



**T.C.**

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VAN YÖRESİNE AİT SİRMO (ALLIUM  
SCHOENOPRASUM L.) BİTKİSİNDEN GÜMÜŞ  
NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ,  
KARAKTERİZASYONU, ANTİMİKROBİYAL VE  
ANTİOKSİDAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Yurdağül ÇELİK**

**Temmuz-2024  
BATMAN**

T.C.  
BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VAN YÖRESİNE AİT SİRMO (ALLIUM  
SCHOENOPRASUM L.) BİTKİSİNDEN GÜMÜŞ  
NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ,  
KARAKTERİZASYONU, ANTİMİKROBİYAL VE  
ANTİOKSİDAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yurdagül ÇELİK

Danışman  
Doç.Dr. Beşir DAĞ

Temmuz-2024  
BATMAN

## TEZ KABUL VE ONAYI

Yurdagül ÇELİK tarafından hazırlanan “Van Yöresine Ait Sirmo (*Allium schoenoprasum* L.) Bitkisinden Gümüş Nanopartiküllerinin Sentezi, Karakterizasyonu, Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkilerinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 26/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

.....

#### Danışman

Doç. Dr. Beşir DAĞ

.....

#### Üye

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Murat ÖTER  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü V.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yurdagül ÇELİK

26.07.2024

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### VAN YÖRESİNE AİT SİRMO (*ALLIUM SCHOENOPRASUM* L.) BİTKİSİNDEN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU, ANTİMİKROBİYAL VE ANTİOKSİDAN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yurdagül ÇELİK

BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Beşir DAĞ

2024, 81 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Doç. Dr. Beşir DAĞ

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

Yeşil yolla metalik nanopartiküllerin sentezlenmesi üzerine yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu ürünlerin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Metalik nanopartiküller içinde gümüş nanopartiküller özellikle antimikrobiyal özelliği ile tıbbi uygulamalarda kullanımları oldukça yaygındır. Bu tez çalışmasında, Van bölgesinde yetişen *Allium schoenoprasum* L. (Sirmo) bitkisi kullanılarak gümüş nanopartiküllerin (AgNP) sentezi, çeşitli enstrümental analizlerle karakterizasyonunun yapılması, antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin incelenmesi amaçlandı. Sentez sonucunda elde edilen gümüş nanopartiküllerin (AgNP'ler) özellikleri UV-Vis, XRD, FTIR, FESEM, SEM, TEM, AFM, EDX gibi çeşitli cihazlar aracılığıyla belirlendi. AgNP'lerin 487.50 nm'de maksimum absorbansa sahip oldukları ölçüldü. Morfolojik görünümünün küresel olduğu, tekli dağılım sergidekileri ve kristal nano boyutlarının 6.26 nm olduğu belirlendi. Sentezi yapılan AgNP'lerin patojen *Candida albicans* ATCC 10231, patojen gram pozitif *S. aureus* ATCC 29213 bakterileri ve gram negatif *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27833 suşlarının üremelerinin baskılanması üzerinde minimum inhibisyon konsantrasyonlarının 1.00-2.00 µg mL<sup>-1</sup> olduğu tespit edildi. AgNP'lerin antioksidan etkileri bakımından DPPH ve bakır iyonu indirgeme kapasitelerinin olduğu belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** AgNP'ler, *Allium schoenoprasum*, antimikrobiyal, antioksidan

## ABSTRACT

## MS THESIS

# EVALUATION OF THE SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT EFFECTS OF SILVER NANOPARTICLES FROM THE SİRMO (*ALLIUM SCHOENOPRASUM* L.) PLANT FROM VAN REGION

Yurdagül ÇELİK

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES OF BATMAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER SCIENCE IN CHEMISTRY

Advisor: Associate Prof.Dr. Beşir DAĞ

2024, 81 Pages

Jury

Prof. Dr. Abdulkadir LEVENT

Doç. Dr. Beşir DAĞ

Prof. Dr. Ramazan ERENLER

Research on the eco-friendly production of metallic nanoparticles is growing steadily. The goods have a diverse array of applications. Silver nanoparticles are commonly utilised in medicinal applications due to their antibacterial characteristics. This thesis aims to synthesise silver nanoparticles (AgNPs) using the *Allium schoenoprasum* L. (Sirmo) plant growing in the Van region. The nanoparticles were characterised using various objective analyses and their antibacterial and antioxidant activities were examined. The characteristics of silver nanoparticles (AgNPs) produced through synthesis were analysed using a variety of instruments including UV-Vis, XRD, FTIR, FESEM, SEM, TEM, AFM and EDX. AgNPs exhibited peak absorbance at 487.50 nm. Their morphological appearance was spherical, they showed monodispersion, and their crystal size was 6.26 nm. The lowest inhibitory doses of the synthesised AgNPs were found to be 1.00-2.00 µg mL<sup>-1</sup> for suppressing the development of pathogenic *Candida albicans* ATCC 10231, pathogenic gram-positive *S. aureus* ATCC 29213 bacteria, and gram-negative *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27833 strains. AgNPs were found to possess DPPH and copper ion reduction capabilities in relation to antioxidant effects.

**Keywords:** AgNP's, *Allium schoenoprasum*, antimicrobial, antioxidant

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince desteği ve güveni ile her zaman yanımda olan saygı değer hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Beşir DAĞ'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen ve fikirlerinden istifade ettiğim değerli hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN'a, tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, bilgi birikimi ve deneyimlerini paylaşan, hoşgörüsünü esirgemedi her daim yüreklendiren çok kıymetli hocam ve dostum Sayın Dr. Ayşe BARAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatımı özel ve anlamlı kılan, eğitim hayatım boyunca yanımda olan, beni en içten şekilde destekleyen sevgili eşim Dr. Cumali ÇELİK'e, varlıkları ile enerjimi yükselten kızım Sare ÇELİK'e ve ikiz oğullarım Arel ve Arden ÇELİK'e, dualarını hiçbir zaman eksik etmeyen, her daim yanımda olan anne ve babama, hayatımın iyi ve kötü her döneminde yanımda olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen can dostum Dr. F.Nisa AYDIN'a teşekkürlerimi ve sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yurdagül Çelik  
BATMAN-2024

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1. Nanoteknoloji ve Tarihçesi .....	3
2.1.1. Nanoteknoloji uygulama alanları.....	4
2.1.2. Nanopartiküllerin sentezi.....	5
2.1.3. Nanopartiküllerin en yaygın formları.....	6
2.2. Metalik Nanopartiküller.....	7
2.2.1 Metalik nanopartiküllerin sentezi .....	8
2.3. Gümüş ve Gümüş Nanopartikülleri (AgNPs).....	11
2.4. Gümüş Nanopartiküllerin (AgNPs) Sentezi .....	13
2.4.1. AgNP'lerin Bitkisel Kaynaklar Aracılığıyla Elde Edilmesi .....	14
2.4.2. AgNP'lerin Karakterizasyonu.....	16
a. X Işınları Kırınımı (XRD).....	17
b. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM).....	18
c. Ultraviyole Görünür Bölge Spektrofotometresi (UV- vis) .....	19
d. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) .....	19
e. Geçirimli Elektron Mikroskopu (TEM).....	20
f. Zeta Potansiyeli Analizi .....	20
g. Enerji Yayılımlı X-Işınımı (EDX).....	20
h. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizi (TGA- DTA).....	21
2.4.3. AgNP'lerin Antimikrobiyal Aktivitesi .....	21
2.4.4. AgNP'lerin Antioksidan Aktivitesi .....	22
2.5. AgNP'lerin Yeşil Sentez Çalışmaları .....	24
2.6. <i>Allium schoenoprasum</i> L. (Sirno) .....	30
<b>3. MATERYAL ve METOD .....</b>	<b>33</b>
3.1. <i>Allium schoenoprasum</i> Bitkisinden Özüt Hazırlama.....	33
3.2. Metal Çözeltilerin Hazırlanması.....	33
3.3. <i>Allium schoenoprasum</i> Özütü Aracılığıyla AgNP'lerin Sentezi .....	34
3.4. AgNP'lerin Karakterizasyonu.....	35
3.4.1. UV-vis verileri .....	36
3.4.2. XRD verileri .....	36

3.4.3. SEM, STEM, TEM görüntüleri .....	37
3.4.4. EDX verileri.....	39
3.4.5. FTIR verileri .....	40
3.5. Antimikrobiyal etki çalışmaları .....	41
3.6. AgNP'lerin antioksidan etkileri .....	43
3.6.1. DPPH giderim aktivitesinin belirlenmesi deneyi.....	43
3.6.2. Bakır (II) İyonu İndirgeme Kapasitesi .....	43
<b>4. TARTIŞMA ve BULGULAR .....</b>	<b>44</b>
4.1. AgNP'lerin Karakterizasyon Verileri .....	44
4.1.1. UV-vis Verileri .....	44
4.1.2. XRD Verileri.....	45
4.1.3. Mikroskopi Verileri .....	46
4.1.4. EDX Verileri.....	49
4.2. AgNP'lerin Antimikrobiyal Etkileri .....	51
4.3. DPPH ve CUPRAC Serbest Radikal Giderim Aktivitesinin Belirlenmesi Deneyi Sonuçları .....	53
<b>5. SONUÇLAR.....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>58</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>68</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1. Nanoteknolojinin kullanım alanları .....	4
Şekil 2. 2. Nanoteknolojinin ilişkili olduğu bilim dalları .....	5
Şekil 2. 3. Metal nanopartiküllerin biyoteknolojideki uygulama alanları .....	8
Şekil 2. 4. Nanopartiküllerin oluşum aşamaları.....	10
Şekil 2. 5. Nanopartikül Sentez Yöntemleri .....	11
Şekil 2. 6. Yeşil sentezde kullanılan biyolojik kaynaklar.....	14
Şekil 2. 7. Bitkisel kaynaklar aracılığıyla yapılan sentez çalışmalarının avantajları (Arshad vd., 2023) .....	15
Şekil 2. 8. Bitkiden yeşil sentezle AgNP sentezinin şematik gösterimi (Rónavári vd., 2021). .....	16
Şekil 2. 9. Metal ve metal oksit nanopartiküllerini karakterize eden çeşitli tekniklerin şematik gösterimi (Vijayaram vd., 2023). .....	17
Şekil 2. 10. X-ışını kırınımı Difratrometresi (XRD) (Al-gburi, 2018).....	18
Şekil 3. 1. <i>A. schoenoprasum</i> bitkisinin; a. Yetiştigi alanda ve b. toplama sonrasındaki görünümü.....	33
Şekil 3. 2. <i>A. schoenoprasum</i> bitki özütü aracılığıyla AgNP'lerin sentezi; a. Sentez öncesinde özütün görünümü ve b. sentez aşamasının sonunda meydana gelen renk değişimi.....	35
Şekil 3. 3. <i>A. schoenoprasum</i> bitki özütü aracılığıyla AgNP'lerin oluşum mekanizması .....	35
Şekil 3. 4. AgNP'lerin oluşum ve varlığının değerlendirilmesinde kullanılan UV-vis cihaz görüntüsü .....	36
Şekil 3. 5. AgNP'lerin kristal desenlerinin belirlemede kullanılan XRD cihazı görüntüsü .....	37

