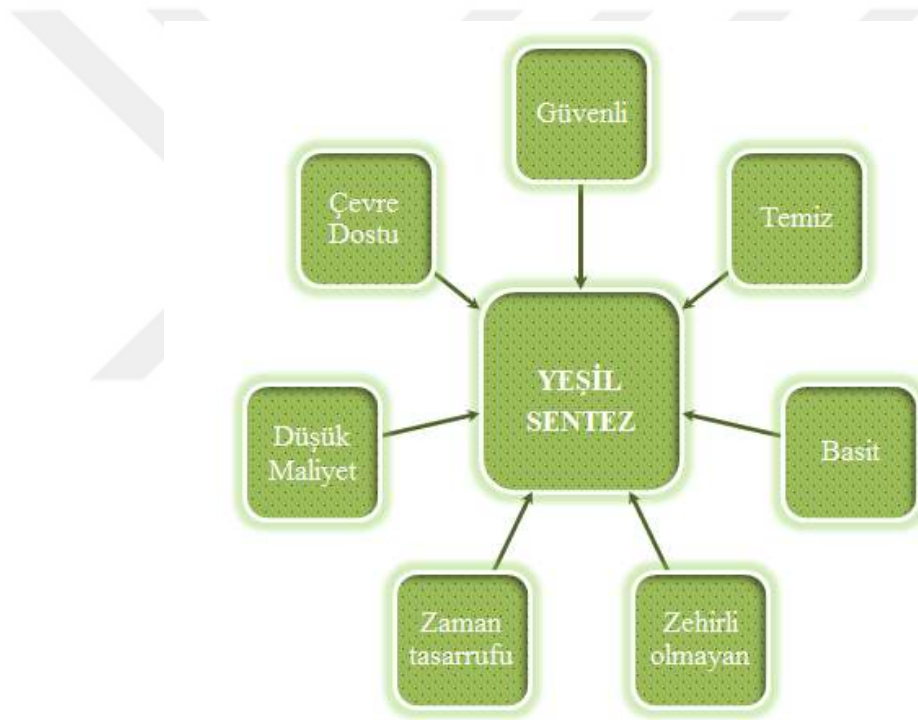
2.5. Yeşil Sentez

Çevre koruma adımları, 1962’de Rachel Carson’ın ABD Çevre Koruma Ajansı’nın (EPA) kurulması ve yeşil kimyanın başlatılmasına neden olan Silent Spring’in ortaya çıkması ile atılmıştır. Bu yaklaşım zaman içinde bilim adamları tarafından giderek daha popüler hale gelmiştir. Yeşil sentez felsefesi, sentez için çevre dostu bir yol benimsemekte yatar. Nanopartiküllerin yeşil sentezinin ana odakları;

- Sentez amacıyla güvenli reaktifler/çözücüler kullanılması,

- Enerji verimli dönüşüm sürecini kullanmak,
- Biyolojik bir işleme dayalı nanoparçacıkların sentezi (yani biyosentetik yol),
- Diğer uygulamalar için çevre dostu ve güvenli olan nanopartiküllerin sentezi olarak özetlenebilir(Das ve Chatterjee, 2019).

Yeşil sentezin fiziksel ve klasik yöntemlere göre birçok avantajı vardır. Örneğin, uygun maliyetlidir, çevre dostudur ve yüksek basınç, enerji, sıcaklık veya toksik kimyasal reaktif kullanımını gerektirmez. Bitkiler, redoks kapasitesine sahip fenolikler, terpenoidler, polisakkaritler ve flavonoidler gibi çok çeşitli ikincil metabolitler içermektedir ve bu bileşenler nanopartiküllerin sentezinde rol oynamaktadır (Sun vd., 2014). Yeşil sentez yönteminin avantajları Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Yeşil Sentez avantajları (Mbonyirivuze vd., 2015)

Yeşil sentez prensipleri, P.T. Anastas ve J.C. Warner (1998) tarafından “Yeşil Kimya İlkeleri” olarak yayımlanan bazı kurallara dayanmaktadır. Bu ilkeler, tehlikeli maddelerin yerine daha güvenli alternatif bir yol bulmak üzere elde edilen kavramsal çerçevenin yansımasıdır ve bu ilkeler Tablo 2.2.’de gösterilmektedir.

Tablo 2.2. Yeşil sentezin 12 prensibi(Das ve Chatterjee, 2019)

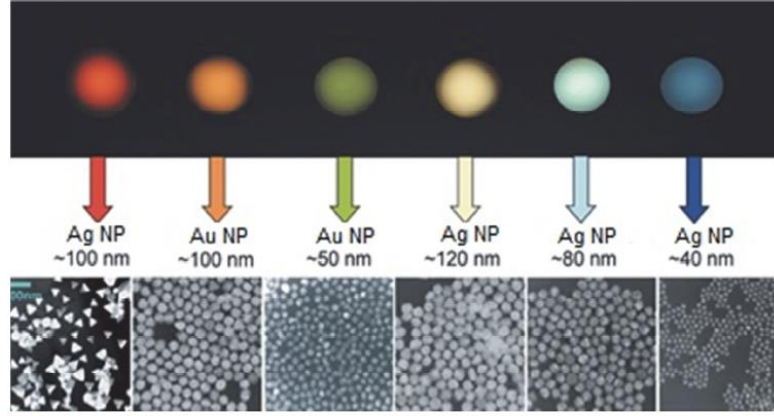
Numara	Açıklamalar
--------	-------------

1	Atıkları önlemek atıklar oluştuktan sonra atıkları temizlemekten daha iyidir.
2	İşlemede kullanılan tüm malzemelerin nihai üretime dâhil edilmesini en üst düzeye çıkarmak için sentetik yöntemler tasarlanmalıdır.
3	Uygulanabilir olduğu her yerde, insan sağlığına ve çevreye az zehirli olan veya hiç zehir olmayan maddeleri kullanmak ve üretmek için sentetik yöntemler tasarlanmalıdır.
4	Kimyasal ürünler, zehri azaltırken işlevlerin etkinliğini korumak için tasarlanmalıdır.
5	Zararsız olup olmadığı bilinmeyen yardımcı maddeler (örneğin, çözücüler, ayırma maddeleri, vb.) gereksiz kullanılmamalıdır.
6	Enerji gereklilikleri çevresel ve ekonomik etkileriyle tanınmalı ve en aza indirilmelidir. Sentetik yöntemler ortam sıcaklığında ve basınçta yapılmalıdır.
7	Teknik ve ekonomik olarak uygulanabilir olan her yerde tüketilmekten ziyade, gıda stoğunun hammaddesi yenilenebilir olmalıdır.
8	Gereksiz üretim (engelleme grubu, koruma / korumanın kaldırılması, fiziksel / kimyasal işlemlerin geçici modifikasyonu) mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.
9	Katalitik reaktifler (mümkün olduğu kadar seçici) stokiyometrik reaktiflerden üstündür.
10	Kimyasal ürünler, fonksiyonlarının sonunda, çevrede kalmayacak ve zararsız bozunma ürünlerine bölünmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.
11	Tehlikeli maddelerin oluşumundan önce gerçek zamanlı, süreç içi izleme ve kontrol için izin vermek üzere analitik metodolojilerin daha da geliştirilmesi gerekmektedir.
12	Maddeler ve kimyasal süreçler de kullanılan maddelerin şekli, yangınlar ve patlamalar dâhil kimyasal kazaların ihtimallerini en aza indirmek için seçilmelidir.

2.6. Gümüş Elementi ve Gümüş Nanopartikül

Gümüş, beyaz metalik bir parlaklığa sahip çok yumuşak ve dövülebilir bir metaldir. Gümüş, altından biraz daha serttir ve metaller arasında saf gümüş, en yüksek termal iletkenliğe ve en yüksek optik yansıtıcılığa sahiptir. Ayrıca tüm metaller arasında yüksek elektrik iletkenliğine sahiptir. İtme cihazları ve saatler gibi küçük cihazlarda, uzun ömürleri ve yüksek enerji/ağırlık oranlarından dolayı yaygın olarak gümüş oksit piller kullanır. Diğer bir kullanım alanı ise yüksek kapasiteli gümüş-çinko ve gümüş-kadmiyum pillerdir (Arslan, 2011).

AgNP'ler, boyutlarına ve şekline göre önemli ölçüde renk değiştirmektedir (Şekil 2.4). Gümüş küresel olduğunda 40 nm'de mavi, 100 nm'de sarı ve prizmatik olduğunda 100 nm'de kırmızı renk almaktadır (Allhoff vd.,2010).



Şekil 2.4. Değişik şekil ve büyüklükteki AgNP ve AuNP'lerin renkleri (Ersöz vd.,2018).

AgNP'lerin en önemli özellikleri, antikanser, antibakteriyel, anti-viral, antifungal özellikleri olarak sayılabilir (Singh vd., 2018). Gümüşün yaraların tedavisindeki kullanımı ise 18. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Gümüş iyonlarının antimikrobiyal aktivitesi ise ilk olarak 19. yüzyılda keşfedilmiş ve koloidal gümüş ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından 1920'lerde yara yönetiminde etkili olarak kabul edilmiştir(Chopra, 2007).

AgNP'ler, morfolojilerine ve boyutlarına bağlı olarak farklı ve benzersiz elektriksel ve optik özellikler sunmaktadır (Osorio vd., 2012). Ayrıca, fotonik, mikroelektronik, foto kataliz ve litografi gibi olası farklı uygulama alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Samanta vd., 2010).

AgNP'lerin, optik, katalitik, termal ve elektriksel stabilite özellikleri de keşfedilmiş ve bu sebepten AgNP'ler çok farklı uygulama alanında kendine yer bulmuştur. Günümüzde AgNP'ler, bebek emzikleri, akne kremleri ve bilgisayarın klavyesi, koku giderici spreylere yanı sıra vücut kokusundan koruyan giysiler içeren birçok tüketici ürününde kullanılmaya başlanmıştır (Ahmed vd., 2016).

2.7. Gümüşün Antibakteriyel Etkisi

Bakterilerin insan sağlığı açısından zararlı etkisi geçmiş zamandan beri bilinmektedir. Bu nedenle bakteriler üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Genellikle, bilinmeyen bir bakteri türünün tanımlanmasındaki ilk adım, genç bir kültürün *Gram Boyamasıdır*. Bu prosedür, hücrelerin şekli ve boyutu hakkında yararlı bilgiler sağlar ve gram-negatif ve gram-pozitif türler arasında ayrım yapar. Gregersen, 1978 yılında bazı bakterilerle yaptığı deney sonucu gram pozitif ve gram negatif olarak ayırmıştır. Gram

pozitif ve gram negatif bakteri çeşitleri Şekil 2.5'te gösterilmektedir (Gregersen, 1978). Gram pozitif bakteriler cilt ve oral mukozada yer almakta, Gram negatif bakteriler ise mide-bağırsak sistem mukozasındaki florayı oluşturmaktadır (Erci, 2019).

GRAM-NEGATIVE	No.	GRAM-POSITIVE	No.
<i>Acinetobacter</i> spp.	2	<i>Bacillus anthracis</i>	2
<i>Aeromonas hydrophila</i>	1	" <i>cereus</i>	4
" <i>salmonicida</i>	1	" " <i>var. mycoides</i>	3
<i>Alcaligenes faecalis</i>	1	" " <i>thuringensis</i>	1
" sp.	1	" <i>circulans</i>	3
<i>Bordetella bronchiseptica</i>	2	" <i>licheniformis</i>	5
<i>Brucella abortus</i> Bang	1	" <i>macerans</i>	3
<i>Citrobacter freundii</i>	1	" <i>megaterium</i>	2
<i>Escherichia coli</i>	2	" <i>polymyxa</i>	3
<i>Flavobacterium meningosepticum</i>	1	" <i>pumilus</i>	4
<i>Klebsiella pneumonia</i>	1	" <i>sphaericus</i>	3
<i>Moraxella bovis</i>	2	" <i>subtilis</i>	4
<i>Neisseria bovis</i>	1	" " <i>var. niger</i>	2
<i>Pasteurella multocida</i>	2	<i>Corynebacterium equi</i>	1
" <i>haemolytica</i>	1	" <i>ovis</i>	1
<i>Proteus rettgeri</i>	1	" <i>renale</i>	1
" <i>vulgaris</i>	1	" spp. (saprophyt.)	2
<i>Providencia stuartii</i>	1	<i>Diplococcus lanceolatus</i>	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	1
" <i>cepacia</i>	4	<i>Lactobacillus</i> spp.	2
" <i>fluorescens</i>	3	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	1
" <i>vesicularis</i>	1	<i>Listeria monocytogenes</i>	1
<i>Salmonella arizonae</i>	1	<i>Micrococcus luteus</i>	2
" <i>tennessee</i>	1	<i>Mycobacterium</i> sp. (saprophytic)	1
" <i>typhimurium</i>	1	<i>Streptococcus agalactiae</i>	2
<i>Serratia marcescens</i>	2	" <i>dysgalactiae</i>	1
<i>Shigella boydii</i>	2	" <i>equi</i>	1
" <i>dysenteriae</i>	1	" <i>faecalis</i>	2
" <i>flexneri</i>	3	" <i>faecium</i>	2
" <i>sonnei</i>	5	" <i>pyogenes</i>	1
<i>Vibrio alginolyticus</i>	1	" <i>uberis</i>	1
" <i>anguillarum</i>	1	" <i>zooepidemicus</i>	1
" <i>cholerae</i> NAG	1	<i>Sarcina lutea</i>	1
" <i>parahaemolyticus</i>	1	<i>Staphylococcus aureus</i>	4
<i>Yersinia enterocolitica</i>	1	<i>Streptomyces albus</i>	1
" <i>pseudotuberculosis</i>	1		
Total	55	Total	71

Şekil 2.5. Bazı gram pozitif ve gram negatif bakteri örnekleri (Gregersen., 1978)

- *Escherichiacoli*, İlk olarak 1885 yılında Theodor Escherich tarafından izole edilmiştir. Sıcakkanlı hayvanların bağırsak sistemi tüm çeşitlerinin habitatı olması nedeniyle hayvan dışkıları ile toprağa dolayısıyla çevreye yayılmaktadır. Ayrıca sağım kesim gibi işlemler sırasında ete ve süte kontamine olarak hızla yayılabilirler. *E.coli*, bağırsak enfeksiyonu, üriner sistem enfeksiyonu, menenjit, yeni doğan sepsisine etkendir (Kera, 2019).
- *Bacillus cereus*, 1950-1955 yıllarında Hauge tarafından Norveçte yaşanan bir zehirlenme vakası sebebiyle saptanmıştır. *B.cereus*, dışkı, çöp, silaj gibi çevrede çok miktarda bulunması sebebiyle hayvanlar tarafından kolayca taşınmaktadır.