<b>Şekil 3. 6.</b> AgNP'lerin morfolojik yapılarının incelenmesinde kullanılan TEM cihazı görüntüsü.....	38
<b>Şekil 3. 7.</b> AgNP'lerin morfolojik yapılarının incelenmesinde kullanılan STEM cihazı görüntüsü.....	38
<b>Şekil 3. 8.</b> AgNP'lerin morfolojik yapılarının incelenmesinde kullanılan SEM cihazı görüntüsü.....	39
<b>Şekil 4. 1.</b> AgNP'lerin SPR ile oluşumuna bağlı UV-vis aracılığıyla ölçülen maksimum absorbans verileri .....	45
<b>Şekil 4. 2.</b> AgNP'lerin XRD kullanılarak elde edilen 10-20 aralığında düzleme yansıyan kristal desenleri.....	46
<b>Şekil 4. 3.</b> <i>A. schoenoprasum</i> özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümlerini gösteren STEM mikro grafisi.....	47
<b>Şekil 4. 4.</b> <i>A. schoenoprasum</i> özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümlerini gösteren SEM mikro grafisi .....	47
<b>Şekil 4. 5.</b> <i>A. schoenoprasum</i> özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümlerini gösteren SEM mikro grafisi .....	48
<b>Şekil 4. 6.</b> <i>A. schoenoprasum</i> özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümlerini gösteren TEM mikro grafisi .....	48
<b>Şekil 4. 7.</b> <i>A. schoenoprasum</i> özütü tarafından sentezlenen partiküllülerin EDX tarafından ölçülen element içerikleri .....	49
<b>Şekil 4. 8 .</b> (a) <i>A. Schoenoprasum</i> özütüne ait FTIR spektrumları .....	50
<b>Şekil 4. 9.</b> (b) <i>A. schoenoprasum</i> özütü ile AgNO <sub>3</sub> çözeltisi karıştıktan sonra reaksiyon sonunda elde edilen sıvıya ait FTIR spektrumları.....	50
<b>Şekil 4. 10.</b> <i>A. schoenoprasum</i> özütü ile elde edilen AgNP'lerin patojen mikroorganizmalar üzerinde etkilerinin sentez ortamında kullanılan metal çözeltisi ve antibiyotiklerle karşılaştırılması .....	51
<b>Şekil 4. 11.</b> Troloks kalibrasyon grafiği .....	54

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2. 1.</b> Gümüş elementinin temel özellikleri.....	12
<b>Çizelge 4. 1.</b> <i>A. Schoenoprasum</i> özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin patojen suşlar üzerinde inhibisyon etkileri .....	51
<b>Çizelge 4.2.</b> Yeşil sentez yöntemleri kullanılarak elde edilen AgNP'lerin özellikleri ve mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkilerine ait bulgular.....	52
<b>Çizelge 4.3.</b> DPPH serbest radikal giderim aktivitesi (%) ve CUPRAC deneyi aktivitesi (mg TE/g) sonuçları .....	53

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

Ag	: Gümüş
°C	: Santigrad Derece
L	: Litre
µg	: Mikrogram
mg/ mL	: Miligram/ mililitre
mg/ L	: Miligram/ Litre
mL	: Mililitre
mV	: Milivolt
%	: Yüzde

### Kısaltmalar

AgNO <sub>3</sub>	: Gümüş Nitrat
AgNP	: Gümüş nanopartikül
CUPRAC	: Bakır (II) iyonu indirgeme antioksidan kapasitesi
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
EDX	: Enerji Yayılımlı X-Işınımı
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GC-MS analizi	: Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi
MNP	: Metal nanopartikül
NP	: Nanopartikül
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TEM	: Geçirimli Elektron Mikroskopu
TGA- DTA	: Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizi
UV- vis	: Ultraviyole Görünür Bölge Spektrofotometresi
XRD	: X Işımları Kırınımı

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda etkinliği giderek artan teknoloji çeşitlerinden biri de nanoteknolojidir. Nanoteknoloji insan hayatının büyük bir bölümde etkili olup günlük hayatta sıkça karşımıza çıkmaktadır (Aslan 2022). Nanoteknoloji, 1 ila 100 nm boyut aralığındaki parçacıklarla ve nanopartiküller kullanılarak nanomalzeme üretilen ve geliştirilen bir alandır (Sinha vd. 2015). Son yıllarda farklı morfolojilere, kompozisyonlara ve yapılara sahip metal nanopartikülleri üretmek için kullanılmaktadır (Ghoshal 2017).

Nanopartiküller (NP), küçük boyutları sayesinde bileşim ve şekil bakımından ana malzemelerinden farklı fiziksel ve kimyasal davranışlar sergiler. Ayrıca, nanomalzemelerin küçük boyutları, hücre sel konumlara daha kolay nüfuz etmelerine olanak tanır ve geniş yüzey alanı, maddelerin daha fazla emilimini ve hedefli iletimini destekler (Kumar vd., 2021). Nano materyalleri (nanopartikülleri) üstün kılan bazı nitelikler, geniş yüzey alanına sahip olmaları ve yüksek ısıya dayanıklılık göstermeleridir (A. Baran, 2021). Kazandıkları üstün özellikler sayesinde daha duyarlı ve hızlı analizler yapılabilmesine olanak tanıyan nanomalzemeler, kimya, biyoteknoloji, iletişim, savunma, elektronik, enerji, tarım, çevresel iyileştirme, ağır sanayi, malzeme bilimi, tıp, mikrobiyoloji, optik ve çeşitli mühendislik alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Şahin, 2023).

Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), nanoteknoloji dünyasında önemli bir yer tutar. Özellikle antibakteriyel özellikleri sayesinde birçok alanda kullanılmakta ve sentez yöntemleri açısından yoğun araştırmalara konu olmaktadır. Gümüş elementinin tuzlarından elde edilen bu nanopartiküller, elementel haline göre birçok farklılık gösterir. Gümüş, AgNP'lere dönüştüğünde yüzey alanı büyük ölçüde artar, bu da mikrobiyal maruz kalma süresini uzatarak nanopartikül formunun daha etkili olmasını sağlar. (Durán vd., 2005; Uçak, 2023).

AgNP'lerin sentezi için kimyasal yöntemler hızlı olmasına rağmen maliyetlidir ve toksik etkiler üreten kimyasallar kullanır. Bu nedenle, AgNP'lerin sentezinde güvenli, çevre dostu ve etkili bir yöntemin geliştirilmesi için yapılan çalışmalar her geçen gün artarak devam etmektedir. Bitki kökenli malzemeler kullanılarak yapılan bu yeni yaklaşımlar, önceki yöntemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırır (Kumar vd., 2021; Okafor vd., 2013)

*Allium schoenoprasum* L. (Sirmo), zambakgiller (*Liliaceae*) familyasına ait aromatik olup çok yıllık bir bitkidir. Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'da doğada yabani olarak yetişir. Yeşil renkli, boru şeklinde, ince ve uzun yapraklara sahiptir. (Koçak vd., 2020; Parvu vd., 2014). Sirmo otu (*Allium schoenoprasum* L.) ülkemizde çoğunlukla doğada yabani olarak yetişirken, batılı ülkelerde daha çok kültür bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Türkiye'de özellikle Güneydoğu ve Doğu Anadolu'da yetişen *Allium schoenoprasum* L. (Sirmo), taze yaprakları tüketilmekte ve aromasıyla ünlü Van otlı peynirine katılmaktadır. (Koçak vd., 2020). Van yöresinde de yüksek kesimlerde mevsimlik elde edilen nadir bitkilerdendir. Sirmo'nun (*Allium schoenoprasum* L.) değişik terapötik etkilerinin bulunduğu çeşitli çalışmalar ile ortaya konmuştur (Eker Eriş, 2019). Sirmo (*Allium schoenoprasum* L.), bazı yörelerde yabani sarımsak olarak da adlandırılmaktadır. Louis Pasteur, 1858 yılında sarımsağın antimikrobiyal etkisini keşfetmiş ve sonraki yıllarda sarımsağın antibiyotik etkisi olduğu bildirilmiştir (Çakmakçı, 2020).

Bu tez çalışmasında *Allium schoenoprasum* L. (Sirmo) bitkisi kullanılarak gümüş nanopartiküllerin (AgNP) sentezi ve sentezlenen gümüş nanopartiküllerin çeşitli enstrümental analizlerle karakterizasyonunun yapılması antimikrobiyal ve antioksidasyon etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Sentez yoluyla biyo- indirgenmiş gümüş nanoparçacıklar (AgNP), UV-Vis, XRD, FTIR, FESEM, SEM, TEM, AFM, EDX, TGA-DTA yoğunluğa bağlı Zeta boyutları ve zeta potansiyelleri gibi çeşitli cihazlar aracılığıyla karakterize edilmiştir. Teknolojik açıdan elde edilen gümüş nanoparçacıklar biyomedikal alanda potansiyel birçok uygulamaya sahiptir. Bu basit yöntem; maliyeti düşük, tıbbi-farmasötik uygulamalar için uygun ve büyük ölçekli ticari üretimler gibi birçok avantaja sahiptir. Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda Sirmo (*Allium schoenoprasum* L.) bitkisi, biyo uyumlu olması ve antibiyotik etkisinin var olması ile geliştirilerek medical endüstrisinde kullanılabilir. Ayrıca AgNP'lerin geniş kullanım alanlarına geliştirilerek yansıtılabilir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Nanoteknoloji ve Tarihçesi

"Nano" kelimesi Yunanca kökenlidir ve "cüce" anlamına gelir. Bu kökene dayanarak, nanoteknoloji küçük şeylerle ilgilenen bir teknoloji olarak tanımlanır (Uçak, 2023). Nanoteknolojinin farklı birçok tanımı vardır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Ulusal Nanoteknoloji Girişimi'ne (NNI) göre tanımı aşağıdaki gibidir (Bayda vd., 2020);

"Nanoteknoloji, kimya, fizik ve biyolojiden tıp, mühendislik ve elektroniğe kadar geniş bir yelpazede yeni uygulamalara olanak tanıyan, 1 ila 100 nanometre (nm) ölçeğinde yürütülen bir bilim, mühendislik ve teknoloji dalıdır. Bu alan, benzersiz fenomenlerin keşfi ve kullanımı ile öne çıkar."

Nanoteknolojinin kökenleri 20. yüzyılın başlarına kadar uzanır. Amerikalı fizikçi ve Nobel Ödülü sahibi Richard Feynman, 1959'da nanoteknoloji kavramını tanıtmıştır. Amerikan Fizik Derneği'nin yıllık toplantısında, California Teknoloji Enstitüsü'nde (Caltech) "There is Plenty of Room at the Bottom" (Aşağıda Daha Çok Boş Yer Var) başlıklı bir konferans vermiştir. Bu konuşmasında Feynman, "Neden Britannica Ansiklopedisi'nin 24 cildinin tamamını bir toplu iğnenin başına yazamıyoruz?" diyerek, atomik düzeyde maddelerin manipüle edilebileceği fikrini ortaya atmıştır. Feynman'ın bu hipotezi, sonrasında kanıtlanmış ve kendisi modern nanoteknolojinin babası olarak anılmıştır (Bayda vd., 2020; Eberhard & Wcislo, 2012; Hulla vd., 2015).

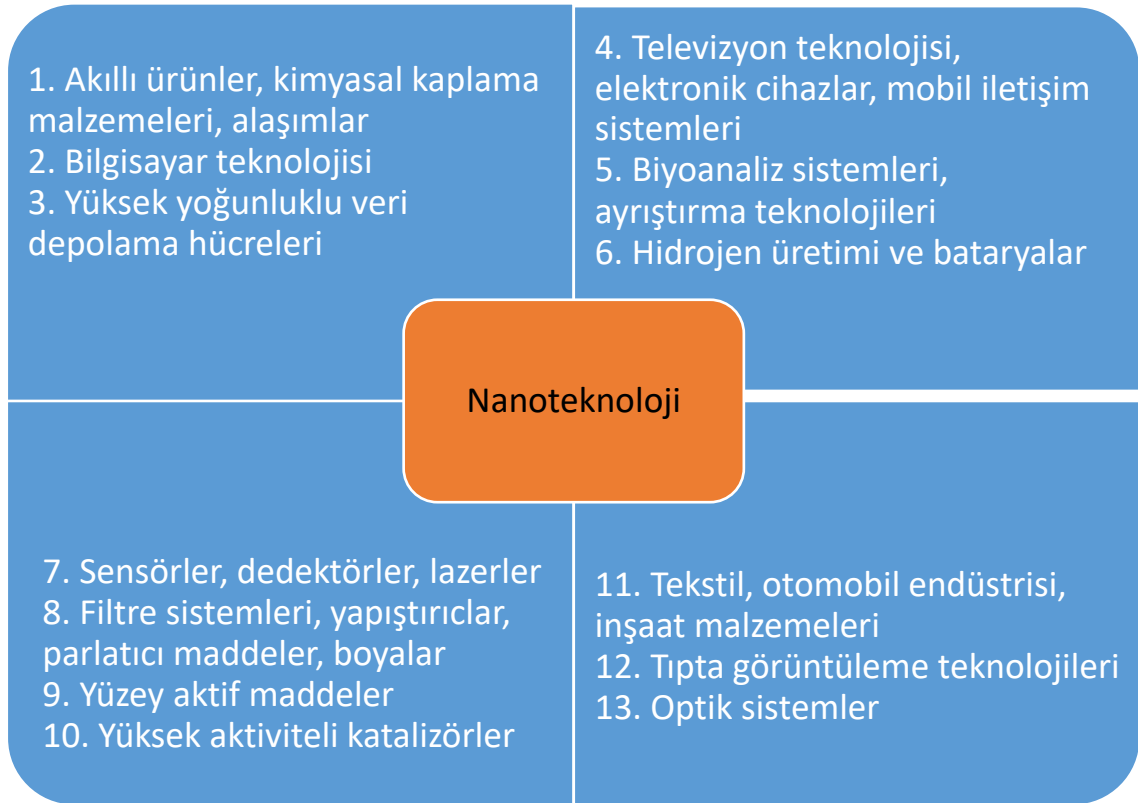
Feynman'ın konuşmasından 15 yıl sonra, nanoteknoloji terimi ilk kez 1974 yılında Norio Taniguchi tarafından kullanıldı. Atom tabakalarını ayırma ve yoğun iyon teknikleri gibi yöntemleri kullanarak, Taniguchi nano-teknoloji terimini benimsedi (Ersoz vd., 2018).

Nanoteknoloji tarihinde bir diğer önemli kişi Eric Drexler'dir. 1986 yılında "Engines of Creation" (Yaratılışın Motorları) adlı kitabında nanoteknoloji terimini kullanan Drexler, bu kitapta nano ölçekli makinelerin karmaşık yapılar ve cihazlar inşa etmek için kullanılabileceği bir gelecek öngörmüştür (Valiyeva, 2023). Drexler, Massachusetts Institute of Technology - MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) moleküler nanoteknolojide ilk doktora derecesine sahiptir. Kitaplarında, nanorobotların moleküler düzeyde cihazlar yapmak için biyolojik sistemleri kullanarak var olabileceğini ve bu teknolojinin etkilerini ortaya çıkarmaya çalıştığını belirtmiştir (Ersoz vd., 2018).

Bu önemli olaylar ve bilim insanları, nanoteknolojinin tarihinde büyük rol oynamış ve bu teknolojinin günümüze kadar gelişmesine önemli katkılarda bulunmuştur.

### 2.1.1. Nanoteknoloji uygulama alanları

Nanoteknolojinin pek çok özelliği sayesinde farklı alanlarda geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Bilgisayar teknolojileri, tıp ve sağlık sektörü, nanoelektronik ve biyoteknoloji, kimya ve biyoloji, tarım ve gıda, optik, atık suların biyoremediasyonu, çevre ve enerji, havacılık ve uzay araştırmaları gibi birçok alanda çalışmalar devam etmektedir (Çiftçi, 2019). Nanoteknolojinin kullanım alanları Şekil 2.1.' deki gibi gösterilebilir Bunlarla beraber nanoteknoloji pek çok bilim dalı ile ilişkilidir (Şekil 2.2.).



Şekil 2. 1. Nanoteknolojinin kullanım alanları



Şekil 2. 2. Nanoteknolojinin ilişkili olduğu bilim dalları

### 2.1.2. Nanopartiküllerin sentezi

Araştırmacılar, nanoparçacık biyosentezi için fiziksel veya kimyasal yaklaşımlar tehlikeli olduğundan, yeşil kimya prensiplerine dayalı daha güvenli ve temiz bir biyosentez yöntemleri geliştirmeye çalışıyorlar. Nanopartiküllerin hazırlanması, çevre dostu olmasının yanı sıra zaman alıcı bir süreçtir. Nanopartiküllerin oluşturulmasında fiziksel yöntemler elektrik veya termal enerji gerektirirken, kimyasal yöntemler son derece tehlikeli maddeler kullanır. Kimyasal olarak üretilen birçok nanopartikül, toksik ve zararlı maddelerden kaynaklanan kimyasal kirlenme nedeniyle biyolojik kullanımlar için uygun değildir (Khan vd., 2019).

Venil ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre, "Yeşil Kimya"nın yaygınlaşmasıyla birlikte araştırmacılar, gen terapisi, kanser tedavisi, biyosensörler ve nanopartikül sentezi gibi çeşitli alanlarda mikrobiyal pigmentlerin kullanımına odaklanıyorlar. Bu pigmentler, biyoyumlu ve çevre dostu nanopartiküllerin güvenli sentezi için stabilize edici ve biyo-indirgeyici özelliklere sahiptir ve antibakteriyel maddeler olarak kullanılabilirler. Mikrobiyal pigmentler, çok renkli tonlar üretme kapasiteleri ve düşük maliyetli ortamlarda hızlı gelişmeleri nedeniyle çeşitli endüstriyel

uygulamalarda kullanılmaktadır. Sentetik renklere kıyasla, tehlikeli değildirler ve çevreye faydalıdır (Khalil, 2022).

### 2.1.3. Nanopartiküllerin en yaygın formları

Nanopartiküllerin boyutu, şekli, fiziksel ve kimyasal özellikleri, bunları sınıflandırmak için kullanılabilir. En yaygın nanopartikül türlerinden kısaca bahsedecek olursak;

**Karbon nanotüpler (CNT'ler):** Çapları nanometre cinsinden ölçülen karbon tüpleri, geniş dış yüzey alanlarına sahip olduklarından, ilaç taşıyıcıları olarak önemli ölçüde yüksek yükleme kapasitelerine ulaşabilirler. Tek duvarlı veya çok duvarlı olabilirler, hatta eş merkezli birçok nanotüpten oluşabilirler. Sonuç olarak, karbon nanotüpleri (CNT'ler), görüntüleme kontrast madde olarak ve biyolojik sensörler olarak kullanılmaktadır (Sim & Wong, 2021).