Soğuk ve ısıya karşı toleranslı olması ve toksin üretimi nedeniyle çiğ süt, yüksek sıcaklıkta işlenmiş süt tozu, kaşar gibi gıdalarda bulunabilmektedir (Kera, 2019).

- *Klebsiella Pneumoniae*, türleri hastane ortamından bulaşmaktadır ve akciğer iltihaplanması, idrar yolu enfeksiyonları, kan dolaşımı enfeksiyonları ve sepsis gibi çok çeşitli hastalıklara neden olmaktadır. Bu enfeksiyonlar özellikle yeni doğanlar, yaşlılar ve bağışıklığı baskılanmış bireyler arasında bir sorundur (Bengoechea ve Pessoa., 2019).
- *Staphylococcus aureus*, küçük deri enfeksiyonlarından akciğer iltihaplanması, menenjit, endokardit, toksik şok sendromu, bakteremi ve sepsis gibi yaşamı tehdit eden hastalıklara kadar bir dizi hastalığa neden olabilen bir insan patojenidir. Hastane enfeksiyonlarının en yaygın nedenlerinden biridir ve genellikle ameliyat sonrası yara enfeksiyonlarının nedenidir (Mataraci ve Dosler., 2020).
- *Salmonella*, türleri asite duyarlıdır. Bu nedenle mide asidinin azaldığı, gastrostomiden beslenmenin yapılması iltihap artışını kolaylaştırmaktadır. *Salmonella* türleri yenidoğan bebeklerin gastrointestinal sisteminde rahatsızlıklara, tifoya, bakteriyemi ve fokal enfeksiyonlara neden olmaktadır. Sıklıkla kirlenmiş su ve gıdaların tüketimi ile bulaşması nedeniyle suların klorlanması, meyve sebzelerin iyi yıkanması, yiyeceklerin iyi pişirilmesi, kişisel hijyene önem verilmesi alınması gereken tedbirlerdir (Erci, 2019).

AgNP'ler, son derece geniş bir yüzey alanına sahip olduğu için bakteri ve/veya mantarlarla temaslarını arttırmakta ve gelişmiş bakterisidal/fungisidal etkinlik göstermektedir. AgNP'ler, proteinle çok reaktiftir ve % 0.0003 ila % 0.0005 kadar düşük derişimlerde bile antimikrobiyal özellikler göstermektedir. AgNP'ler, bakteri ve mantarlarla temas ettiğinde, hücre metabolizmasını olumsuz yönde etkileyerek hücre büyümesini engellemektedir (Patra ve Gouda, 2013). Bu kapsamda AgNP'ler ilk olarak hücre zarına bağlanmakta ve bakterilerin içine nüfuz etmektedir. Daha sonra nanopartiküller solunum zincirine ve hücrenin bölünmesi sırasında hücre dokusuna saldırmaktadır. AgNP'ler, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Vibria cholera*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Syphillis typhus* ve *S. aureus* gibi bulaşıcı organizmalara karşı antimikrobiyal etkiler göstermektedir.

Antibakteriyel özellikleri nedeniyle, AgNP'ler, sağlık endüstrisinde, gıda ve tekstil endüstrisi başta olmak üzere bir dizi çevresel uygulamada en yaygın şekilde kullanılmaktadır (Ahmed vd., 2016). Sağlık sektörü AgNP'lerin en çok kullanıldığı

sektördür ve yara örtüleri, hastanelerde sterilize edilmiş malzemeler, tıbbi kateterler, ontraseptif cihazlar, cerrahi aletler, kemik protezleri, yapay dişler ve kemik kaplaması gibi malzemelerde kullanılmaktadır (Tolaymat vd., 2010). Kataliz, aynalar, optik, fotoğrafçılık ve elektronik endüstrisi gibi alanlar da AgNP'lerin kullanıldığı diğer uygulamalardır (Salari vd., 2018). Ayrıca kozmetik, losyon, krem, diş macunu, çamaşır deterjanı, sabun, yüzey temizleyici, oda spreyleri, oyuncaklar, antimikrobiyal boyalar, otomotiv döşemeleri, ayakkabı tabanları, süpürgeler, gıda saklama kapları, ev aletleri (örneğin çamaşır makineleri, hava ve su filtreleri) ve tekstil ürünleri gibi tüketici ürünlerinde geniş kullanım alanları bulunmaktadır. AgNP'ler ayrıca, tarım, biyosensör ve tekstil endüstrilerine ek olarak su dezenfeksiyonu işlemlerinde de kullanılmaktadır (Navaladian vd., 2008; Thomas vd., 2007).

2.8. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonu

Üretilen nanopartiküllerin bilimsel olarak anlaşılması ve doğrulanması için yapısal ve morfolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Karakterizasyon işlemleri de, malzemelerin yapısal özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Nanomedikal veya sağlık sektörü gibi alanlarda nanopartikülleri kullanmadan önce olası sorunları belirlemek için toksisite veya biyouyumluluk çalışmaları öncesi nanopartiküllerin boyut, şekil, boyut dağılımı, yüzey alanı, çözünürlük gibi karakteristik özelliklerini karakterize etmek gerekmektedir (Ünal, 2019). Nanopartiküllerin karakterizasyonunda UV-görünür spektroskopisi (UV-Vis), Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM), X-ışını Difraksiyonu (XRD) ve Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) en çok kullanılan spektroskopik ve mikroskopik tekniklerdir (Shah vd., 2016). Taramalı elektron mikroskobu (SEM), Elektron dağılımlı X ışını spektrometre (EDX), Dinamik ışık saçılımı yöntemi (DLS) ve Zeta Potansiyeli ve partikül boyut dağılımı gibi teknikler de nanopartiküllerin karakterizasyon çalışmalarında kullanılan diğer tekniklerdir (Ünal, 2019). Aşağıda nanopartiküllerin karakterizasyonunda en çok kullanılan teknikler kısaca açıklanmıştır.

2.8.1. UV-Vis Spektrometre

UV-Vis tekniği, 190 ila 380 nm arasındaki UV aralığını ve 380 ila 800 nm arasındaki görünür aralığını kapsamaktadır. Bu teknikte, her iki radyasyon türü de madde ile etkileşime girmekte ve temel durumdan yüksek enerji durumlarına elektronik geçişleri teşvik etmektedir. Metalik nanopartikülleri karakterize etmek için genellikle 300 ila 800

nm arasındaki dalga boyları kullanılmaktadır(Shah vd., 2016). Örneğin, AgNP'lerin karakteristik pikleri genellikle 400 ila 450 nm arasında oluşmaktadır(Poinern vd., 2013).

2.8.2. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)

TEM, atomik venanoölçekten (<1 nm'den 100 nm'ye) mikrometre seviyesine ve ötesine kadar uzamsal aralıklardaki malzemelerin karakterizasyonu için kullanılabilen tartışmasız en verimli ve çok yönlü araçları oluşturmaktadır (Williams, 2009).

TEM'de, yüksek enerjili bir elektron ışını numunenin çok ince katmanından iletilmekte ve adsorbe olmayan elektronlar, nanopartiküllerin görüntüsünün oluşmasını sağlayan bir görüntüleme detektörüne odaklanmaktadır(Ünal, 2019).TEM'deki kontrast, örnekle bu ışın etkileşimlerinin saptanmasına dayanmakta ve sonuç olarak yüksek çözünürlüklü bir görüntü sağlanmaktadır. TEM görüntüleme nano boyutlu nesnelerin morfolojisi, partikül büyüklüğü, agregasyon, dağılma özellikleri ve kristal numunelerin atomik katmanları hakkında zengin veri sağlamaktadır (Dudkiewicz vd., 2011).

2.8.3. X-Işını Difraksiyonu (XRD)

XRD, temel olarak kristal malzemelerin özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. X-ışını toz kırınımı, malzemelerin araştırılması ve geliştirilmesinde kritik bir rol oynamaktadır, çünkü birçok malzeme ve mineral, tek kristal formunda kolayca elde edilememektedir. XRD, basit veri yorumlama ile tanımlama ve nicelendirme için hızlı bir tekniktir. Bununla birlikte, teknik, numunelerin homojen ve kristalize yapıda olmasını gerektirmektedir(Idris ve El-Zahhar, 2019).

X-ışınının numune içinden geçerken maddenin elektronları arasındaki etkileşim sonucunda saçılmalar meydana gelmektedir ve bu saçılan ışınlar sonucunda kırınım meydana gelerek XRD görüntüsü oluşmaktadır (Biçer, 2008).XRD incelemesi, yapısal bilgiyi belirlemek için daha sonra standart bir kristalografik veri tabanında yer alan verilerle karşılaştırılan bir kırınım modeli oluşturmaktadır. XRD verilerinin analizi, kristalin büyüklüğünü, yapısını, tercih edilen kristal yönelimini ve örneklerdeki fazları tanımlamaktadır(Shah vd., 2015).

2.8.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometre (FTIR)

FTIR, mikrobiyal hücrelerin tanımlanmasında (fenotip, tür, alt-tür, patojenite, direnç vb.) ve makromoleküllerin yapısal analizinde (doğallık, miktar ve moleküler

bağların konformasyonu) kullanılmaktadır (Essendoubi vd., 2007). FTIR spektroskopisi, molekül içindeki herhangi bir karakteristik/fonksiyonel grubun varlığı hakkında bilgi sağlamaktadır (Silverstein ve Bassler, 1962). FTIR spektroskopisi, bir molekülün atomlarının titreşimini gösteren bir yöntemdir. Bir infrared aralığı genellikle bir numuneden infrared radyasyon yayılması ve gelen radyasyonun hangi bölümünün belirli bir enerjide ne kadar absorbe edildiğini belirlenmektedir (Vagenas vd., 2003). Geniş bir spektrum elde edildiği için gıda, tarım, tıp, kimya ve biyomedikal uygulamalar gibi geniş bir uygulama alanında kullanılmaktadır (Kane vd., 2009). Örneğe zarar verilmeden hızlı sonuç elde edilmesi geleneksel FTIR kullanımını yaygınlaştırmıştır (Lin ve Wang, 2012). Örnekte ön ısıtma yapılabilmektedir ve ayar gerektirmeden otomatik olarak kendini temizlemektedir (Büyüksırt ve Kuleaşan, 2014). FTIR spektroskopisi doğrudan ve geri dönüşümlü bir yöntemdir. Az miktarda örnek ile kısa sürede sonuç vermektedir (Ordenez ve Ruperez, 2011).

2.9. Çalışmada Kullanılan Kiraz Sapı Biyometabolitinin Özellikleri

Kiraz meyvesi (*Prunus avium L.*) dünyanın ılıman bölgelerinde yer alan topraklarda yetiştirilmektedir ve Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri ve İran bu meyvenin dünyadaki başlıca üreticileridir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2018 yılında Türkiye'nin tatlı kiraz üretimi 639534 ton olmuştur. Kiraz veya vişne; konserve, meyve suları ve diğer gıda ürünlerinin önemli bileşenleri olması nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ayrıca, kök ve sap özlerinin, kozmetik üretimi için ilgi çekici özellikler taşıdığı da bulunmuştur. Uzun yıllardır halk tıbbında böbrek taşı giderici, idrar söktürücü ve iltihap önleyici olarak kiraz sapı kaynatılıp içilerek kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak kiraz sapı, antialerjen, antimutajenik, antiglisemik, antikolesterol, antimikrobiyal ve sakinleştirici özellikleri içeren birçok biyolojik aktiviteye sahip olduğu için kozmetik, ilaç ve gıda endüstrilerinde kullanılabilecek nitelikte bir biyometabolittir (Demir vd., 2020; Beszterda ve Franski, 2020). Bursal vd., kiraz sapının (*Cerasus avium L.*) antioksidan aktivitesi ve polifenol içeriği LC-MS/MS ile belirleme çalışmaları sonucunda normal şartlar altında, kiraz saplarının (*Cerasus avium L.*) yeni ve ucuz bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabildiğini ortaya koymuştur (Bursal vd., 2013). Bu derece önemli özellikleri olan kiraz sapı özütünde bulunan fenolik bileşenler Tablo 2.3'te gösterilmiştir (Demir vd., 2020).

Tablo 2.3.Optimum koşullar altında elde edilen konsantre kiraz sapı özütünün içerdiği fenolik bileşikler ve miktarları

Numara	Fenolik Bileşik	Miktar (mg /g özüt)
1	Gallik Asit	2,37±0,03
2	Pirogalol	4,01±0,16
3	Caffeic asit	5,69±0,09
4	Syringic Asit	3,24±0,04
5	Coumaric Asit	2,27±0,05
6	Ferulic Asit	4,82±0,07
7	Sinapic Asit	17,62±0,20
8	Katehin	2,88±0,05
9	2.4 Hidroksibenzoik asit	2,99±0,05
10	Elajik asit	2,64±0,04
11	Quercetin	10,12±0,06
12	Epicatechin	2,19±0,04
13	Kaemferol	1,69±0,04
14	Rosmarinic Asit	1,17±0,04
Toplam fenolik (mg GAE g özüt)		87,62±0,01

2.10. Literatür Çalışmaları

Pourmortazavıd., yaptıkları çalışmada, sulu *Eucalyptus oleosa* özütünü kullanarak AgNP'lerin yeşil sentezini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, AgNO₃ derişimi, bitki özütü derişimi, sentez süresi ve bitki ekstraksiyon prosedürünün sıcaklığı gibi bazı sentez koşullarını optimize etmişlerdir. Ayrıca, incelenen faktörlerin AgNP'lerin boyutu üzerine etkilerini, varyans analizi (ANOVA) ile kantitatif olarak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, sentez prosedürünün optimum koşullarda gerçekleştirilmesi ile birlikte ortalama 21 nm çapındaki AgNP'lerin elde edildiğini bildirmişlerdir (Pourmortazavi vd., 2015).