**Lipozomlar:** 50-200 nm boyutlarındaki küçük boyutları nedeniyle, yeni ve hedeflenen ilaç dağıtımını için kapsamlı bir şekilde araştırılan en gelişmiş nano taşıyıcılardır. Kuru fosfolipidler hidratlandığında kapalı veziküller oluşturur. Lipozomlar biyoyumlu, çok yönlü ve yüksek yakalama verimliliğine sahiptir (Ceylan, 2023).

**Miseller:** Tipik bir misel, hidrofilik "baş" kısımları solventle temas halinde ve hidrofobik kuyruk kısımları misel çekirdeğinde tutularak suda toplanır. Miseller, hidrofobik terapötik bileşikler depolamak için kullanılabilir çünkü bunlar kendiliğinden birleşerek, hidrofilik bir dış katmana ve hidrofobik bir çekirdeğe sahip küresel kesecikler oluştururlar. Miseller, kontrast maddeleri, görüntüleme maddeleri, dağıtım maddeleri ve farmasötik maddeler gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilirler (Khalil, 2022).

**Dendrimerler:** Hiper dallı ve ağaç benzeri yapılar olan bu nanopartiküller, üç farklı bölge içerir: çekirdek kısım, dallanma birimleri ve sıkı bir şekilde paketlenmiş yüzey. Küresel bir yapıya sahip olup iç boşlukları çevreler ve boyutları 10 nm'den küçüktür. Bu yapılar, biyoaktif materyalin uzun dolaşımı ve kontrollü iletimi, biyoaktif partiküllerin makrofajlara hedefli iletimi ve karaciğer hedefli iletim için kullanılır (Sim & Wong, 2021).

Nano malzemeler, boyutlarına göre aşağıdaki kategorilere ayrılabilir:

Nano çubuklar, (nano teller 100 nm' den daha küçük boyuta sahiptir), tüpler, lifler, trombositler (100 nm' den daha küçük boyutlara sahiptir), parçacıklar, kuantum noktaları ve içi boş kürelerdir (0 veya 3 boyuta sahiptirler ve boyutları 100 nm' den küçüktür)(Ceylan, 2023).

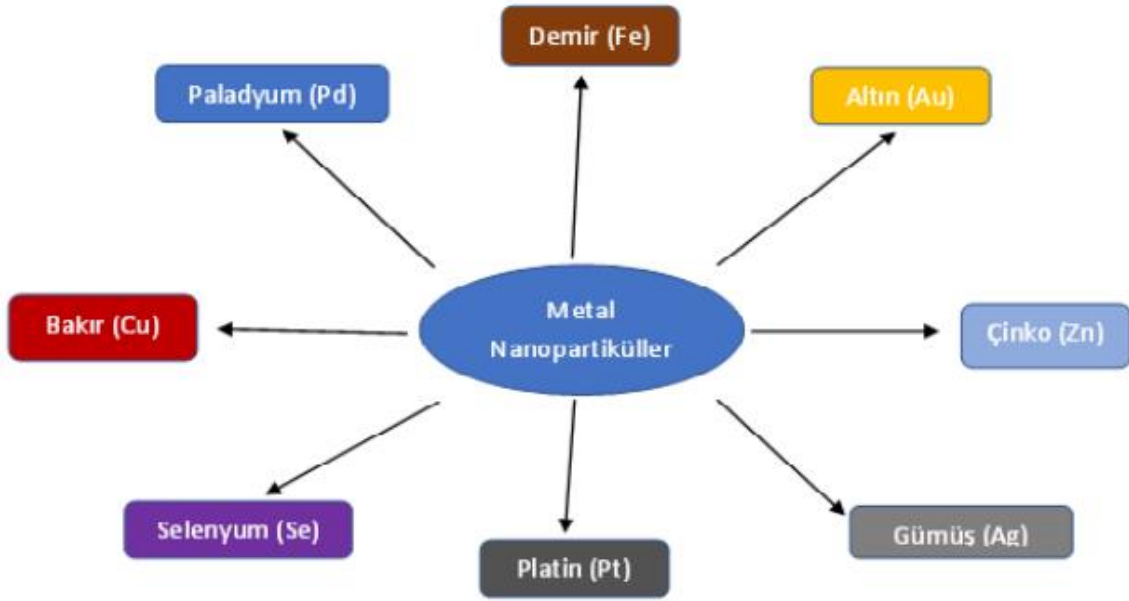
## 2.2. Metalik Nanopartiküller

Nanoteknolojide önemli bir yere sahip olan metalik nanopartiküller, inorganik tabanlı malzemelerdir. Benzersiz ve geniş fizikokimyasal özelliklere sahip olmalarının yanı sıra gelişmiş kimyasal, mekanik, elektromanyetik, optik, elektrik, termal ve yüzey özelliklerine de sahiptirler. Geniş yüzey alanları ve kontrol edilebilir boyut ve morfolojileri sayesinde yüzey modifikasyonları mümkündür. (Şahin, 2023).

Metal nanopartiküllerin sentezinde temel ilke, metal iyonlarının indirgenmesidir. Bitkilerde bulunan alkaloidler, terpenoidler, flavonoidler, aminoasitler, enzimler, fenolik bileşikler gibi fitokimyasallar, sulu ortamda Ag<sup>+</sup> iyonlarını indirgeyerek Ag<sup>0</sup> formunun oluşumu ile gümüş nanopartikülleri oluştururlar. Bitkilerin geniş bir yelpazede bulunan fitokimyasalları, metal iyonlarının nanopartiküllere dönüştürülmesi ve stabilizasyonunda kritik bir rol oynar. Bu nedenle, diğer biyolojik kaynaklara göre bitkilerin daha kolay elde edilmesi ve sentez aşamasında karmaşık ve pahalı süreçler gerektirmemesi nedeniyle, araştırmacılar bitki özlerini yeşil sentez ile nanopartikül üretiminde özellikle tercih eder (A. Baran, 2021; Bütüner, 2022).

Metalik nanopartiküllerin biyoteknolojideki uygulama alanları şu şekildedir (Şekil.2.3) (Beykaya & Çağlar, 2016);

- Altın: DNA etiketleme, biyosensör, kanser tedavisi, antimikrobiyal
- Gümüş: Antikanserojen, antimikrobiyal, antibakteriyel, antiviral, biyosensör
- Demir: Antikanserojen, kanser tedavisi, moleküler görüntüleme
- Platin: Antikanserojen, Kozmetik
- Selenyum: Antimikrobiyal, Antikanserojen
- Çinko: Kozmetik, Kaplama
- Paladyum: Biyokataliz
- Bakır: Antimikrobiyal



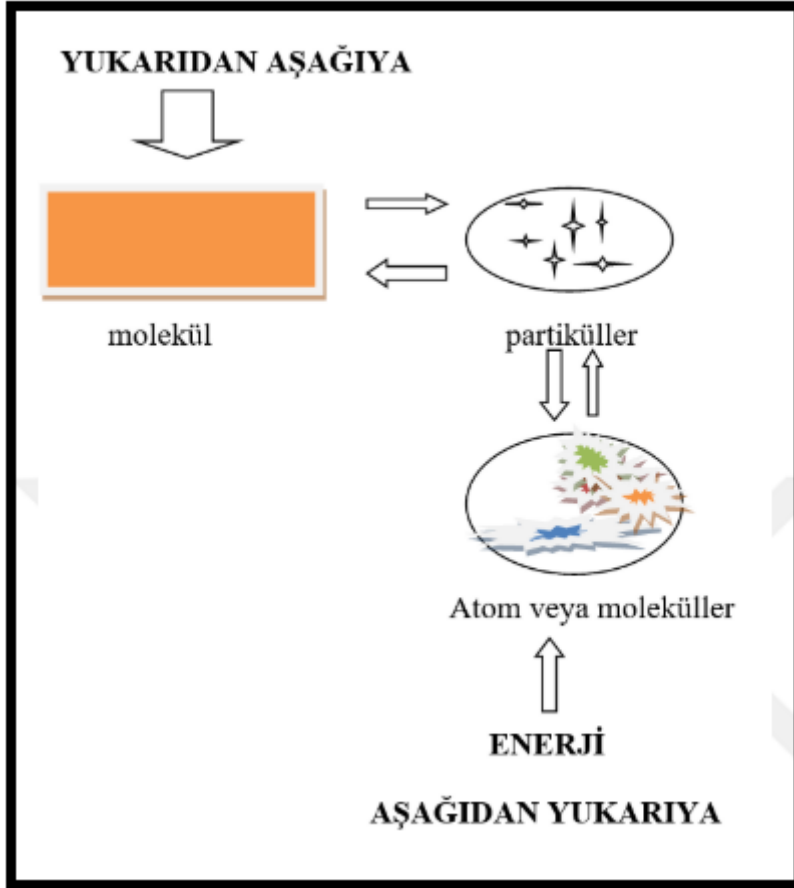
Şekil 2. 3. Metal nanopartiküllerin biyoteknolojideki uygulama alanları

### 2.2.1 Metalik nanopartiküllerin sentezi

Metalik nanopartiküllerin sentezlenmesi için her birinin kendine özgü avantajları ve sınırlamaları olan iki ana yaklaşım vardır. Bunlar yukarıdan aşağıya yaklaşım ve aşağıdan yukarıya yaklaşımdır. Şekil 2.4. ve Şekil 2.5. nanopartikül sentez yöntemlerinin şematik gösterimini ifade etmektedir.

**Yukarıdan Aşağıya Sentez Yaklaşımı (Top down):** Bu teknik, malzemeye kimyasal veya mekanik işlemlerle enerji verilerek malzemenin atomlara kadar küçük parçalara ayrılmasına dayanır. Mekanik öğütme ve aşındırma gibi yukarıdan aşağıya yaklaşımla çalışan yöntemler, bu tekniğin güzel bir örneğidir (Beykaya & Çağlar, 2016). Bu yöntem, yığın malzemelerden nanoparçacıklar oluşturmak için litografi, frezeleme veya lazer ablasyon gibi fiziksel süreçlerin kullanılmasını içerir. Ayrıca, yukarıdan aşağıya yöntemi, dar boyut dağılımına ve kontrollü şekle sahip nanoparçacıkların üretimi için kullanışlıdır. (Valiyeva, 2023). Bu yöntemin en büyük dezavantajı, nanopartiküllerin yüzey kimyası ve fizikokimyasal özelliklerindeki değişimdir (Şahin, 2023). Ayrıca bu yaklaşım, maliyetli, karmaşık ekipman ve harici enerji gerektirmekte ve bunun yanında toksiktir (Xu vd., 2020).

**Aşağıdan Yukarıya Sentez Yaklaşımı (Botton up):** Bu yaklaşımda nano boyuttaki daha küçük atomlar bir araya getirilerek nano boyutta parçacıklar oluşturulur. Bu yöntem genellikle birimlerin nanoparçacıkta kullanılan bir parçacık oluşturmak üzere bir araya getirilmesi nedeniyle bina yaklaşımı olarak anılır. Aşağıdan yukarıya yaklaşım, biyolojik ve biyolojik olmayan yaklaşımlar olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir. Biyolojik olmayan yaklaşımların örnekleri arasında alev püskürtme, şablon destek sentezi, döndürme, atomik yoğunlaşma, lazer pirolizi ve kimyasal buhar biriktirme yer alır. Bu yöntemde aynı zamanda toksik kimyasallar kullanır, maliyetli ve zaman alıcıdır. Diğer yandan, biyolojik yaklaşım, farklı türdeki nanopartiküllerin üretimi için bitkiler, mikroorganizmalar ve nişasta, algler, yumurta albümini ve jelatin gibi çeşitli biyotik kaynakları kullanır. Bu yaklaşım çevre dostu, güvenilir basit, biyoyumlu ve nanopartiküllerin sentezi için kolaydır. Aşağıdan yukarıya prensibi, nanopartiküllerin sentezlenmesinde kimyasal ve biyolojik yöntemlerde kullanılır. Kimyasal buhar biriktirmede ise aşağıdan yukarıya yaklaşım kullanılır: Bu, reaktif bileşenlerin bir katalizör veya önceden hazırlanmış bir yüzey üzerinde nanoyapılı malzemeler oluşturmak üzere reaksiyona girdiği bir gaz fazı işlemidir (Ojelade, 2023). Aşağıdan yukarıya yöntemi, nanopartiküllerin şekli, boyutu ve yüzey özellikleri üzerinde yüksek derecede homojenlik ve hassas kontrol ile nanopartiküller üretmek için kullanışlıdır. Doğadaki canlı organizmalardan ve DNA gibi biyolojik sistemlerin kendini birleştirme yeteneğinden yararlanılarak, nanoyapıları birleştirecek şekilde karbon nanotüpler düzenlenmektedir (Beykaya & Çağlar, 2016).



Şekil 2. 4. Nanopartiküllerin oluşum aşamaları



Şekil 2. 5. Nanopartikül Sentez Yöntemleri

### 2.3. Gümüş ve Gümüş Nanopartikülleri (AgNPs)

Gümüş elementi; katı formda beyaz, parlak görünümde olan bir soy metaldir. Gümüş elementinin temel özellikleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir. Gümüş, birinci derecede elektrik ve ısı iletkenidir ve optik özelliğinden dolayı ışığı çok iyi yansıtır. Dövülebilir ve esnek bir yapıya sahiptir. Oksitlenmeye karşı direnç gösterir. Ağır metal iyonları arasında yüksek antimikrobiyal aktivitesi ve insanlar üzerinde toksik etki yapmaması ile en yararlı olan metaldir (Özcan, 2014).

Çizelge 2. 2. Gümüş elementinin temel özellikleri

Özellik	Değer
Simgesi	Ag
Atom Numarası	47
Atom Kütlesi	107.87 g
Yoğunluğu	10.5 g/ cm <sup>3</sup>
Erime Noktası	961.9 °C
Kaynama Noktası	1950 °C
Kristal Yapısı	Yüzey Merkezli Kübik
Yükseltgenme Seviyesi	+1

Gümüşün kolloidal formda kullanımı da gündemde yerini korumaktadır. Kolloidal gümüş, vücuttaki faydalı enzimlere zarar vermeden sadece tek hücreli mikroorganizmaların enzimlerini yok etmektedir. Kolloidal yapı insan vücudunda daha kolay emildiği ve yalnızca mikroorganizmaların enzimlerini hedef aldığı için minimum toksisiteye yol açmaktadır (Uçak, 2023). Amerikan Besin ve İlaç İdaresi (FDA) ise kolloidal gümüşü 1938 öncesi bir ilaç olarak tanımlamıştır (Özcan, 2014).

Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), en yaygın kullanılan ve araştırmalara en fazla konu olan metal NP'lerdendir (Khan vd., 2019). Gümüş, biyojenik bir bileşik olmamasına rağmen, AgNP'lerin (iyonik formun yanı sıra) farklı bitkiler üzerindeki çeşitli moleküler ve fizyolojik etkileri, yaprak, toprak ve hidroponik ortam uygulamaları üzerine yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Baltacı, 2023). AgNP'ler, antimikrobiyal aktivite açısından gümüş elementine kıyasla daha etkilidir. Çünkü AgNP'ler, gümüşe göre daha yüksek kapasiteye ve daha yüksek yüzey alanı-hacim oranına sahiptir. AgNP'ler kimyasal, elektriksel, mekanik, katalitik aktivitesi, optik özellikleri, iletkenliği ve biyolojik etkileriyle benzersizdir. Gümüş; bakır, magnezyum, titanyum, çinko ve altın gibi diğer metallere kıyasla virüslere, bakterilere ve diğer mikroorganizmalara karşı daha etkili bir antimikrobiyal ajandır (Cavassin vd., 2015). AgNP'ler, bu istisnai özelliklerinden dolayı başta tıp olmak üzere farmakoloji, halı, tekstil ve kozmetik gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Cansız & Kirmusaoğlu, 2018).

AgNP oluşması için, bitki ekstratından elde edilen fitokimyasallar ortamda bulunan Ag<sup>+</sup> iyonlarını Ag<sup>0</sup> indirgeyerek AgNP oluşturur ve stabiliteyi sağlar (M. F. Baran, 2019a). AgNP yüksek elektrik iletkenliği, kimyasal kararlılık, katalitik ve mikropların varlığını azaltma özelliklerine sahiptirler. AgNP antibiyotiğe karşı direnç gösteren bakteri ve virüslerin ortadan kaldırılmasında etkili olduğu için, antibiyotiğin etki

gücünü artırmak için yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır. Gümüş iyonlarının biyoaktif özelliği sayesinde, sağlık ve gıda araştırmalarında antiseptik ve dezenfektan görevi görür. Sağlıkta kullanılan gümüş bazlı maddeler hücrelere zarar vermediklerinden yaraların daha hızlı iyileşmesinde, temizlenmesinde kullanılırlar. Bunun yanında kremlerde, ambalaj paketlerinde, boyalarda, elektronik eşyalarda, kanser tedavilerinde ve teşhisinde kullanılırlar (Aslan, 2022).

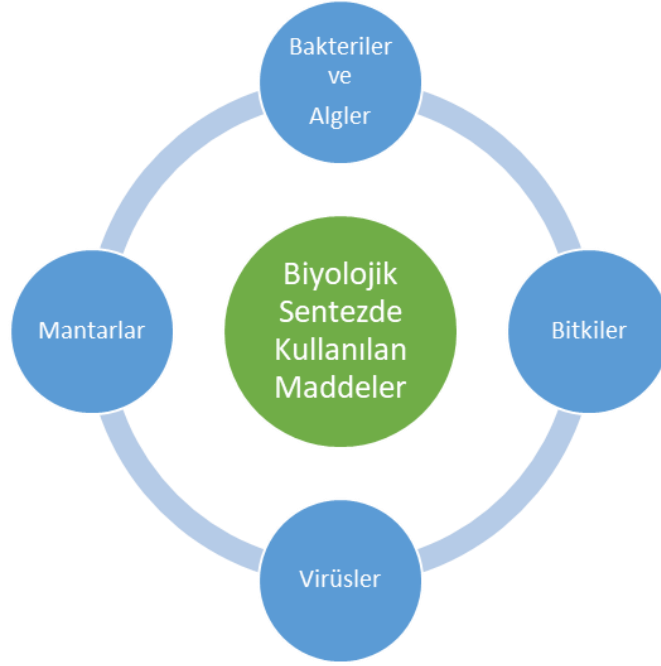
#### **2.4. Gümüş Nanopartiküllerin (AgNPs) Sentezi**

Nanopartiküllerin sentezi için fiziksel, kimyasal, biyolojik ve enzimatik gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Fiziksel yöntemde, lazer, plazma, mikrodalga ve gama gibi enerjiler ile atmosferik basınç kullanılarak buharlaşma-yoğuşma yöntemiyle nanopartikül üretimi gerçekleştirilir. Bu yöntemde yüksek sıcaklık dereceleri gerektiğinden, enerji tüketimi fazladır ve üretim süresi uzundur. Dolayısıyla, bu yöntemin dezavantajları arasında yüksek ekipman maliyetleri, yavaş üretim süreci, fazla enerji tüketimi ve elde edilen nanopartiküllerin yüzeylerinde boşluk ve pürüzlerin bulunması yer alır (Özeşer, 2023; Rezvani vd., 2019).

Kimyasal sentez, fotokimyasal, elektrokimyasal, piroliz ve mikrodalga destekli yöntemler gibi çeşitli alt kategorilere ayrılır. Gümüş nanopartiküllerin kimyasal sentezi, nanopartiküllerin öncü malzemelerden kimyasal reaksiyonlar aracılığıyla üretilmesini içerir. Bu yöntem, nanopartiküllerin boyut, şekil ve bileşimini kontrol etme yeteneği nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Valiyeva, 2023). NP'leri hızlı bir şekilde elde etmek için kimyasal yöntemler kullanılmakla birlikte, zararlı kimyasal katkı maddelerinin kullanımı ve bu maddelerin insan sağlığına ve çevreye toksik etkileri, bu partiküllerin tıp alanındaki uygulamalarını sınırlayabilmektedir. Kimyasal yöntemin eksikliklerini ve zararlarını ortadan kaldırmak için biyolojik yöntem, alternatif bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Uçak, 2023; Xu vd., 2020).