İnce, yaptığı bir çalışmada, nanopartiküllerin yeşil sentezinde bıldırcın yumurtasının sarısını kullanmıştır. Elde edilen Ag, Au ve Pt nanopartiküllerinin karakterizasyonu ise, FTIR, XRD ve TEM cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak sentezlenen Ag, Au ve Pt nanopartiküllerinin antimikrobiyal özellikleri *Acinetobacter*

calcoaceticus, *Pediococcus acidilactici*, *Staphylococcus aureus* ve *Aeribacillus pallidus*(P26)bakterilerine karşı test etmiştir (İnce, 2017).

Khamhaengpol ve Siri bir başka çalışmada, AgNP oluşumunu gözlemlemek için dokumacı karınca (*Oecophylla smaragdina*) larvalarının doku özlerini kullanmışlardır. 60 °C'de gümüş nitrat çözeltisi, doku özütü ve glikoz içeren bir reaksiyonda AgNP oluşumunu, 428 nm'de elde ettikleri yüzey plazmon bandı (SPR) ile gözlemlemişlerdir. Ayrıca TEM görüntüleri ile ortalama çapı 67,4 nm olan küresel AgNP'lerin sentezlendiğibelirlemişlerdir. Buna ek olarak sentezlenen AgNP'ler, hem *Staphylococcus aureus* hem de *Escherichia coli*'ye karşı güçlü antibakteriyel etki göstermiştir (Khamhaengpol ve Siri, 2017).

Nartop 2017 yılında yaptığı bir çalışmada, *Alkannatinctoria (havaciva)* rizomlarınıninsulu özütlerini AgNP'lerin sentezinde kullanmıştır. Ayrıca bu çalışmada nanopartiküllerin in vitro koşullardaki sterilizasyon başarısı incelenmiş ve yüzeysel sterilizasyon başarısında %10'luk NaOCl ve koloidal gümüş nanopartikül çözeltisinin sonuçlarında istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Sterilan uygulamasında (20 dakika) ise AgNP'ler, NaOCl ile aynı yüzeysel sterilizasyon etkinliğini (%53.70) göstermiştir (Nartop, 2017).

Başka bir çalışmada Paosen vd, AgNP'leri, *Callistemon lanceolatus*, *Decaspermum parviflorum*, *Eucalyptus citriodora*, *Melaleuca cajuputi*, *Rhodomyrtus tomentosa*, *Syzygiupam campanulatum* ve *Xanthostemon chrysanthus* yaprak özütlerini kullanarak sentezlemişlerdir. Sentezlenen nanopartiküllerin karekterizasyon çalışmalarını,UV-Vis, TEM, EDS, Zeta potansiyeli ve FTIR cihazları ile gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre sentezlenen nanopartiküllerin küresel biçimde olduğu ve boyutlarının ise 5-55 nm arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel özellikleri ise, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerine karşı test edilmiştir (Paosen vd., 2017).

Alsammarraie vd. diğer bir çalışmada AgNP'lerin yeşil sentezini zerdeçal tozunun özütünü kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Karakterizasyon çalışmalarını ise UV-Vis, FTIR, TEM ve enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDS) tekniklerini kullanarak yapmışlar ve elde edilen AgNP'lerin küresel formda ve ortalama parçacık boyutunun 18±0.5 nm olduğunu ortaya koymuşlardır (Alsammarraie vd., 2018).

Chunfavd., ise, 5 nm'den 15 nm'ye kadar dar dağılımlı küçük boyutlu AgNP'lerin hazırlanmasında basit, hızlı ve çevre dostu bir yöntem geliştirmişlerdir.Çalışmada, dut

yapraklarını hem kararlaştırıcı hem de indirgeyici madde olarak kullanmışlar ve oda sıcaklığında başka bir ajan eklemeyen AgNP'leri elde etmişlerdir. AgNP'lerin oluşumunu ise, soluk sarıdan kahverengiye rengin değişmesi ve UV-Vis spektroskopisi ile gözlemlemişlerdir. Çalışmalarda, reaksiyon süresi, sıcaklık, gümüş nitrat derişmi ve dut yaprağı özütünderişim etkileri de incelenmiştir. Elde ettikleri AgNP'leri, TEM, XRD ve FTIR ile karakterize etmişlerdir. Sonuçlar, elde edilen metalik nanopartiküllerin, küresel bir şekle sahip ve yüksek kristalli AgNP'ler olduğunu göstermiştir (Chunfa vd., 2018).

Diğer bir çalışmada, Hitesh ve Lata, AgNP'leri *Nelumbo nucifera* bitkisinin özütünü kullanarak sentezlemişler ve çalışmada elde edilen AgNP'ler, renksizden kırmızımsı kahverengiye bir renk değişikliği ile kendini göstermiştir. Sentezlenen AgNP'lerin karakterizasyon çalışmalarını, UV-Vis spektroskopisi, XRD ve FTIR spektroskopisi kullanılarak gerçekleştirmişler ve AgNP'lerin UV-Vis spektrum sonuçları, 450 nm'de SPR bandı oluşturduğunu göstermiştir. AgNP'lerin yüzey merkezli kübik kristal yapısı ise XRD ile belirlenmiştir. Aynı zamanda, sentezlenen AgNP'lerin ortalama boyutunun 90 nm olduğunu tespit etmişlerdir. Son olarak FTIR spektrumu ile, *N. nucifera* özütünde yer alan nanopartiküllerin oluşumunda rol oynayan fitokimyasalların varlığını ortaya koymuşlardır (Hitesh ve Lata, 2018).

Lopes ve Courrol, *Mimusops coriacea* bitkisinin yapraklarının özütünü kullanarak AgNP'lerini oda sıcaklığında sentezlemişler ve yaklaşık 415 nm'de elde edilen SPR bandı ile AgNP'lerin oluşumunu doğrulamışlardır. Ayrıca 10 ila 30 nm arasında değişen AgNP'lerin çaplarını ise TEM görüntüleri ile belirlemişlerdir (Lopes ve Courrol, 2018).

Patil vd., 2018 yılında yaptığı çalışmada gümüş nitratin AgNP'lere indirgenmesi için *Madhuca longifolia* çiçek özütünü indirgeyici ve kararlaştırıcı ajan olarak kullanmışlardır. Sentezlenen AgNP'lerin küresel/oval şekilli ve yaklaşık 30-50 nm boyutlarında olduğunu belirlemişler ve 436 nm'de SPR bandı gözlemlemişlerdir. Enerji Dağıtıcı X-ışını spektrumları ve X-ışını difraksiyon analizi sonuçları sentezlenen nanopartiküllerin AgNP'ler olduğunu doğrulamışlardır. Ayrıca Zeta potansiyel analizi ile sentezlenen AgNP'lerde negatif yüklerin bulunduğunu gözlemlemişlerdir. Son olarak sentezlenen AgNP'leri, bazı gram pozitif ve gram negatif patojenlere karşı test etmişler ve AgNP'lerin, antibakteriyel aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu yüzden, *M. longifolia* çiçeğinin AgNP sentezi için iyi bir kaynak olduğunu ve sentezlenen AgNP'lerin terapötiklerde, antibakteriyel madde olarak uygulanabileceği sonucuna varmışlardır (Patil vd., 2018).

Sana ve Dogiparthi, yaptıkları çalışmada, AgNP'lerini yeşil sentezini rapor etmiş ve çalışmada *Givotia moluccana* bitkisinin özütünü kullanmışlardır. Ayrıca sentezledikleri AgNP'leri, UV-Vis, FTIR, XRD, FESEM ve SAED desenli HRTEM teknikleri ile karakterize etmişlerdir. Parçacık büyüklüğü dağılımını ise DLS ile ölçmüşler ve nanopartiküllerin termal analizini, TGA kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca sentezlenen AgNP'lerin, hem gram pozitif hem de gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite sergilediğini bulmuşlardır (Sana ve Dogiparthi, 2018).

Diğer bir çalışmada, Singh vd., AgNP'leri *Tulsi yaprağı* özütünden sentezlemişler ve sentez aşamasında AgNP'lerin oluşumu için ılık sıcaklık koşullarında güneş ışınlarını kullanmışlardır. Spektroskopik ve mikroskopik karakterizasyon çalışmaları, 430 nm'de keskin bir SPR bandı ve ortalama 5-10 nm çapında sabit ve monodispers AgNP'lerin oluşumunu ortaya koymuştur. Çalışmada AgNP'lerin katalitik potansiyelini ise, alkalik ortamda 4-nitrofenolün 4-aminofenol'e (% 100 dönüşüm) indirgenmesi için incelemişlerdir ($k=2.048 \text{ dakika}^{-1}$). Ayrıca, katalizörün tekrar kullanılabilirliğini incelemişler ve 5 ardışık döngüden sonra bile, 4 nitrofenolün 4-aminofenol'e indirgenmediğini belirlemişlerdir (Singh vd., 2018).

Jebril vd., *Melia azedarach* yaprağı özütü kullanarak AgNP sentezini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada gerçekleştirilen UV-Vis spektrum ölçümlerinde, AgNP'lerin oluşumunu doğrulayan SPR bandı 400 nm'de gözlemlenmiştir. SEM analizi ile, boyutu 18 ila 30 nm (ortalama 23 nm) arasında değişen küçük küresel nanopartiküllerin varlığı, XRD analizi ile, AgNP'lerin yüz merkezli kübik yapıda olduğu, EDS analizi ile ise, gümüş elementin yoğun sinyalleri belirlenmiştir. FTIR analizi ise, *M. azedarach* yaprak özütünde yer alan hidrolize edilebilir tannik asidin, AgNP'lerin biyolojik indirgenmesinde ve kararlaştırılmasında rol aldığını ortaya koymuştur. Ayrıca bu çalışmada sentezlenmiş AgNP'lerin patlıcanlarda (*Solanum melongena L.*) hem in vitro hem de in vivo koşullarda *Verticillium dahliae* mantarına karşı bir antifungal ajan olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. In vitro koşul için, 60 ppm'lik bir konsantrasyonda AgNP'lerin varlığının *Verticillium dahlia*'nın büyümesini önemli ölçüde azalttığı bulunurken, in vivo deney için, 20 ppm AgNP varlığı, *Verticillium solgunluk* şiddetini ve göreceli vasküler renk değişikliğini, aşılınmış ve muamele edilmemiş kontrol ile karşılaştırıldığında sırasıyla % 87 ve % 97 oranında azalttığını belirlemişlerdir (Jebril vd., 2020).

Keshari vd., yaptıkları çalışmada AgNP'lerin eldesi için *Cestrum nocturnum* özütünü kullanmışlar. Çalışmalarının sonucunda, *Cestrum nocturnum* özütü ile sentezlenen AgNP'lerin kristal yapıda ve çoğunlukla küre şeklinde olan nanopartiküllerin ortalama

partikül boyutunun 20 nm olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, AgNP'lerin, *Cestrum nokturnum* vitaminine kıyasla daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirlemişler ve nanopartiküllerin antibakteriyel özelliklerini *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* ve *Salmonella typhi* bakterileri üzerinde araştırmışlardır (Keshari vd., 2020).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez kapsamında AgNP'lerin sentezinde kullanılan gümüş tuzu (AgNO_3), Fluka firmasından temin edilmiştir. AgNP'lerin indirgenmesi ve kararlaştırılmasında görev alan kurutulmuş kiraz sapı bitkisi ise Burdur ilinde bulunan yerel bir aktardan alınmıştır.

3.2. Aletler ve Cihazlar

Bu tez kapsamında hazırlanan tüm çözeltilerde ultra saf su kullanılmış ve ultra saf su ($18 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$) PURIS marka Expe-UP model ultra saf su cihazından temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda, tartım işlemleri için Kern marka ACS 220-4 model markalı hassas terazi, özütlerin elde edilmesi işleminde TOPO markalı MS300HS model markalı ısıtıcılı manyetik karıştırıcı, santrifüj işlemlerinde Hettich marka Universal 320 model santrifüj cihazı ve nanopartiküllerin kurutulmasında Memmert marka UN 110 model etüv cihazı kullanılmıştır. Ayrıca, evaporatör işlemleri Heidolph marka Laborota 4000 model evaporatör cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel çalışmalarında ise Biyosan markalı Den-1 model 0,5 McFarland cihazı, otoklav işleminde ALP markalı otoklav cihazı ve inkubasyon işleminde ise Nüve markalı inkübatör cihazı kullanılmıştır.

AgNP'lerin karakterizasyon işlemleri için;

- UV-Vis spektrometre (PG Instruments marka TG 60 model),
- TEM (JEOL marka JEM-1220 model),
- XRD (Bruker marka D8 Advance model),
- FTIR (Perkin Elmer marka Frontier model) cihazları kullanılmıştır

3.3. Yeşil Sentez Yöntemi İle Gümüş Nanopartiküllerinin Eldesi

3.3.1. Kiraz Sapı Özütünün Hazırlanması

Bu tez kapsamında, çevre dostu, ucuz maliyetli, hızlı ve güvenli bir yöntem olan yeşil sentez yöntemiyle AgNP'lerin sentez çalışmalarında kurutulmuş kiraz sapı (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Sentez çalışmalarına başlamadan önce ilk olarak Burdur'da bulunan yerel bir aktardan deney boyunca kullanılması için yeterli miktarda kurutulmuş kiraz sapı temin edilmiştir. Laboratuvara getirilen kiraz sapı örnekleri ilk olarak toz ve safsızlıklardan uzaklaştırılmak için musluk suyu ve ardından iki kez ultra saf su ile yıkanmıştır. Daha

sonra oda koşullarında gölgeye serilerek kurutulmuştur. Kurutulan kiraz sapsarı, sentez aşamasından önce küçük parçalara ayrılmış ve deneysel çalışmalara kadar ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1.Kurutulmuş kiraz sapı bitkisi

Kiraz sapı örneklerinin yukarıda anlatılan ön hazırlık işlemleri gerçekleştirildikten sonra, özüt hazırlanması işlemlerine geçilmiştir. Bunun için ilk olarak 500 mL'lik iki boyunlu balonun içine 250 mL ultra saf su konulmuş ve balonunun bir ucuna geri soğutucu diğer ucuna ise termometre konularak ısıtıcının üzerinde suyun kaynaması sağlanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kurutulmuş kiraz sapı özütünün eldesi

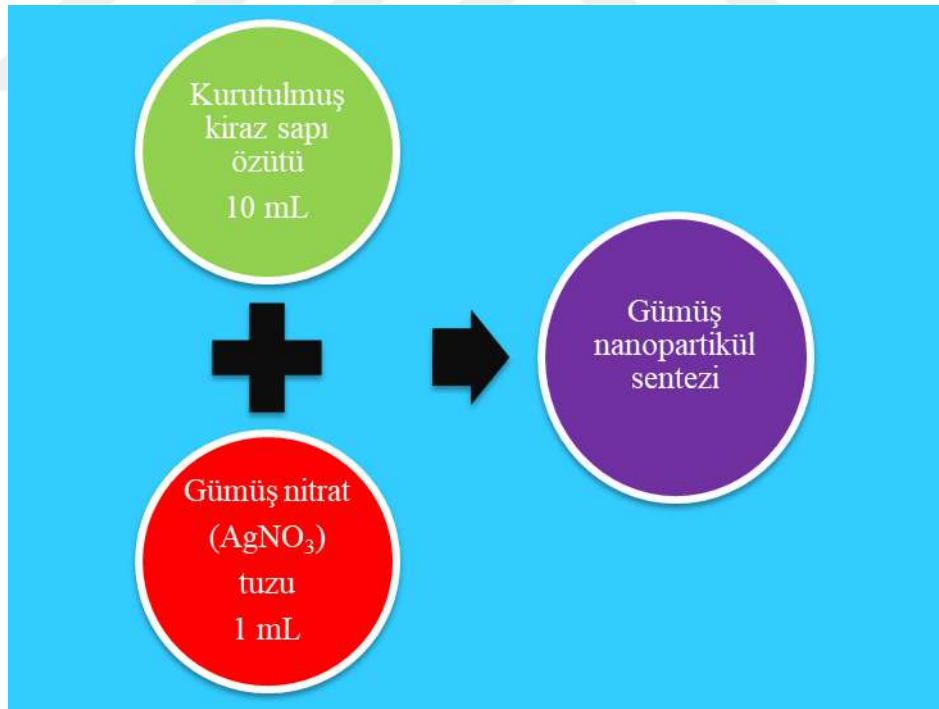
Daha sonra sıcaklık 100 °C'ya ulaştığında, kiraz sapı örneğinin çalışılacak derişimi (% 0,5, %1, %1,5, %2, %2,5 ağırlık/hacim) olacak şekilde tartılan kurutulmuş kiraz sapı

parçaları balona eklenerek 5 dakika kaynamaya bırakılmıştır. 5 dakika sonunda ısıtıcı kapatılarak sıcaklığın oda sıcaklığına gelmesi için beklenmiştir. Soğuma sonrası elde edilen özüt ilk olarak adi süzgeç kâğıdından ve sonra mavi band süzgeç kâğıdı ile süzülerek özüt hazırlama işlemi tamamlanmıştır. Hazırlanan özütler ağzı kapalı amber cam kaplara konulmuş ve buzdolabında +4°C’de muhafaza edilmiştir.

3.3.2. Gümüş Nanopartiküllerin (AgNP) Sentezlenmesi

Bu tez kapsamında AgNP’lerin sentezinde kurutulmuş kiraz sapından elde edilen özüt ve AgNO₃ tuzundan elde edilen 10⁻¹ M, 10⁻² M ve 10⁻³ M olmak üzere 3 farklı derişimdeki Ag standart çözeltileri kullanılmıştır.

AgNP sentez çalışmalarında, Bölüm 3.3.1’de anlatıldığı şekilde hazırlanmış özütlerin 10 mL’sine, hazırlanan farklı derişimlerdeki Ag standart çözeltilerinden ayrı ayrı 1 mL eklenmiş ve çözeltilerin ağzı kapalı kaplarda alüminyum folyo ile etrafı sarılarak ışık görmesi engellenmiştir. AgNP’lerin sentez çalışmalarında kullanılan prosedür Şekil 3.3’te özetlenmiştir.



Şekil 3.3. AgNP sentezi

3.4. Optimizasyon Çalışmaları

Bu tez kapsamında nanopartiküllerin boyut ve morfolojisine etki eden en önemli parametreler olan özüt miktarı, eklenen metal derişimi ve sentez süresi optimizasyonları gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Özüt ve Ag Çözeltisi Derişimi Optimizasyonu

Bu optimizasyonda 5 farklı (% 0,5, %1,0, %1,5, %2,0, %2,5 ağırlık/hacim) derişimde kurutulmuş kiraz sapı özütü kullanılmış ve bu derişimlerde hazırlanan özütlerin 10 mL'sine, 10^{-1} M, 10^{-2} M, 10^{-3} M, olmak üzere 3 farklı derişimdeki Ag çözeltilerden ayrı ayrı 1 mL eklenmiştir. Daha sonra kapların ağzı kapatılmış ve etrafı alüminyum folyo ile sarılarak karanlık ortamda ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Her bir karışımdan 24 saat sonra 3 mL alınıp kuvars tüplere konularak UV-Vis spektrometresinde spektrum ölçümleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen tüm deneysel çalışmalarda UV-Vis spektrumları, 300-800 nm dalga boyu arasında gerçekleştirilirken, kör çözelti olarak ise hazırlanan özütler kullanılmıştır.

3.4.2. Zaman Optimizasyonu

Zaman optimizasyonu, AgNP'lerin sentezlenmesi için gerekli sentez süresinin belirlenmesi için yürütülmüştür. Bu kapsamda Bölüm 3.4.1'de belirlenen optimum özüt derişimi olan %1,0 özüt derişimi ve 10^{-2} M Ag çözeltisi kullanılmış ve UV-Vis spektrum ölçümleri 0-56 saat aralığında belirli aralıklarla gerçekleştirilmiştir.

3.5. AgNP'lerin Karakterizasyon Çalışmaları

Optimizasyon çalışmalarında AgNP'lerin sentezlenmesi için gerekli en uygun şartlar belirlendikten sonra bu şartlar altında sentezlenen AgNP'lerin boyut, morfoloji ve kristal yapısının belirlenmesi için bazı karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür.

Sentezlenen AgNP'lerin SPR bantları, PG Instruments marka TG 60 model UV-Vis spektrometresi kullanılarak gerçekleştirilen spektrum ölçümleri ile elde edilmiş ve elde edilen verilerin grafikleştirilmesinde ise Origin 6.0 Professional yazılımı kullanılmıştır.

AgNP'lerin boyut ve morfolojisini belirlemek için ise TEM ölçümleri gerçekleştirilmiştir. TEM ölçümleri, nanopartikül çözeltisinden hazırlanan grid ile yapılmış, grid ise sentezlenen AgNP çözeltisinin bir damlasının, 200 mesh karbon kaplı bakır grid üzerine damlatılıp gece boyunca oda şartlarında kurutulması ile hazırlanmıştır.

Daha sonra hazırlanan bu gridin görüntüleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan JEOL JEM-1220 model elektron mikroskobu kullanılarak alınmıştır. Ayrıca, İmage Proplus 6 programı kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin ortalama partikül çapları da hesaplanmıştır.

Nanopartiküllerin kristal yapısının belirlenmesi için ise XRD ölçümleri gerçekleştirilmiş ve XRD analizi için ilk olarak bazı ön deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda AgNP çözeltisinin, 30 dakika boyunca 4500 rpm'de santrifüj işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen katı nanopartiküller gece boyunca 35 °C'de etüvde kurutulmuştur. Daha sonra, katı nanopartiküller havanda öğütülerek homojenleştirildikten sonra Bruker marka D8 Advance model X-ışınları difraktometre cihazı ile 0,1 saniyede 0,02 derece aralıklarla, 10 ila 90 derece açılar arasında bakır tüp ve LYNEYE-XE dedektör kullanılarak analiz edilmiştir. Son olarak elde edilen analiz verileri Diffrac. EVA V3.1 programı kullanılarak kütüphane veri tabanları ile karşılaştırılmıştır.

Nanopartiküllerin indirgenmesi ve kararlaştırılmasında rol oynayan fonksiyonel grupların belirlenmesi için ise ATR-FTIR analizleri gerçekleştirilmiş ve analizden önce ilk olarak özüt ve nanopartikül çözeltisindeki suyun uzaklaştırılması için evaporatör işlemine tabii tutulmuştur. Evaporatör işlemi 25 °C'de gerçekleştirilmiş ve elde edilen konsantre özüt ve nanopartikül çözeltilerinin ATR-FTIR analizleri, Perkin Elmer marka Frontier model FTIR cihazı ile 4000 cm⁻¹ ila 1000 cm⁻¹ aralığında gerçekleştirilmiştir.

3.6. AgNP'lerin Antibakteriyel Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel özelliklerinin belirlenmesi için çalışmalar yürütülmüş ve bu kapsamda gerçekleştirilen deneysel çalışmalar aşağıda anlatılmıştır.

İlk olarak çalışmamızda kullanılacak bakterileri stoktan canlandırma yapmak için 28 gram nutrient agar, 1 litre su ile tamamlanmış ve agar tamamen eriyene kadar manyetik karıştırıcı üzerinde ısıtılmıştır. Daha sonra agar, otoklavda 120 °C'de 15 dakika sterilize edilmiş ve 55-60 °C kadar soğutulduktan sonra berrak ve sarımsı kahve renkteki agardan 15 mL steril petri kaplarına konulmuştur. Son olarak kontaminasyon kontrolünün gerçekleştirilmesi için petriler bir gün oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Yeşil sentez yöntemi ile kiraz sapı özütü kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin, gram pozitif *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Listeria monocytogenes* ASKK472, *Bacillus cereus* ATTC11778, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300 ve gram negatif *Salmonella Typhimurium* ATTC 14028, *Enterobacter aerogenes* ATTC 13048, *Klebsiella*

pneumoniae, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella Enterocolitica*, *Escherichia coli* 0157:H7 ATTC 43895, *Escherichia coli* ATTC 35150 bakteri suşlarına karşı antibakteriyel özelliklerini belirlemek için kuyu difüzyon yöntemi kullanılmıştır.

Bu kapsamda yukarıda belirtilen Türbiditesi 0,5 McFarlanda ayarlanmış her bir bakteri kültür dilüsyonunun 1 mL'si üzerine 10 mL Nutrient agar kullanılarak önceden hazırlanan 20 mL'lik petri kaplarına dökme ekim yöntemiyle inoküle edilmiştir. Agar yüzeyinde steril bir mantar delici ile oluşturulan 9 mm çapındaki kuyuların içerisine ise 50 µL AgNP çözeltisi damlatılmıştır. Daha sonra tüm petri kapları, 37°C'lik inkübatörde 52 saat bekletilmiştir. Nanopartiküller tarafından sağlanan inhibisyon zon çapları ölçülerek AgNP'lerin antibakteriyel aktiviteleri belirlenmiştir (Özkan, 2019).



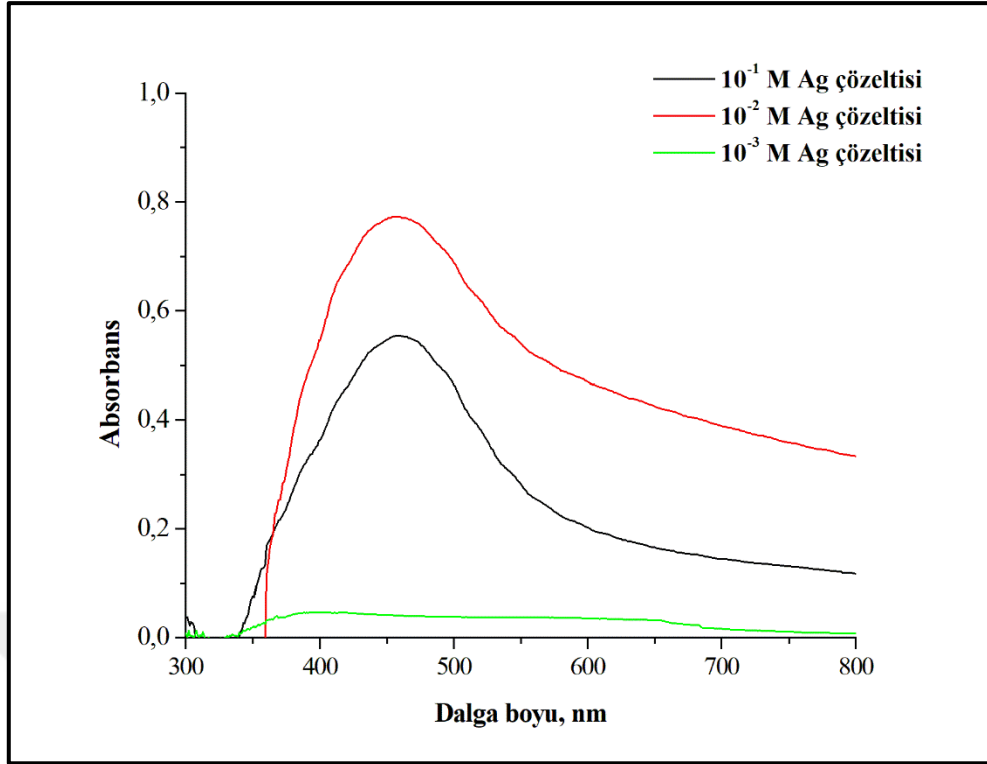
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. AgNP Sentez Çalışmaları

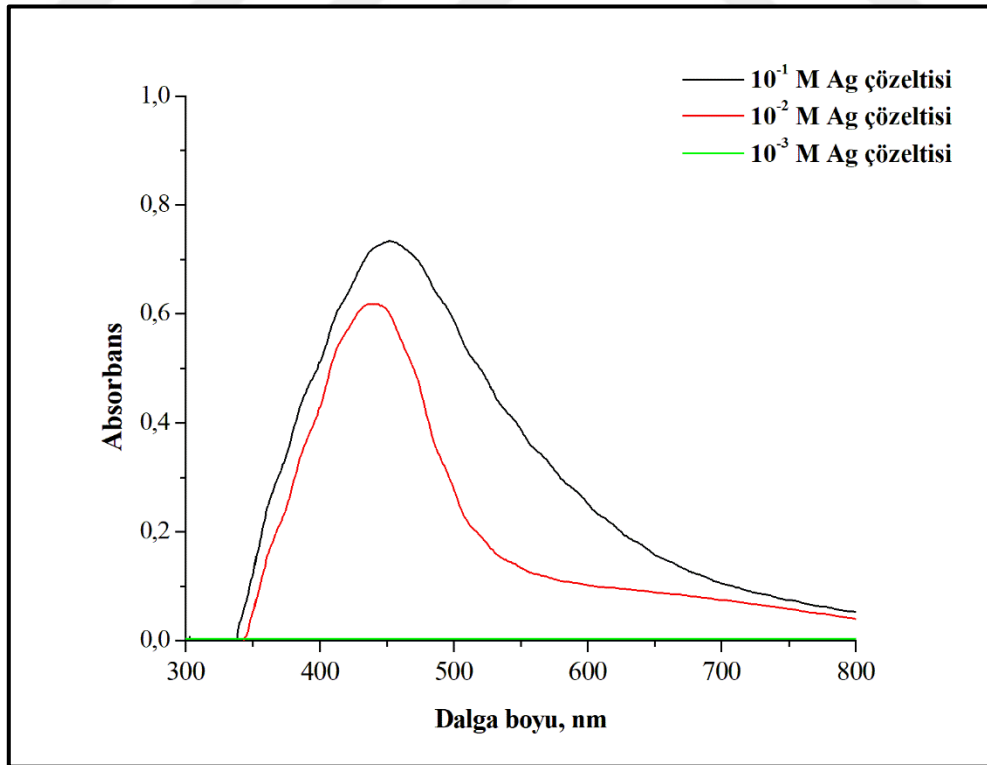
Tez çalışması kapsamında kurutulmuş kiraz sapı özütü kullanarak AgNP'lerin sentez çalışmaları yürütülmüş ve nanopartiküllerin sentezinde en önemli rol oynayan parametreler olan özüt ve Ag çözeltisi derişimi ve sentez süresi parametrelerin optimizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Gerçekleştirilen optimizasyonlar neticesinde en uygun çalışma şartları belirlenirken literatürde verilen bilgiler doğrultusunda en dar ve en maviye kayan SPR bandının elde edildiğı şartlar optimum sentez şartları olarak seçilmiştir. Çünkü SPR bandının dar olması elde edilen nanopartiküllerin boyutlarının birbirine yakın olduğunu gösterirken, bandın maviye kayması ise sentezlenen nanopartiküllerin boyutlarının küçük olduğunu göstermektedir (Krajczewski vd., 2017; Oliveira vd., 2020).