Kimyasal ve fiziksel yöntemlere alternatif olarak, bitki parçaları ve özleri kullanılarak biyolojik sentez yoluyla metal nanopartiküller üretilir (Şahin, 2023). Biyolojik sentezle elde edilen nanopartiküller, toksik olmayan reaktiflerin kullanımı, kolay ölçeklenebilirlik, stabilite, sürdürülebilirlik, biyoyumluluk, hızlı üretim ve düşük enerji gereksinimi gibi avantajlar sunar. Ayrıca, bu yöntem basit ve düşük maliyetli olmasıyla da diğer yöntemlere göre üstünlük sağlar (Özeşer, 2023). Nanopartiküllerin

biyolojik sentezi, çevre dostu ve sürdürülebilir üretim yöntemleri geliştirmeyi hedefleyen ve hızla büyüyen bir araştırma alanıdır. Bu süreçte, Şekil 2.6.'da gösterildiği gibi, nanopartikülleri sentezlemek ve stabilize etmek için bakteriler, mantarlar, algler, bitkiler ve yosunlar gibi canlı organizmalar kullanılır (A. Baran, 2021; Valiyeva, 2023).

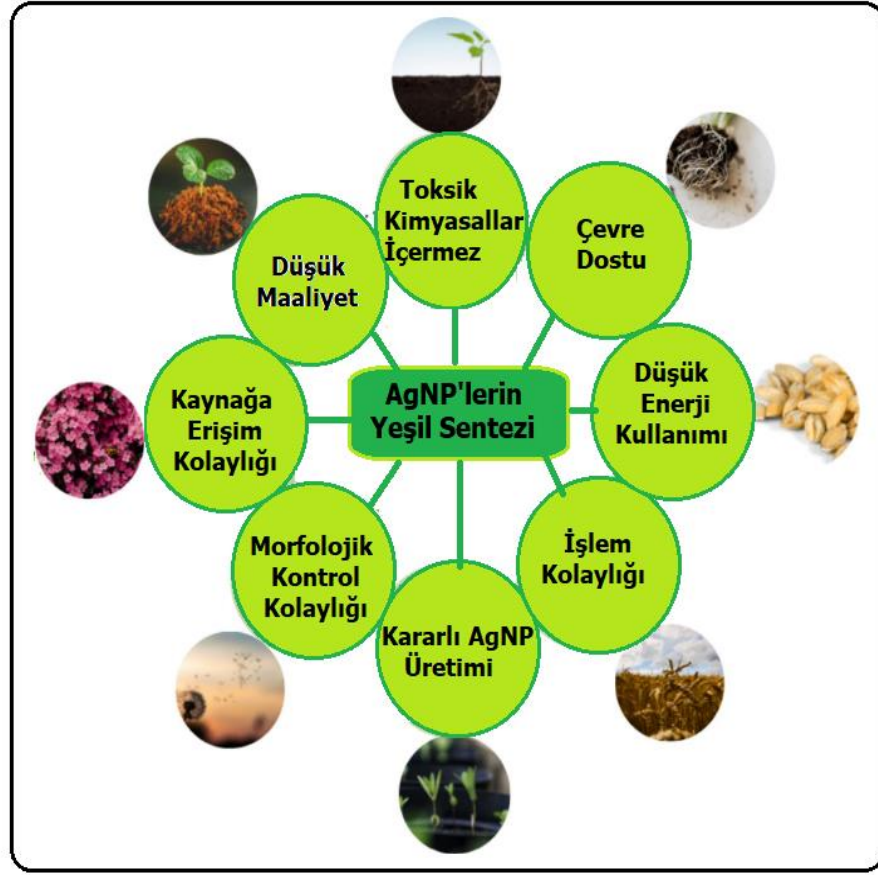


Şekil 2. 6. Yeşil sentezde kullanılan biyolojik kaynaklar

#### 2.4.1. AgNP'lerin Bitkisel Kaynaklar Aracılığıyla Elde Edilmesi

Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler), gelişmiş kimyasal özellikleri, yüksek stabiliteleri ve mükemmel iletkenlikleri gibi çok yönlü özellikleri sayesinde, biyolojik alanda geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. Özellikle biyomoleküllerin tespiti ve ilaç dağıtımı gibi alanlarda büyük öneme sahiptirler (Jain & Mehata, 2017). Ayrıca, çevre dostu sentez yöntemleri nedeniyle 'yeşil' sentez, son yıllarda bilim camiasında büyük ilgi görmüştür. Bu nedenle, yakın zamanda yapılan birçok çalışma, yapraklar, tohumlar, çiçekler, saplar, kabuklar, kökler ve bütün bitkilerden elde edilen bitki özlerini kullanarak AgNP'lerin geliştirilmesine odaklanmıştır (Arshad vd., 2023).

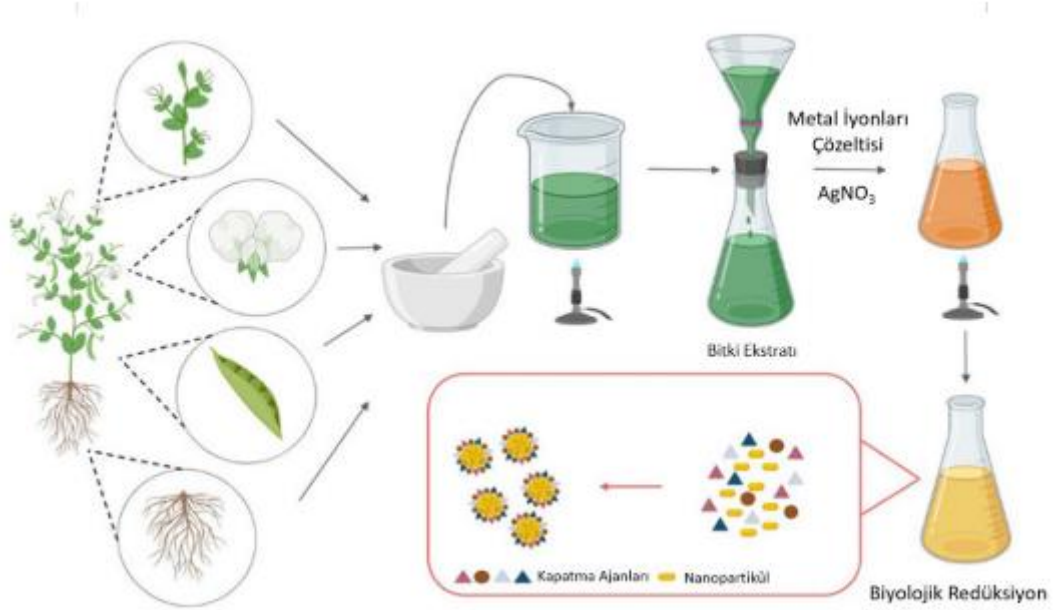
Bitkisel kaynaklar aracılığıyla yapılan sentez çalışmalarının diğer biyolojik yöntemler içinde bir takım avantajları bulunmaktadır (Şekil 2.7.).



Şekil 2. 7. Bitkisel kaynaklar aracılığıyla yapılan sentez çalışmalarının avantajları (Arshad vd., 2023)

Son 30 yılda, metal tuzlarını nanoparçacıklara dönüştürmek için canlı bitkiler, bitki ekstratları ve bitki dokularının kullanımı büyük ilgi görmüştür. Bitki ekstratlarının kullanımı, bitki dokularına göre nanopartikül sentezi için daha kolaydır. Bitki ekstratlarıyla yapılan prosesler, ölçeklenebilirliği kolay ve mikrobiyal proseslere dayalı yöntemlere göre daha ekonomiktir. Ayrıca, bitki ekstratlarının nanopartiküllerin karakteristik özelliklerini etkilediği bilinmektedir. Bitki ekstratlarının nanoparçacık sentezi üzerinde etkili olmasının nedeni, iyi bir indirgeyici ajan olarak hareket etmeleridir (Uçak, 2023). Tohumlar, yapraklar, meyveler, kökler ve gövdeler dahil olmak üzere antioksidanlar veya şekerler içeren bir bitkinin tüm parçaları sentez sürecinde kullanılabilir.

Genel olarak, bitki ekstratı kullanılarak yapılan biyo-indirgeme işlemi, bitki özütünün ilgili metal tuzunun sulu çözeltisi ile karıştırılmasını içerir. Bu reaksiyon genellikle oda sıcaklığında gerçekleşir ve birkaç dakika ya da saat içinde tamamlanabilir. Bununla ilgili olarak herhangi bir bitki ekstratından yeşil sentezle AgNP sentezi Şekil 2.8.'de şematik olarak gösterilmektedir.

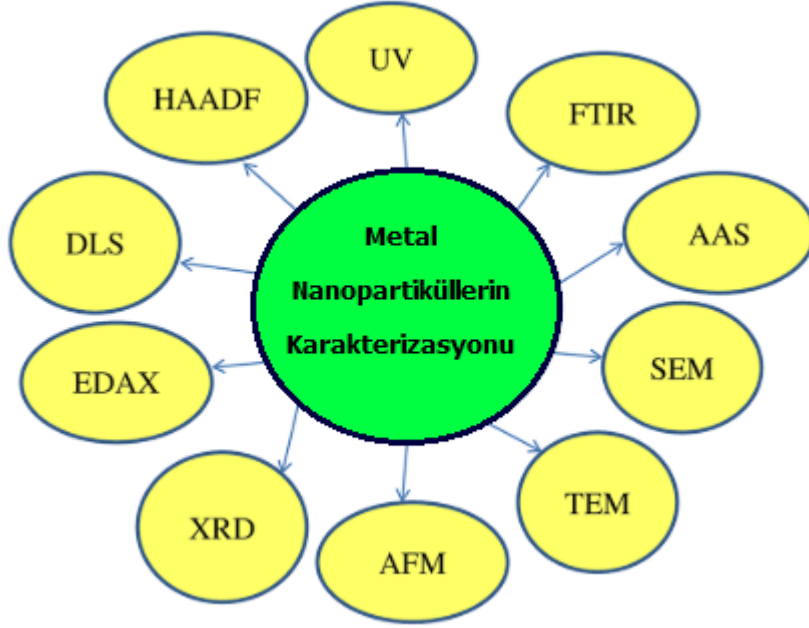


Şekil 2. 8. Bitkiden yeşil sentezle AgNP sentezinin şematik gösterimi (Rónavári vd., 2021).