4.1.1. Özüt ve Ag Çözeltisi Derişimi Optimizasyon Sonuçları

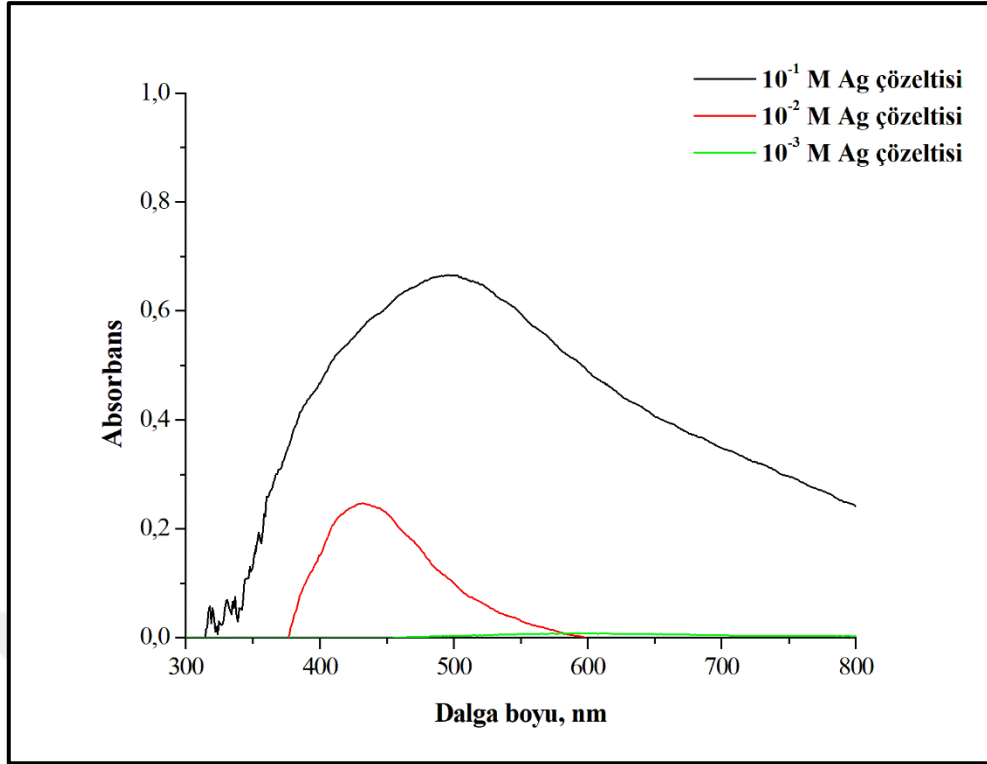
Bu optimizasyon çalışmasında % 0,5, % 1,0, % 1,5, % 2,0 ve % 2,5 (ağırlık/hacim) derişimde kurutulmuş kiraz sapı özütlerine 10^{-1} M, 10^{-2} M ve 10^{-3} M Ag standart çözeltileri 1:10 oranında (hacim/hacim) olacak şekilde ayrı ayrı eklenip 24saat sonra UV-Vis spektrometre kullanılarak spektum ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen spektrumlar Şekil 4.1 ve Şekil 4.5 arasında gösterilmiştir.



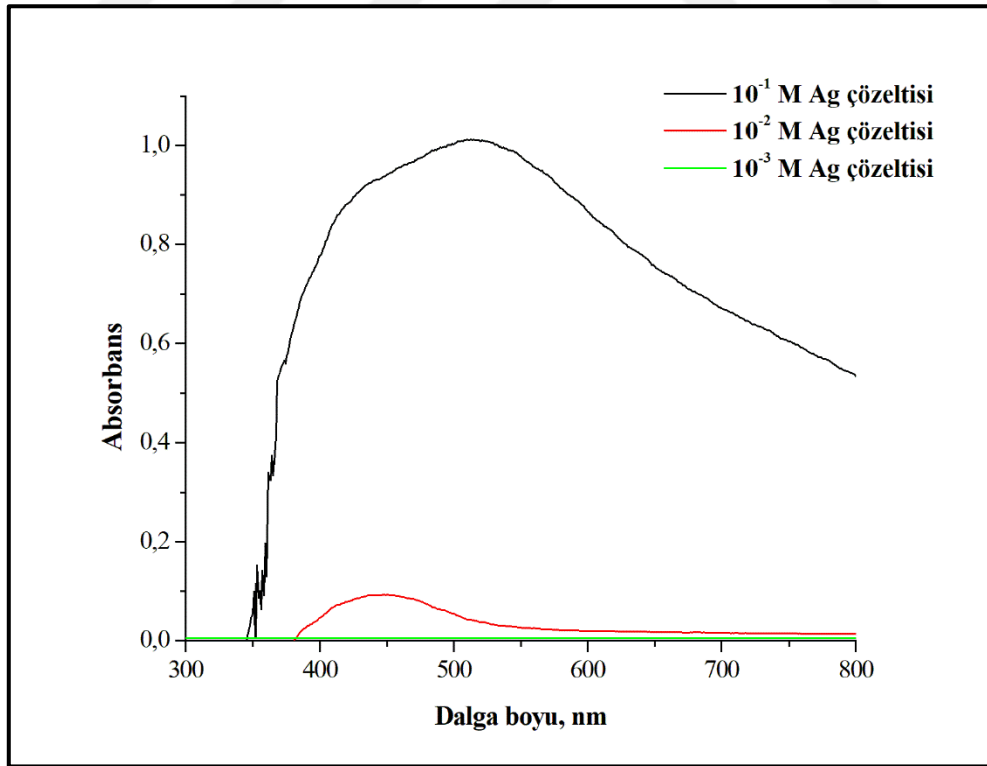
Şekil 4.1. % 0,5 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar



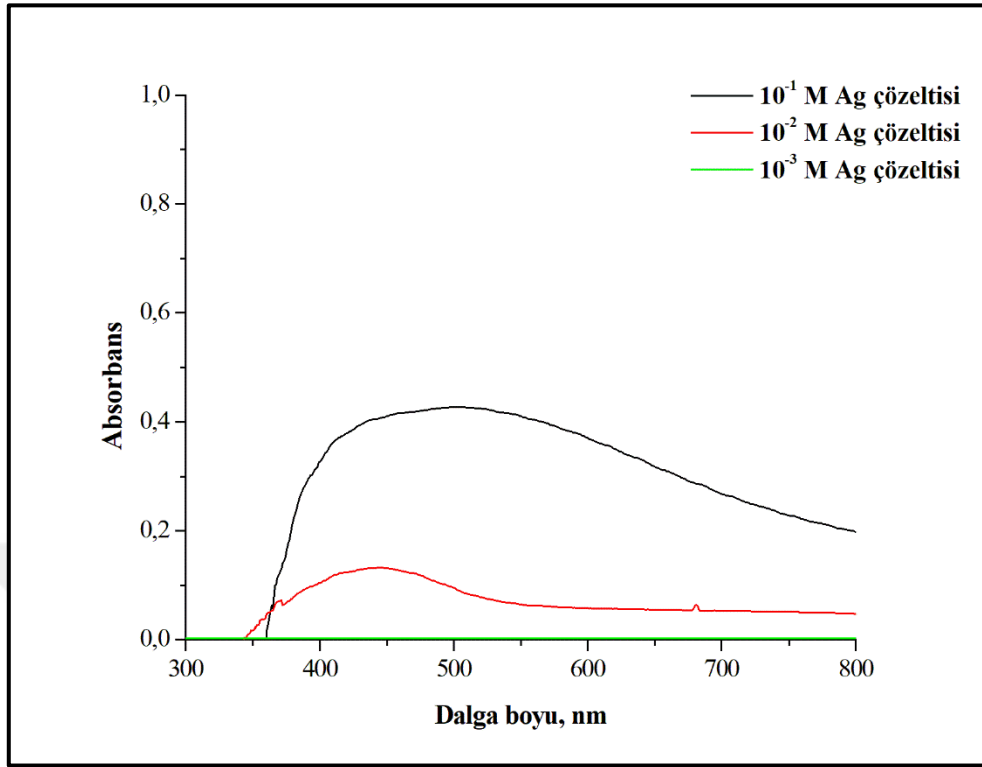
Şekil 4.2. % 1,0 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar



Şekil 4.3. % 1,5 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar



Şekil 4.4. % 2,0 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar

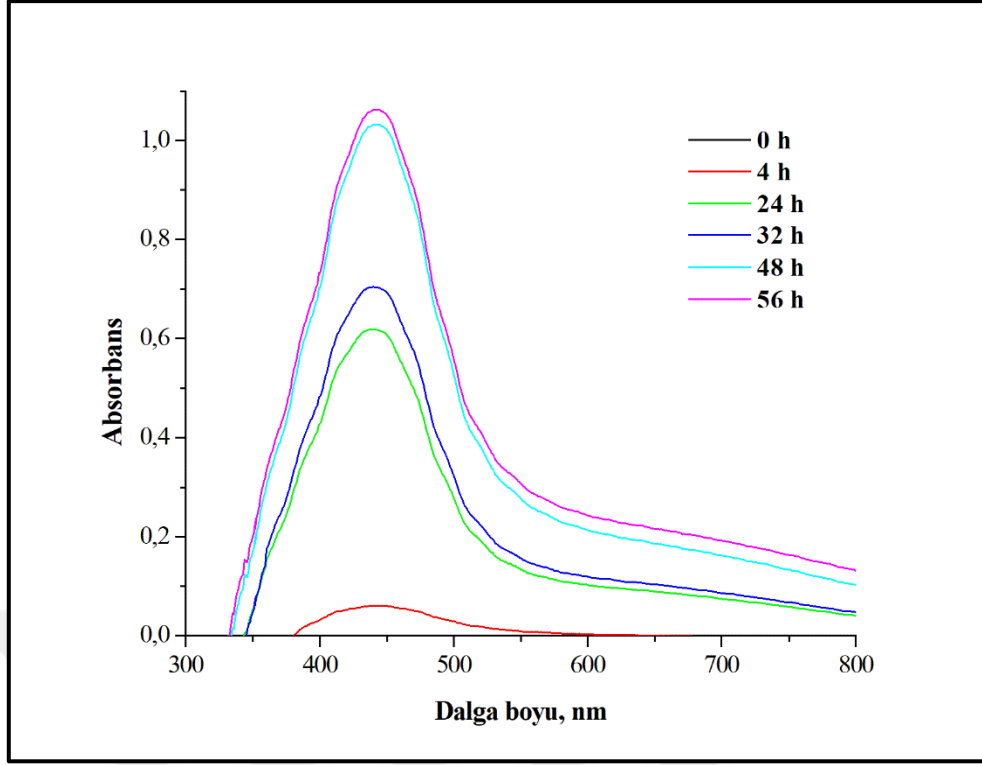


Şekil 4.5. % 2,5 derişimindeki kiraz sapı özütü ve farklı derişimlerdeki Ag çözeltisi ile elde edilen spektrumlar

Elde edilen spektrumlar değerlendirildiğinde (Şekil 4.1- Şekil 4.5) en dar ve maviye kaymanın gözlemlendiği %1,0 özüt derişimi optimum özüt derişimi, 10^{-2} M Ag çözeltisi ise optimum Ag çözeltisi olarak seçilmiştir.

4.1.2. Zaman Optimizasyonu Sonuçları

En uygun özüt ve Ag çözeltisi derişimi belirlendikten sonra nanopartiküllerin oluşması için gerekli optimum sentez süresinin belirlenmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda %1,0 özüt derişimi ve 10^{-2} M Ag çözeltisi sırasıyla 10:1 (hacim/hacim) olacak şekilde alınmış ve çözeltilerin karıştırıldığı dakikadan itibaren belirli aralıklarda (h= saat) spektrum ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen spektrumlar Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. % 1,0 kiraz sapı özütü ve 10^{-2} M Ag çözeltisi ile farklı zamanlarda elde edilen spektrumlar

Şekil 4.6 değerlendirildiğinde, 48 saatten sonra absorbans değerinde önemli bir artış olmadığı ve reaksiyonun dengeye ulaştığı gözlemlenmektedir. Dolayısıyla %1,0 özüt derişimi ve 10^{-2} M Ag çözeltisi ile AgNP'lerin sentez çalışmalarında optimum sentez süresi 48 saat olarak belirlenmiştir.

4.2. Karakterizasyon Çalışmaları

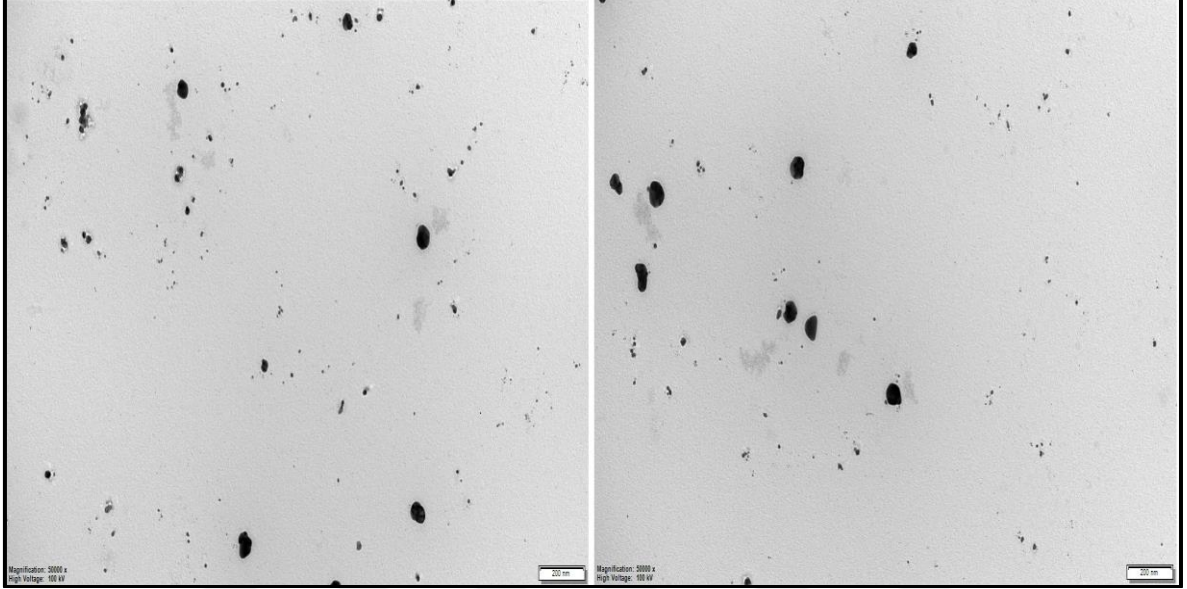
4.2.1. UV-Vis Spektrometre Sonuçları

Bu tez çalışması kapsamında yapılan optimizasyonlar neticesinde % 1,0 özüt derişimi, 10^{-2} M Ag çözeltisinin 48 saat boyunca reaksiyona sokulması gerektiği belirlenmiştir. Seçilen bu şartlar altında elde edilen AgNP'lerin SPR bandı 445 nm'de gözlemlenmiştir.

4.2.2. TEM Analiz Sonuçları

Belirlenen optimum koşullarda sentezlenen AgNP'lerin boyut ve morfolojisini belirlemek için TEM analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen TEM görüntüleri Şekil

4.7’de gösterilmiştir. Şekil 4.7 değerlendirildiğinde sentezlen nanopartiküllerin genel olarak küresel yapıda oldukları görülmektedir. Ayrıca nanopartiküllerin ortalama partikül çapları da Image proplus 6 programı kullanılarak 100 adet partikülün sayımı gerçekleştirilerek hesaplanmıştır. Buna göre nanopartiküllerin çaplarının 2,8 ila 68 nm arasında değiştiği ve ortalama çapın 13 nm olduğu belirlenmiştir.



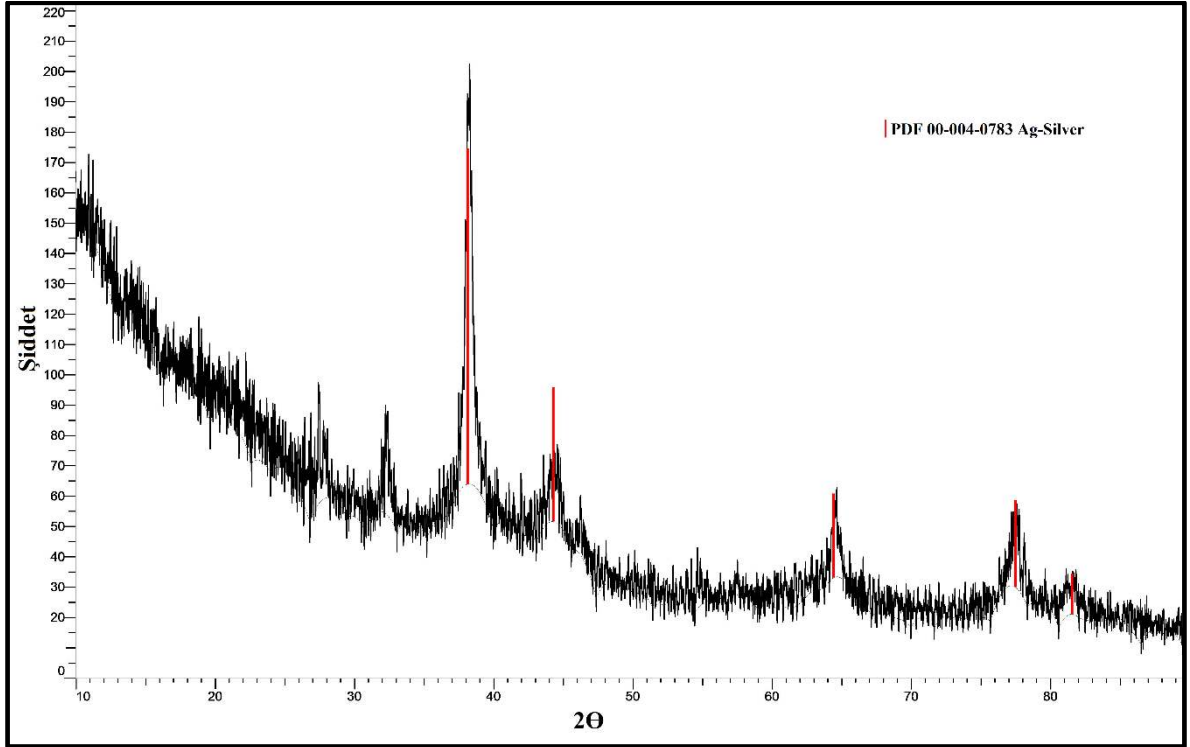
Şekil 4.7. AgNP’lerin TEM görüntüleri

Tez çalışmasında AgNP’lerin ortama partikül çapları literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Örneğin, Keshari vd., yeşil sentez yöntemiyle *Cestrum nocturnum* özütünü kullanarak elde ettikleri AgNP’lerin TEM sonuçlarını gözlemlediklerinde, sentezlenen AgNP’lerin küresel şekilli olduğunu ve AgNP’lerin boyutunun 5 ila 45 nm arasında değiştiğini ve AgNP’lerin ortalama boyutunu ise 20 nm olarak saptamışlardır (Keshari vd., 2020). Pourmortazavi vd., yaptıkları başka bir çalışmada, *Okaliptüs oleosa* özütünü kullanarak elde ettikleri AgNP’lerin sentez prosedürünün optimum koşullarda gerçekleştirilmesinin, ortalama büyüklük olarak 21 nm ile gümüş nanoparçacıklarının oluşmasına yol açtığını göstermiştir (Pourmortazavi vd., 2015). Alsammarraie vd., ise AgNP’lerin yeşil sentezini *Zerdeçal tozunun* özütünü kullanarak gerçekleştirmiş ve elde edilen gümüş nanopartiküllerin küresel formda ve ortalama parçacık boyutunun 18 ± 0.5 nm olduğunu ortaya koymuşlardır (Alsammarraie vd., 2018). Diğer bir çalışmada Lopes ve Courrol, *Mimusops coriacea* bitkisinin yapraklarının özütünü kullanarak AgNP’leri sentezlemişler ve nanopartikül çaplarının 10 ila 30 nm arasında değiştiğini belirlemişlerdir (Lopes ve Courrol., 2018). Verilen örneklerden de

anlaşılacağı gibi bu tez çalışmasında elde edilen nanopartikülerin literatürle uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2.3. XRD Analiz Sonuçları

Sentezlenen AgNP'lerin, kristal yapısının belirlenmesi için XRD analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen XRD grafiği Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



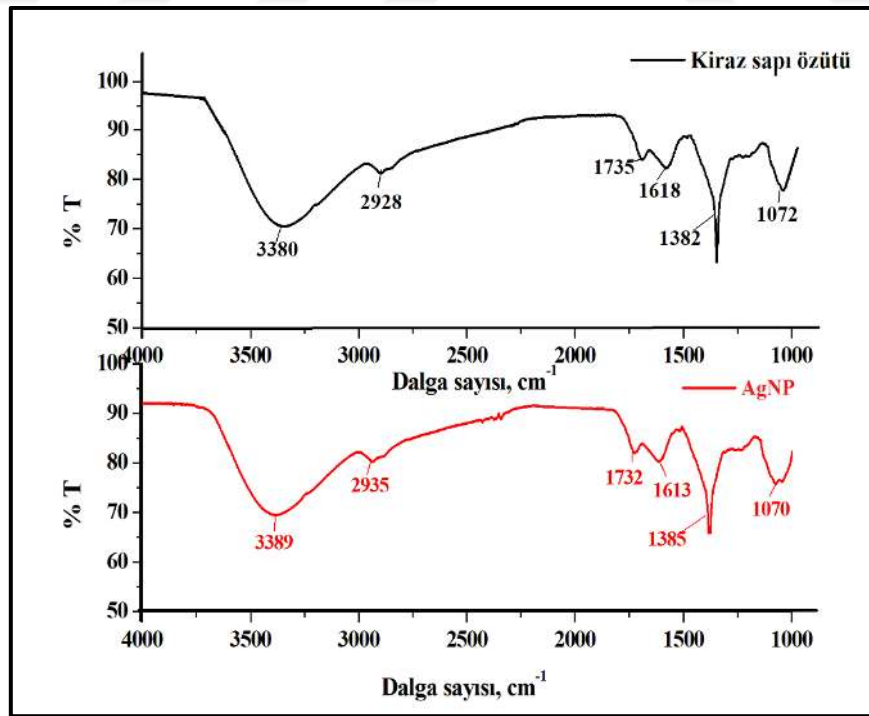
Şekil 4.8. %1,0 kiraz sapı özütü ve 10^{-2} M Ag çözeltisi ile elde edilen AgNP'lerin X-ışını kırınım deseni

Şekil 4.8 incelendiğinde, 20° ila 90° arasındaki 2θ değerlerinin tüm spektrumunda beş pik gözlemlenmiştir. AgNP'lerin kırınım desenlerinden elde edilen sonuçlara göre, $38,1^\circ$; $44,3^\circ$; $64,4^\circ$; $77,5^\circ$ ve $81,5^\circ$ açı değerleri için (111); (200); (220); (311) ve (222) kristal yapılarına karşılık gelen pikler elde edilmiştir. Ayrıca AgNP'lerin kristal yapısı da bu verilere göre yüzey merkezli kübik olarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar kütüphane taraması ile elde edilen 00-034-0783 kart verileri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen XRD sonuçlarının literatürde bulunan daha önce yapılan çalışmalarla da uyum sağladığı gözlemlenmiştir. Örneğin, Keshari vd., *Cestrum nocturnum* özütü kullanarak elde ettikleri AgNP'nin XRD analizi sonucu, 2θ değerleri $38,06^\circ$; $44,23^\circ$ ve $67,43^\circ$ 'teki piklerin sırasıyla (111);(200) ve (220)'deki düzlemleri temsil ettiğini ortaya

koymuştur. Bu düzlemler, sentezlenen AgNP'lerin kristal halde olduğunu doğrulamıştır (Keshari vd., 2020). Başka bir çalışmada Chunfa vd., *Dut yaprağı* özütünü kullanılarak monodispers AgNP'lerin yeşil sentezini gerçekleştirmişler ve yaptıkları XRD ölçümü ile 20° ila 90° arasındaki 2 θ değerlerinin tüm spektrumunda beş yoğun tepe olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca piklerin, 37,90°; 43,93°; 64,27°; 77,23° ve 81,47°'de bulunduğunu, AgNP'lerin yüzey merkezli kübik kristal yapısının (111), (200), (220), (311) ve (222) kafes düzlemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir (Chunfa vd., 2018). Sana ve Dogiparthi, AgNP'lerin yeşil sentez çalışmasında 2 θ değerleri, 37,78°; 44,09°; 64,21° ve 77,13°'de bulunan XRD düzeninde, AgNP'nin yüzey merkezli kübik yapısının (111); (200); (220) ve (311) düzlemlerine karşılık gelen pozisyonlarda olduğunu, bu sentezlenen AgNP'lerin kristalli doğasını doğruladığını rapor etmişlerdir (Sana ve Dogiparthi, 2018).

4.2.4. FTIR Sonuçları

Gerçekleştirilen ATR-FTIR analizi sonucunda AgNP'lerin sentezinde kullanılan kiraz sapı özütünde bulunan ve gümüş nanopartiküllerin indirgenmesinde ve kararlaştırılmasından sorumlu olan fitokimyasallara ait olası fonksiyonel grupların varlığı Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Kiraz sapı özütü ve AgNP'lerin ATR-FTIR sonuçları

Şekil 4.9’da da görüldüğü gibi, kiraz sapı özütünde 3380 cm^{-1} ’de gözlemlenen bant –OH gerilimine aittir. Sentezlenen AgNP’lerde bu bant 3389 cm^{-1} değerine kaymıştır. –CH gerilimi kiraz sapında 2928 cm^{-1} ’de ve C=O gerilme bandı 1735 cm^{-1} ’de görülürken, bu bantlar AgNP’de 2935 ve 1732 cm^{-1} ’e kaymıştır. Kiraz sapı özütünde 1618 cm^{-1} ’de gözlemlenen C=C bandı, AgNP’de 1613 cm^{-1} değerine kaymıştır. Kiraz sapı özütünde 1382 cm^{-1} ’de gözlemlenen C-O bandı, AgNP’de 1385 cm^{-1} değerine kaymıştır. C-O-C bantları kiraz sapında 1072 cm^{-1} ’de gözlemlenirken, AgNP’de ise 1070 cm^{-1} değerinde görülmüştür. Başka bir çalışmada Alsammarraie vd., *Turmeric* (zerdeçal) özütü kullanarak AgNP’leri sentezlemişler ve çalışmalarında FTIR karakterizasyonu gerçekleştirmişlerdir. Karakterizasyon sonucunda -OH grubunun gerilme titreşimine ait 3292 cm^{-1} ’de bir bant gözlemlenmiştir. Ayrıca 2926 cm^{-1} ’de elde edilen bandın, C-H bükülmesine, 1690 cm^{-1} ’de gözlemlenilen bandın, C=O bağından kaynaklandığını belirtmişlerdir. 1614 ve 1495 cm^{-1} ’deki iki bandın ise sırasıyla C=C çift bağları ve aromatik C=C çift bağlarından kaynaklandığını söylemişlerdir. 1151 ve 1004 cm^{-1} ’deki piklerin ise, sırasıyla C-O ve C-O-C bandından kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir (Alsammarraie vd., 2018). Bu çalışmadan da görüleceği gibi benzer fonksiyonel gruplar nanopartiküllerin yeşil sentezinde indirgeme ve kararlaştırıcı ajan olarak görev yapmaktadır.