#### 2.4.2. AgNP'lerin Karakterizasyonu

Nanopartiküllerin özelliklerini belirlemek, bu partiküllerin sentezini yönetmek ve farklı uygulamalarda kullanımını optimize etmek için karakterizasyon hayati bir öneme sahiptir (Sudhakar vd., 2015).

Nanopartikül karakterizasyonu, UV-Vis spektroskopisi, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR), taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışını kırınımı (XRD), atomik kuvvet mikroskobu (AFM), yüzeyle geliştirilmiş kalan spektroskopisi (SERS), atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), enerji dağılımlı spektroskopisi (EDS), ışın fotoelektron spektroskopisi (XPS) ve yüksek açılı halka şeklindeki karanlık alan (HAADF) dahil olmak üzere kullanılan fiziksel ve kimyasal enstrümantasyon analizine göre sınıflandırılabilir (Şekil. 2.9.) (Vijayaram vd., 2023).



**Şekil 2. 9.** Metal ve metal oksit nanopartiküllerini karakterize eden çeşitli tekniklerin şematik gösterimi (Vijayaram vd., 2023).

Karakterizasyon, AgNP'leri boyutlarına, şekillerine, morfolojilerine, yapılarına, yüzey kimyasına, yüzey yüküne, dağılımlarına ve yüzey alanlarına göre bulmak için önemli bir adımdır (Rajeshkumar & Bharath, 2017). AgNP'lerin yapılarının özelliklerinin belirlenmesi çeşitli cihaz verilerini değerlendirmekle mümkün olmaktadır. AgNP'leri karakterize etmek için aşağıda belirtilen çeşitli teknikler kullanılmaktadır.

#### **a. X Işınları Kırınımı (XRD)**

X-ışını kırınımı (XRD) en önemli karakterizasyon teknolojilerinden biridir. XRD, kristal veya çok kristalli yapıları incelemek için kullanılan bir analitik tekniktir. Aynı zamanda, kimyasal bileşiklerin nicel çözünürlüğünü belirlemek, çeşitli kimyasal türleri nitel olarak tanımlamak ve kristallik derecesini ölçmek için de kullanılır (Rajeshkumar ve Bharath 2017). Ayrıca XRD, bir malzemenin kristal mi yoksa amorf mu olduğunu belirlemek için oldukça etkili, tahribatsız bir yöntemdir. Bu yöntem, Bragg denklemi kriterlerini karşılayan bir kristal yüzeyinde monokromatik X-ışınlarının yansıtılmasını içerir ve kırınmış bir ışığın yanı sıra yapıcı girişim üretir. Bu teknik, bilinmeyen kristal veya yarı kristal yapıların tanımlanması ve karakterize edilmesi için kullanılır. Ayrıca, kristal bölgelerinin kristal olmayan bölgelere oranı, Debye-Scherrer formülü aracılığıyla

parçacık boyutu, kristal kusurları ve pürüzlülüğü, kalınlık ve yoğunluk gibi yapısal parametreler hakkında yararlı bilgiler sağlar (Khalil 2022; Khan, Saeed, ve Khan 2019).

X-ışını kırınımı, Şekil 2.10.'da gösterildiği gibi malzeme özelliklerini anlamak için temel bir gereklilik olan malzemelerin yapımını ve oluşturulmasını incelemek için yararlı bir araç sağlar (Al-gburi 2018).



Şekil 2. 10. X-ışını kırınımı Difraktometresi (XRD) (Al-gburi, 2018)

### **b. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)**

SEM, nanopartiküllerin morfolojisi, şekli, partikül boyutu, agregasyon, dağılım ve yapı gibi özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir görüntüleme analiz yöntemidir. Bu sayede nanopartiküllerin karakterizasyonu SEM ile gerçekleştirilebilir (Dağlıoğlu, 2018; Vijayaram vd., 2023). SEM, numune yüzeyinin üç boyutlu görüntülerini elde etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu yöntem, AgNP numunesinin yüzeyinde taranan yüksek enerjili bir elektron ışını kullanır ve ardından geri saçılan elektronların gözlemlenmesi yoluyla numunenin karakteristik özelliklerini sağlar (Rajeshkumar & Bharath, 2017).

### c. Ultraviyole Görünür Bölge Spektrofotometresi (UV- vis)

UV-vis spektrofotometresi, ultraviyole-görünür spektral bölgede absorpsiyon veya yansıma spektroskopisi anlamına gelir (Bergal, Matar, ve Andaç 2022). UV-vis spektrofotometri, AgNP'lerin stabilitesini ve sentezini izlemek için sıkça kullanılan bir tekniktir. Bu analiz yöntemi, sentezlenen nanopartiküllerin karakterizasyonu için pratik, hızlı, hassas ve seçicidir. UV-vis spektrofotometrisi, çözeltideki bir bileşen tarafından emilen ultraviyole veya görünür radyasyon miktarını ölçer. AgNP'lerin elektronları, yüzey plazmon rezonans (SPR) bandı üreten birleşik salınımla rezonans halindedir. AgNP'lerin absorpsiyon spektrumları, dielektrik ortamına, morfolojisine, şekline, boyutuna ve kimyasal çevresine bağlıdır. Bu yöntemi kullanarak, araştırmacılar AgNP'lerin sentezini etkileyen faktörleri inceleyebilir ve ilişkilendirebilir. UV-görünür spektrum dalga boyunda 200-800 nm arasında absorpsiyon bantları üreten nanopartiküllerin karakterizasyonunda bu yöntem kullanılabilir (Rajeshkumar ve Bharath 2017; Rónavári vd. 2021).

### d. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)

FTIR spektroskopisi, fonksiyonel özellikleri belirlemek veya uyumlu hale getirmek için yaygın olarak kullanılan bir araştırma aracıdır (Kumar vd., 2021). FTIR analizinde, kızılötesi ışınlar numunenin içinden geçer; IR ışınlarının bir kısmı numune tarafından tutulur ve geri kalan ışınlar numunenin içinden geçer. Bu yöntem, örnek maddelerin absorpsiyon veya iletimine dayalı olarak dalga boyunu karakterize eden bir spektrum sağlar. FTIR analizi, nanopartiküllerin (örneğin, gümüş nitrattan gümüşe) indirgenmesinde biyomoleküllerin işlevini belirlemek için uygun, maliyet açısından daha ekonomik, basit ve kullanımı kolay bir uygulamadır (Vijayaram vd., 2023). Ayrıca FTIR spektrumu, numunenin yapısındaki atomlar arasındaki bağların titreşimi sonucu oluşan frekanslara karşılık gelen absorpsiyon piklerini gösterir ve numunenin bir tür parmak izini sunar. Her bir maddenin kendine özgü bir spektrum görüntüsü olduğundan, bu piklerle numunedeki gruplar tanımlanabilir. Bu özellik sayesinde FTIR analizi, maddelerin kimyasal bileşenlerini belirlemek için değerli bir araçtır (Büyüksırt & Kuleaşan, 2014).

### **e. Geçirimli Elektron Mikroskopu (TEM)**

TEM, nanopartiküllerin şekil, boyut ve morfolojisi hakkında ayrıntılı bilgi sağlayan bir karakterizasyon yöntemidir. Bu analiz, nanopartiküllerin nanometre ile mikrometre aralığındaki yüzey morfolojisini belirlemekte kullanılabilir (Satpathy vd., 2019). TEM, bir numuneyle etkileşime girmek için elektron ışınlarını kullanır ve bu etkileşim sonucunda bir fotoğraf plakası üzerinde görüntüler oluşturur. Bu yöntem, bireysel nanopartiküllerin kimyasal ve elektronik yapılarını tespit etme ve ölçmede oldukça ayırt edicidir (Rajeshkumar & Bharath, 2017).

### **f. Zeta Potansiyeli Analizi**

Zeta Potansiyel analizi, yüzey özelliklerini açıklamaya yardımcı olur ve NP'lerin kararlılığı hakkında bilgi sağlar (Priya vd. 2021). Ayrıca, Zeta potansiyeli, NP'lerin stabilitesinin bir göstergesi olarak hizmet eder ve yüksek yüzey yükü, elektrostatik itme aracılığıyla NP'lerin toplanmasını önler (Satpathy vd., 2019). NP'ler, yüzeylerinde zıt yüklü iyon tabakalarını çeken bir yüzey yüküne sahiptir. Bu oluşan iyon tabakaları, sulu çözelti içinde NP'lerle birlikte hareket eder. Katmanlar arasındaki toplam elektrik yükü potansiyeli, NP'lerin Zeta potansiyeli olarak bilinir ve genellikle +100 mV ile -100 mV arasında değişen değerler alır. Zeta potansiyelinin büyüklüğü, nanopartiküllerin stabilitesinin bir göstergesidir. Örneğin, Zeta potansiyeli -25 mV'den küçük veya +25 mV'den büyük olan NP'ler genellikle yüksek bir stabiliteye sahiptir. Özellikle, stabil gümüş nanopartikül süspansiyonları için minimum  $\pm 30$  mV Zeta potansiyel değeri gereklidir. (Rajeshkumar & Bharath, 2017).

### **g. Enerji Yayımlı X-Işınımı (EDX)**

Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX), gümüş nanopartiküllerin kompozisyonunu ve elementel analizlerini elde etmek için sıkça kullanılan bir tekniktir

(Jebril, Khanfir, vd., 2020). Ayrıca, gümüş nanopartiküllerin elementel bileşimini doğrulamak ve gümüş atomlarına yönelik sinyalleri tanımlamak için EDX analizi uygulanır (Khalil, 2022).