4.3. AgNP’lerin Antibakteriyel Etkisi

AgNP’lerin antibakteriyel etkisi uzun yıllardır bilinmektedir ve bu kapsamda literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında da *Kurutulmuş kiraz sapı* özütü kullanarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen AgNP’lerin patojen bakterilerine ait antibakteriyel testi yapılmıştır. Araştırmada 11 adet farklı *koliiform bakteri* kullanılmıştır ve test sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Patojen bakterilere ait zon çapları (mm)

Bakteri Çeşitleri	Zon çapı (mm)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-
<i>Escherichia coli</i> 0157:H7	$11,5 \pm 0,7$
<i>Salmonella Enterocolitica</i>	$14,5 \pm 0,7$
<i>Escherichiacoli</i> 0157:H7 ATTC 43895	$14 \pm 0,1$
<i>Escherichiacoli</i> ATTC 35150	-

<i>Enterococcus faecalis</i> ATTC29212	-
<i>Listeria monocytogenes</i> ASKK472	13±0,1
<i>Staphylococcus aureus</i> ATTC 43300	-
<i>Bacillus cereus</i> ATTC 11778	-
<i>Salmonella</i> TyphimuriumATTC 14028	12,5±0,7
<i>Enterobacter aerogenes</i> ATTC 13048	-

Tablo 4.1. incelendiğinde sentezlenen AgNP'ler, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* ATTC 35150, *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300, *Bacillus cereus* ATTC 11778 ve *Enterobacter aerogenes* ATTC 13048 bakterilerine karşı inhibisyon etki göstermemiştir. Fakat, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella Enterocolitica*, *Escherichia coli* 0157:H7 ATTC 43895, *Listeria monocytogenes* ASKK472, *Salmonella Typhimurium* ATTC 14028 bakterileri üzerinde inhibe etki göstermiş ve en yüksek zon çapı 14,5±0,7 mm ile *Salmonella Enterocolitica* bakterisine karşı elde edilmiştir.

Literatür çalışmalarına bakıldığında zaman da gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel etkisi üzerine birçok benzer sonuç içeren çalışmalar karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Thomas vd., endemik türk olan *Coleus Vettiveroids* özütü ile sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel etkisini incelediğinde *S.Aureus* ve *E.Coli* için zon çapını sırasıyla 10 mm ve 12 mm olarak bulmuşlardır (Thomas vd., 2018).

Poudell vd., *Ganoderma Lucidum* kullanarak elde ettikleri AgNP'lerin antibakteriyel testini gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak AgNP'ler, sırasıyla 12.2±0.04 mm, 12.1±0.16 mm, 13.9±0.18 mm ve 13.1±0.06 mm'lik bir inhibisyon bölgesine sahip olan *S. typhi*, *K. pneumoniae*, *S. aureus* ve *B. cereus*'un büyümesini önemli ölçüde inhibe ettiğini gözlemlemişlerdir. En düşük antimikrobiyal aktivite 10.1±0.20 mm ile *E. coli*'ye karşı görülmüştür (Poudell vd., 2017).

Özkan, Dimrit üzümü özütü kullanarak elde ettiği AgNP'lerin antibakteriyel testinde *Salmonella Enterocolitis*, *E. coli* 0157:H7 ATTC 43895, *L. Monocytogenes* bakterilerine karşı inhibisyon etki göstermiş ve zon çapları sırasıyla 13,0±0,4, 13,0±0,4, 12,0±0,4 mm olarak bulmuştur (Özkan, 2019).

Ajitha vd., *Phyllanthus amarus* yaprak özütü kullanarak sentezledikleri AgNP'lerin antibakteriyel etkisini incelediğinde, *Escherichia coli*, *Pseudomonas spp.* gram negatif bakterileri ve *Bacillus spp.*, *Staphylococcus spp.* gram pozitif patojenlerine karşı mükemmel antimikrobiyel aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. *Staphylococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.* bakterilerine karşı zon çapı sırası ile 7, 9, 11 mm olarak bulunmuştur. Antibakteriyel çalışmalar, gram negatif *Escherichia coli* duyarlılığının 8 mL AgNP hacminden itibaren sabit olarak 6 mm'lik bir inhibisyon bölgesi ile potansiyel olarak elimine edildiğini göstermiştir. (Ajitha vd., 2018).

Erci, *Thymbra spicata* (Zahter) bitkisi, *Cynara scolymus* (Enginar) bitkisi, *Mentha piperita* (Nane) bitkisi ile AgNP'leri sentezlemiştir. *T. spicata* yaprak ekstraktının son hacminin 1 mM AgNO₃ ile 100 mL'ye tamamlanarak çözeltinin karıştırılmasıyla elde edilen Ts1AgNP ve ekstrakt miktarının 5 mL'ye yükseltilmesiyle elde edilen Ts2AgNP'nin mumalesinden sonra kaydedilen inhibisyon zon çapı, *E. coli*'de 11.60±0.20 ve 11.40±0.20 mm; *S. typhimurium*'da sırasıyla 14.20±0.20 ve 11.30±0.10 mm olarak elde edilmiştir. *C. scolymus* yaprak ekstraktından elde edilen CsAgNP ve *M. piperita* yaprak ekstraktından elde edilen MpAgNP'ler, *E. coli*'de 12.63±0.40 ve 11.10±0.10 mm inhibisyon zon çapı göstermiştir ve *S. typhimurium* için ise inhibisyon zon çapı 12.57±0.15 ve 10.60±0.20 mm olarak ölçülmüştür (Erci., 2018).

5. SONUÇLAR

Nanoteknoloji, maddenin nano seviyede sentezlenmesi, değiştirilmesi ve geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapan bir teknolojidir. Boyutları 100 nm'den küçükolan nanopartiküller ise nanoteknolojik çalışmaların ilk adımıdır. Nanopartiküller içinde AgNP'ler,patojenik mikroorganizmalara karşı antibakteriyel özelliği ile dikkat çekmektedir. Nanopartiküllerin sentezlenmesi çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilirken, son yıllarda yeşil sentez yöntemi çevre kirliliğine neden olmama, ucuz basit ve tekrar edilebilir olma gibi avantajlı özellikleri nedeniyle daha çok tercih edilmeye başlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında *Kurutulmuş kiraz sapı* özütü kullanarak yeşil sentez yöntemiyle AgNP'lerin sentezlenmesi amaçlanmış ve nanopartiküllerin sentezlenmesinde önemli rol oynayan özüt ve Ag standart çözeltisi derişimleri optimize edilmiştir. Ayrıca tezkapsamında nanopartiküllerin sentezlenmesi için gerekli sentez süresinin de belirmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Bu kapsamda farklı koşullarda gerçekleştirilen sentezler için elde edilen SPR bantları değerlendirildiğinde;

- %1,0 özüt derişimi ve 10^{-2} M Ag çözeltisi derişimi en uygun sentez koşulları olarak seçilmiştir. Ayrıca nanopartiküllerin sentezlenmesi için gerekli olan sürenin 48 saat olduğu,yapılan sentez süresi optimizasyonunda belirlenmiştir. Optimum koşullarda sentezlenen AgNP'lerin SPR bantları 445nm'de elde edilmiştir.

İkinci aşamada, belirlenen optimum koşullarda elde edilen AgNP'lerin; morfolojisi, kristal yapıları, fonksiyonel grupların varlığı hakkında bilgi edinilmesi için TEM, XRD, FTIR teknikleri ile karakterize edilmiştir.

- TEM analiz sonucunda AgNP'lerin genel olarak küresel şekilli olduğu, çaplarının da 2,8 ila 68 nm arasında değiştiği ve ortalama çapın 13 nm olduğu belirlenmiştir.
- AgNP'lerin XRD ölçümleri sonuçlarına göre ise $38,1^{\circ}$; $44,3^{\circ}$; $64,4^{\circ}$; $77,5^{\circ}$ ve $81,5^{\circ}$ açı değerleri için (111); (200); (220); (311) ve (222) kristal yapılarına karşılık gelen pikler olduğu sonucuna ulaşılmış ve AgNP'lerin kristal yapısı da bu verilere göre yüzey merkezli kübik olarak belirlenmiştir.
- Sentezlenen AgNP'lerin indirgenmesinde yer alan fonksiyonel gruplarını belirlemek için FTIR analizleri gerçekleştirilmiş ve -OH, $|\text{-CH}_2\text{-C=O}$, -C=C , -C-O ve -C-O-C fonksiyonel gruplarının bu görevde yer alan olası fonksiyonel gruplar olabileceği belirlenmiştir.

- Tez çalışmasının üçüncü basamağında, sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel etkisigram pozitif *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Listeria monocytogenes* ASKK472, *Bacillus cereus* ATTC11778, *Staphylococcus aureus* ATTC 43300ve gram negatif *Salmonella Typhimurium* ATTC 14028, *Enterobacter aerogenes* ATTC 13048, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella Enterocolitica*, *Escherichia coli* 0157:H7ATTC 43895, *Escherichia coli* ATTC 35150 bakterilerine karşı araştırılmıştır.
- Sentezlenen AgNP'ler, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*ATTC 35150, *Enterococcus faecalis*ATTC29212, *Staphylococcus aureus*ATTC 43300, *Bacillus cereus*ATTC 11778 ve *Enterobacter aerogenes*ATTC 13048 bakterilerine karşı inhibisyon etki göstermemiştir.
- AgNP'ler, *Escherichia coli*0157:H7, *Salmonella Enterocolitica*, *Escherichia coli*0157:H7 ATTC 43895, *Listeria monocytogenes*ASKK472, *Salmonella Typhimurium*ATTC 14028 bakterileri üzerinde inhibe etki göstermiş ve en yüksek zon çapı $14,5 \pm 0,7$ mm ile *Salmonella Enterocolitica* bakterisine karşı elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B., and Ikram, S., 2016. A Review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise. *Journal of Advanced Research*, 7(1), 17–28.
- Ajitha, B., Reddy, Y. A. K., Jeon, H. J., Ahn, C. W., 2018. Synthesis of silver nanoparticles in an eco-friendly way using *Phyllanthus amarus* leaf extract: antimicrobial and catalytic activity. *Advanced Powder Technology*, 29(1), 86-93.
- Akçay, A., 2018. Nikel Nanopartikül Sentezi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye.
- Allhoff, F., Lin, P., Moore, D., 2010. What is nanotechnology and why does it matter?. *From Science to Ethics*, 1-293.
- Alsammarraie, F.K., Wang, W., Zhou, P., Mustapha, A., Lin, M., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using turmeric extracts and investigation of their antibacterial activities. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 171, 398–405.
- Arslan, Y., 2011. Development of Novel Analytical Methods for Selenium, Gold, Silver and Indium Determination Using Volatile Compound Generation, Atom Trapping and Atomic Absorption Spectrometry. Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Ashour, L.H., 2018. Control Of Gray Mold Disease Agent *Botrytis Cinerea* On Cucumber *Cucumis Sativus* By Peppermint *Mentha Piperita* L. Essential Oil Mixed Nanoparticles, Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye.
- Bengoechea, J.A., Pessoa, J.S., 2018. Klebsiella pneumoniae infection biology: living to counteract host defences. *FEMS Microbiology Reviews*, 123–144.
- Beszterda, M., and Frański, R., 2020. Detection of flavone c-glycosides in the extracts from the bark of *Prunus Avium* L. and *Prunus Cerasus* L. *European Journal of Mass Spectrometry*, 26(5), 369–375.
- Bhagyaraj, S.M., and Oluwafemi, O.S., 2018. Nanotechnology: The Science of the Invisible. In *Synthesis of Inorganic Nanomaterials* (1-18). <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-101975-7.00001-4>.
- Biçer, M. 2008. Bakır Nanopartiküllerinin Sentezi Ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Boxall, A.B.A., Molhave, K. 2011. Characterization of nanomaterials in food by electron microscopy. *Trends in analytical chemistry*, 30(1), 28–43.
- Büyüksırt, T., and Kuleaşan, H., 2014. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve gıda analizlerinde kullanımı. *Gıda*, 39(4), 235–41.

- Chopra, I., 2007. The increasing use of silver-based products as antimicrobial agents: a useful development or a cause for concern? *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 59(4), 587–90.
- Christian, P., Kammer, F.V.D., Baalousha, M., and Hofmann, T., 2008. Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media. *Ecotoxicology*, 17(5), 326–43.
- Chunfa, D., Fei, C., Xianglin, Z., Xiangjie, W., Xiuzhi, Y., Bin, Y. 2018. Rapid and green synthesis of monodisperse silver nanoparticles using mulberry leaf extract. *Xiyou Jinshu Cailiao Yu Gongcheng/Rare Metal Materials and Engineering*, 47(4), 1089–95.
- Das, M., and Chatterjee, S., 2019. Green Synthesis, Characterization and Applications of Nanoparticles. *Green Synthesis of Metal/Metal Oxide Nanoparticles toward Biomedical Applications: Boon or Bane* 267-282.
- Demir, T., Akpınar, Ö., Kara, H., and Güngör, H., 2020. Cherry stem phenolic compounds: optimization of extraction conditions and in vitro evaluations of antioxidant, antimicrobial, antidiabetic, anti-inflammatory, and cytotoxic activities. *Journal of Food Processing and Preservation*, 056, 1–14.
- Dudkiewicz, A., Tiede, K., Loeschner, K., Jensen, L.H.S., Jensen, E., Wierzbicki, R., Boxall, A.B.A., Molhave, K. 2011. Characterization of nanomaterials in food by electron microscopy. *Trends in Analytical Chemistry*, 30, 28-43.
- Echiegu, E.A. 2017. Nanotechnology: food and environmental paradigm. *Nanotechnology: Food and Environmental Paradigm*, 1, 153-167.
- Erci, E., 2019. Çocuklarda Çoklu İlaç Direnci Gösteren Gram Negatif Bakteriler İle Gelişen Enfeksiyon Hastalıklarının Özellikleri, Uzmanlık Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara, Türkiye.
- Erci, F., 2018. Yeşil Sentez İle Elde Edilen Metal Nanopartiküllerin Antimikrobiyal Ve Antibiyofilm Etkinliklerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Ersöz, M., Işıtan, A., Balaban, M. 2018. Nanoteknoloji 1. *Evrensel Naoteknoloji Becerileri Geliştirme ve Motivasyon Kazandırma*, 131-13.
- Essendoubi, M., Toubas, D., Lepouse, C., Leon, A., Bourgeade, F., Pinon, J.M., Manfait, M., Sockalingum, G.D. 2007. Epidemiological investigation and typing of candida glabrata clinical isolates by FTIR spectroscopy. *Journal of Microbiological Methods* 71(3), 325–31.
- Gajbhiye, S., Sakharwade, S. 2016. Silver nanoarticles in cosmetics. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*, 6, 48-53.
- Gregersen, T., 1978. Rapid Method for Distinction of Gram-Negative from Gram-Positive Bacteria. *European J. Appl. Microbiol. Biotechnol*, 5, 123-127.

- Gregoriadis, G., Swain, C.P., Wills, E.J., Tavill, A.S., 1974. Drug-carrier potential of liposomes in cancer chemotherapy. *The Lancet*, 29, 1313-1316.
- Grobe, A., Renn, O., and Jaeger, A. 2008. Governance An International Journal Of Policy And Administration A Report for IRGC Risk Governance of Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics A Report Prepared for 3-51.
- Hamed, S., Shojaosadati, A.S., Shokrollahzadeh, S., and Hashemi-Najaf Abadi, S. 2017. Controlled biosynthesis of silver nanoparticles using culture supernatant of filamentous fungus. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 36(5), 33–42.
- Hitesh, and Lata, S. 2018. Green chemistry based synthesis of silver nanoparticles from floral extract of nelumbo nucifera. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 6227–33.
- Idris, A.M., and El-Zahhar, A.A., 2019. Indicative properties measurements by SEM, SEM-EDX and XRD for Initial homogeneity tests of new certified reference materials. *Microchemical Journal*, 146, 429–33.
- Iravani, S. 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), 2638–50.
- İnce, Y.. 2017. Ag, Au ve Pt Nanopartiküllerin Bıldırcın Yumurta Sarısı Kullanılarak Yeşil Sentez Yöntemi İle Eldesi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Jebril, S., Jenana, R.K.B., Dridi, C. 2020. Green synthesis of silver nanoparticles using melia azedarach leaf extract and their antifungal activities: in vitro and in Vivo. *Materials Chemistry and Physics*, 248, 122898.
- Kane, S.R., Ashby, P.D., and Pruitt, L.A. 2009. ATR-FTIR as a thickness measurement technique for hydrated polymer-on-polymer coatings. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 91(2), 613–20.
- Karaca, F., and Öner, M.A. 2015. Scenarios of nanotechnology development and usage in turkey. *Technological Forecasting and Social Change*, 91, 327–40.
- Kargozar, S., and Mozafari, M. 2017. Nanotechnology and nanomedicine: start small, think big. *Materials Today Proceedings*, 5(7), 15492–15498.
- Kera, M., 2019. Süt ve Süt Ürünlerinden İzole Edilen Gram-Pozitif ve Gram-Negatif Bakterilerin PAtojenite Kriterlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Keshari, A.K., Srivastava, R., Singh, P., Yadav ,V.B., Nath, G. 2020. Antioxidant and antibacterial activity of silver nanoparticles synthesized by Cestrum Nocturnum. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, 11(1), 37–44.

- Khamhaengpol, A., Siri, S. 2017. Green synthesis of silver nanoparticles using tissue extract of Weaver Ant Larvae. *Materials Letters*, 192, 72–75.
- Khan, A. A., Fox, E.K., Gorzny, M.L., Nikulina, E., Brougham, D.F., Wege, C., Bittner, A.M. 2013. PH control of the electrostatic binding of gold and iron oxide nanoparticles to tobacco mosaic virus. *Langmuir*, 29(7), 2094–98.
- Kharissova, O.V., Dias, H.V.R., Kharisov, B.I., Pérez, B.O., Pérez, V.M.J. 2013. The greener synthesis of nanoparticles. *Trends in Biotechnology*, 31(4), 240–48.
- Krajczewski, J., Kołataj, K., Kudelski, A., 2017. Plasmonic nanoparticles in chemical analysis. *RSC Advances*, 7, 17559–17576.
- Lin, S.Y., and Wang, S.L. 2012. Advances in simultaneous DSC-FTIR microspectroscopy for rapid solid-state chemical stability studies: Some Dipeptide Drugs as Examples. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64(5), 461–78.
- Lopes, C. R.B., and Courrol, L.C. 2018. Green synthesis of silver nanoparticles with extract of mimusops coriacea and light. *Journal of Luminescence*, 199, 183–87.
- Malik, P., Shankar, R., Malik, V., Sharma, N., Mukherjee, T.K. 2014. Green chemistry based benign routes for nanoparticle synthesis. *Journal of Nanoparticles* 1–14.
- Mataraci, E., Dosler, S., 2012. In vitro activities of antibiotics and antimicrobial cationic peptides alone and in combination against methicillin-resistant staphylococcus aureus biofilms. *American Society For Microbiology*, 56, 6366-6371.
- Mbonyiryivuze, A., Zongo, S., Diallo, A., Bertrand, S., Minani, E., Yadav, L. L., Mwakikunga, B., Dhlamini, S.M., Maaza, M. 2015. Titanium dioxide nanoparticles biosynthesis for dye sensitized solar cells application: review. *Physics and Materials Chemistry*, 3(1), 12–17.
- Nartop, P. 2017. Use of biosynthetic silver nanoparticles in the surface sterilization of *Pyracantha Coccinea* stem explants. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(6), 759–61.
- Navaladian, S., Viswanathan, B., Varadarajan, T.K., and Viswanath, R.P. 2008. Microwave-Assisted rapid synthesis of anisotropic Ag nanoparticles by solid state transformation. *Nanotechnology*, 19(4), 1-7.
- Noah, N., 2019. Green synthesis: characterization and application of silver and gold nanoparticles. 113-114.
- Oliveira, J.P., Prado, A.R., Keijok, W.J., Ribeiro, M.R.N., Pontes, M.J., Nogueira, B.V. Guimarães, M.C.C., 2020. A helpful method for controlled synthesis of monodisperse gold nanoparticles through response surface modeling. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 216–226.

- Ordóñez, E.G., and Ruperez, P. 2011. FTIR-ATR Spectroscopy as a tool for polysaccharide identification in edible brown and red seaweeds. *Food Hydrocolloids*, 25(6), 1514–20.
- Osorio, I., Igreja, R., Franco, R., and Cortez, J. 2012. Incorporation of silver nanoparticles on textile materials by an aqueous procedure. *Materials Letters*, 75, 200–203.
- Özkan, S., 2019. Burdur Dimrit Üzümlü (Vitis vinifera L.) Özütü Kullanılarak Gümüş Nanoartiküllerin Sentezlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur, Türkiye.
- Paosen, S., Saising, J., Septama, A.W., and Voravuthikunchai, S.P. 2017. Green synthesis of silver nanoparticles using plants from myrtaceae family and characterization of their antibacterial activity. *Materials Letters*, 209, 201–6.
- Patil, M., Singh, R.D., Koli, P.B., Patil, K.T., Jagdale, B.D., Tipare, A.Ra., Kim, G.D. 2018. Antibacterial potential of silver nanoparticles synthesized using madhuca longifolia flower extract as a green resource. *Microbial Pathogenesis*, 121, 184–89.
- Patra, J.K., Gouda, S. 2013. Application of nanotechnology in food packaging: an overview. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 29(4), 403–8.
- Poinern, G.E.J., Chapman, P., Shah, M., Fawcett, D. 2013. Green biosynthesis of silver nanocubes using the leaf extracts from Eucalyptus Macrocarpa. *Nano Bulletin*, 2(1), 130101.
- Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rákos, M., Fári, M. 2014. The effect of bioenergy expansion: food, energy, and environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 559–578.
- Poudel, M., Pokharel, R., Sudip K.C., Awal, S.C., Pradhananga, R. 2017. Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Ganoderma Lucidum* and Assessment of Antioxidant and Antibacterial Activity. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 5(4), 523-531.
- Poudel, M., Pokharel, R., Sudip, K.C., Awal, S.C., Pradhananga, R. 2017. Biosynthesis of silver nanoparticles using ganoderma lucidum and assessment of antioxidant and antibacterial activity. *International Journal Of Applied Sciences and Biotechnology*, 5(4), 523-531.
- Pourmortazavi, S.M., Taghdiri, M., Makari, V., Rahimi-Nasrabadi, M. 2015. Procedure optimization for green synthesis of silver nanoparticles by Aqueous Extract of Eucalyptus Oleosa. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 136, 1249–54.
- Salari, S., Bahabadi, S.E., SamzadehKermani, A., Yosefzai, F. 2018. In-vitro evaluation of antioxidant and antibacterial potential of green synthesized silver nanoparticles using Prosopis Farcta Fruit Extract. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 18(1), 430–45.

- Samanta, S., Pyne, S.S., Sarkar, P., Sahoo, G.P., Bar, H., Bhui, D.K., Misra, A. 2010. Synthesis of silver nanostructures of varying morphologies through seed mediated growth approach. *Journal of Molecular Liquids*, 153(2–3), 170–173.
- Sana, S.S., and Dogiparthi, L.K. 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using *Givotia Moluccana Leaf* Extract and evaluation of their antimicrobial activity. *Materials Letters*, 226, 47–51.
- Sankar, R., Karthik, A., Prabu, A., Karthik, S., Shivashangari, K.S., Ravikumar, V. 2013. Origanum vulgare mediated biosynthesis of silver nanoparticles for its antibacterial and anticancer activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 108, 80–84.
- Schaming, D., and Remita H. 2015. Nanotechnology: from the ancient time to nowadays. *Foundations of Chemistry*, 17(3), 187–205.
- Senthilkumar, S. R., and Sivakumar, T. 2014. Green tea (*Camellia Sinensis*) mediated synthesis of zinc oxide (ZnO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(6), 461–465.
- Sepideh, H., Abbas, S.S., Soheila, S., Sameereh, H.A. 2017. Controlled biosynthesis of silver nanoparticles using culture supernatant of filamentous fungus. *Research Article*, 36(5), 33–42.
- Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S.K., Poinern, G.E.J. 2015. Materials green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities. *Materials*, 8, 7278–7308
- Shah, M., Poinern, G.E.J., Fawcett, D. 2016. Biosynthesis of silver nanoparticles using indigenous *Xanthorrhoea glauca* leaf extract and their antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus epidermis*. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 4(7), 2886–2892.
- Sharma, G., Kumar, A., Sharma, S., Naushad, M., Divedi, R.P., Alothman, Z.A., Mola, G.T. 2019. Novel development of nanoparticles to bimetallic nanoparticles and their composites: a review. *Journal of King Saud University – Science*, 31(2), 257–69.
- Silverstein, R.W., Bassler, G.C. 1962. Spectrometric Identification of Organic Compounds. *Journal of Chemical Education*, 39, 11.
- Singh, J., Mehta, A., Rawat, M., and Basu, S. 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using sun dried tulsi leaves and its catalytic application for 4-nitrophenol reduction. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(1), 1468–1474.
- Sun, Q., Cai, X., Li, J. Zheng, M. Chen, Z., Yu, C.P. 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using Tea Leaf Extract and evaluation of their stability and antibacterial activity. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 444, 226–31.

- Şahin, S. 2014. Teknolojik Gelişmeler ve Uluslararası Rekabet Gücü İlişkisi Bağlamında Nanoteknolojinin Önemi ve Türkiye Deneyimi, Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Tegart, G. 2009. Energy and nanotechnologies: priority areas for australia's future. *Technological Forecasting and Social Change*, 76(9), 1240–1246.
- Thomas, B., Prasad, A.A., Vithiya, S.M. 2018. Evaluation of Antioxidant, Antibacterial and Photo catalytic Effect of Silver Nanoparticles from Methanolic Extract of Coleus Vettiveroids – an Endemic Species. *Nanostruct*, 8(2), 179-190.
- Thomas, V. Yallapu, M.M., Sreedhar, B., Bajpai, S. K. 2007. A versatile strategy to fabricate hydrogel-silver nanocomposites and investigation of their antimicrobial activity. *Journal of Colloid and Interface Science*, 315(1), 389–95.
- Tolaymat, T.M., El Badawy, A.M., Genaidy, A., Scheckel, K.G., Luxton, T.P., Suidan, M. 2010. An evidence-based environmental perspective of manufactured silver nanoparticle in syntheses and applications: a Ssystematic review and critical appraisal of peer-reviewed scientific papers. *Science of the Total Environment*, 408(5), 999–1006.
- Ünal, İ., 2019. *Rheum Ribers* (Işgın) Ve *Paeonia Kesraunensis* (Ayıgülü) Bitkilerinin Ekstraktından Gümüş Nanopartikül Sentezi, Karakterizasyonu ve Sitotoksitesinin Belirlenmesi, Doktora Tezi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye.
- Vagenas, N. V., Gatsouli, A., and Kontoyannis, C.G. 2003. Quantitative analysis of synthetic calcium carbonate olymorphs using FT-IR spectroscopy. *Talanta*, 59(4), 831–36.
- Williams, D.B., Carter, C.B. 2009. Em-125 Transmission Electron Microscope. *Bulletin of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. Physical series*, 47(6), 13–15.
- Yousaf, S.A., Ali S., 2008. Why nanoscience and nanotechnology? what is there for us? why nanoscience and nanotechnology? what is there for us? *Journal of Faculty of Engineering & Technology*, (11–20).