#### **h. Termogravimetrik ve Diferansiyel Termal Analizi (TGA- DTA)**

TGA, elde edilen nanomateryallerin kesin kimyasal bileşimini ve termal stabilitesini tahmin etmeye yardımcı olur ve parçacıkların yüzey kimyasal yapısını tanımlamak için kullanılabilir (Rónavári vd., 2021). TGA-DTA verileri, AgNP'lerin farklı sıcaklık aralıklarında madde miktarının bozunmasını belirlemek için kullanılır (M. F. Baran, 2019a). Dolayısıyla, TGA-DTA analizi genellikle sentezlenen AgNP'lerin ısı işlemler karşısındaki kararlılığını ve direncini belirlemek için yapılır.

#### **2.4.3. AgNP'lerin Antimikrobiyal Aktivitesi**

Çeşitli metal nanopartiküller arasında, gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle farmakoloji, insan ve veteriner hekimliği, gıda endüstrisi, su arıtma ve diğer birçok alanda kullanıma uygun oldukları kanıtlanmıştır (Vanin dos Santos Lima vd., 2022).

Biyolojik sentez yöntemiyle üretilen gümüş nanopartiküllerinin (AgNP'lerin) birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Literatürde, antimikrobiyal etkileriyle bilinen, yara iyileştirici özelliklere sahip ve steril bant uygulamalarında kullanılan AgNP'lerin raporları bulunmaktadır. Ayrıca, antibakteriyel ve antimikrobiyal aktivite gösteren gümüş, süs eşyası veya mutfak gereçlerinde de kullanılmaktadır. Ancak, AgNP'lerin saf formunda bazı dezavantajlar, özellikle topaklanma gibi, gözlemlenmektedir. Nanokompozitlerde bulunan metallerin kimyasal bileşimi, şekli ve dağılımı gibi özellikler, nanopartiküllerin kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini etkileyebilir. Ek olarak, gümüş iyonları, AgNP'lerden daha yüksek bir toksisiteye sahiptir (Balo, Cellat, ve Fatih, 2020). Gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) gibi nano ölçekli malzemeler, yüksek yüzey alanı/hacim oranı ve özel kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle yeni ajanlar olarak öne çıkmaktadır.

AgNP'ler, gümüş tuzlarına kıyasla antimikrobiyal aktivitelerini daha verimli bir şekilde aracılık etmektedir. AgNP'lerin farklı hedeflerde sinerjistik olarak etki göstermesi, antimikrobiyal direnç mekanizmalarına herhangi bir müdahale beklenmemesine neden olmaktadır. Ayrıca, sulu çözeltilerde biyolojik olarak aktif Ag<sup>+</sup> iyonlarının iletilmesi ve antimikrobiyal etkiyi arttırdığına inanılmaktadır (Cavassin vd. 2015). Yeşil sentez yönteminin metal nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitesini arttırdığı rapor edilmiştir. Bu bağlamda, NP'lerin boyutu çok önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır (Alizadeh vd. 2022). AgNP'lerin biyolojik etkisi, boyutlarına, morfolojilerine ve konsantrasyonlarına bağlı olarak değişir. 20 nm'den küçük nanopartiküller, nispeten büyük bir boyut/yüzey oranına sahiptir; bu da mikrobiyal hücrelere daha verimli bir şekilde bağlanmalarını ve hücre duvarı ile plazma zarına kolayca nüfuz etmelerini sağlar. Yeşil sentezlenen nanopartiküllerin morfolojiye bağlı aktivitesi hakkında henüz mevcut veri bulunmasa da, yeşil sentez sırasında kullanılan indirgeyici ve kaplama maddelerinin aynı zamanda nanopartiküllerin biyolojik aktivitesini de etkileyebileceği düşünülmektedir (Rónavári vd., 2021).

Gümüş nanopartiküllerinin (AgNP'lerin) biyolojik sentez yöntemiyle üretimi, antimikrobiyal etkileri ve uygulama alanları üzerine yapılan çalışmalar, nanoteknolojinin önemli bir yönünü oluşturmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları, AgNP'lerin farklı boyutları, morfolojileri ve konsantrasyonlarına bağlı olarak değişen antimikrobiyal aktivitelerini anlamamıza yardımcı olmaktadır. Ayrıca, yeşil sentez yönteminin AgNP'lerin biyolojik etkilerini nasıl etkilediği ve bu etkilerin morfoloji gibi faktörlere nasıl bağlı olduğu da araştırma alanı olarak ilgi çekmektedir. AgNP'lerin biyolojik sentez yöntemiyle üretimi ve özellikleri, gelecekte antimikrobiyal ajanların geliştirilmesinde ve uygulanmasında önemli bir rol oynayabilir.

#### **2.4.4. AgNP'lerin Antioksidan Aktivitesi**

Modern bilim, şifalı bitkilerin potansiyel uygulamalarını araştırarak yeni keşifler yapmaktadır. Bu araştırmalar, gümüş (AgNP'ler), altın (AuNP'ler), çinko (ZnNP'ler), bakır (CuNP'ler), platin (PtNP'ler), demir (FeNP'ler), kobalt (CoNP'ler), nikel (NiNP'ler) gibi bitki kaynaklı nanopartiküllerin antikanser özellikler sergileyebileceğini göstermektedir. Ayrıca, bu nanopartiküller antibakteriyel, antioksidan, antiinflamatuvar ve

antiviral etkilere sahiptir. Metal iyonu nanopartiküllerinin karakterizasyonu, mikroskopik ve spektroskopik analizlerle gerçekleştirilir ve bu süreç Analitik Kimya Enstrümantal teknikleri kullanılarak yapılır (Bordiwala, 2023). Özellikle, gümüş nanopartiküllerin diğer metal nanopartiküllere göre geniş bir mikroorganizma yelpazesine karşı güçlü sitotoksik aktiviteler sergilediği ve bu nedenle çok etkili antimikrobiyal, antioksidan ve antifungal ajanlar olduğu gösterilmiştir (Jebril, Khanfir, ve Jenana 2020).

Metalik nanopartiküllerin yeşil biyosentezi, mikroorganizmaların veya bitkilerin kullanıldığı çevre dostu ve indirgeyici bir işlem olup pahalıdır. Bununla birlikte, bitki özleri antioksidan, antiinflamatuvar, antibakteriyel, antiviral ve antifungal özelliklere sahip olduğundan, nanopartikül yüzey dönüşümü için kullanılabilir (Cristina Bidian, Gabriela Adriana Filip, Luminita David, Bianca Moldovan, Diana Olteanu, Simona Clichici, Maria-Cristina Olănescu-Vaida-Voevod, Cristian Leostean, Sergiu Macavei, Dana Maria Muntean, Mihai Cenariu 2023)

Nanopartiküllerin bitkilerin abiyotik stres toleransında rol oynadığı bilinmektedir. Özellikle, AgNP'lerin farklı konsantrasyonlarının stresi azaltmak için antioksidan aktiviteyi arttırdığı gözlemlenmiştir. Antioksidanlar, serbest radikalleri ve oksidanları indirgeyerek organizmayı oksidatif hasardan korumaya yönelik hareket eden moleküllerdir. Bitkideki antioksidan sisteminin etkisinin değerlendirilmesi, AgNP'lerin bitkilere etkisinin altında yatan mekanizmaları anlamak için önemlidir. Bitki savunma mekanizması, çeşitli stres koşullarında antioksidan etkiyi tetikler ve reaktif oksijen türleri (ROS) üretimine enzimatik antioksidan savunması ile cevap verir. Ayrıca, gümüşün bitkide antioksidan enzimlerini aktive ettiği gözlemlenmiştir (Baltacı, 2023).

Şu ana kadar, sulu bitki yaprağı ekstraktında bulunan çeşitli biyomoleküllerin AgNP oluşumunda rol aldığına dair tartışmalar olsa da, bu tür biyomoleküllerin AgNP'lerin sentezinde kullanıldığı bilinmektedir. Metal tuzlarının bitki ekstraktlarıyla etkileşime girmesi, metal iyonlarının doğal organik maddeler ve reaktif oksijen türleri (ROS) ile etkileşimini içerir. AgNP'lerle temasın ROS seviyelerini artırması, hücre hasarına ve hücre ölümüne yol açabilir. Son olarak, antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklere sahip şifalı bitkilerin kullanımının yaraların iyileşmesini teşvik ettiği ve metal nanopartiküllerin de antioksidan özelliklere sahip olduğu göz önüne alındığında, bu iki bileşenin yara iyileşmesinde etkili bir strateji olabileceği düşünülebilir (Akbal vd., 2016; Arshad vd., 2023; Korani vd., 2021).

## 2.5. AgNP'lerin Yeşil Sentez Çalışmaları

AgNP'ler, çeşitli yeşil sentez çalışmalarında elde edilen metal nanoparçacıkları arasında yer alır. Bu MNP'lerin kullanım alanlarının geniş olması, her geçen gün popülerliklerini artırmaktadır (Leyu ve diğerleri, 2023). AgNP'lerin yeşil sentezi, karakterizasyonu ve uygulama alanlarıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıda, bu konudaki bazı çalışmaların örnekleri verilmiştir.

*Parthenium hysterophorus* özütü kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin sentezlendiği bir çalışmada, sırasıyla 3.41–14.5 nm ve 5.57–26.3 nm boyutlarında küresel morfolojik yapılarının olduğu gösterilmiştir. Bu metal nanoparçacıklarının patojen suşlar üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrohidrazil) ile radikal süpürücü etkilerinin incelendiği belirtilmiştir. ROS süpürücü kapasiteleri ve IC50 değerleri sırasıyla % 88.75 - % 86.25 ve 33.62 µg mL<sup>-1</sup> - 42.86 µg mL<sup>-1</sup> aralığında belirlenmiştir (Leyu ve diğerleri, 2023).

*Olae europaea* L. yaprakları kullanılarak yeşil sentez yöntemi ile yapılan bir çalışmada elde edilen AgNP'lerin özellikleri UV-vis, SEM, EDS ve TEM verileri aracılığıyla karakterize edilmiştir. 50-90 nm boyutta küresel formda NP'lerin sentezlendiği belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen AgNP'lerin antimikrobiyal, antibiyofilm, antioksidan aktiviteleri ile hücre bileşenlerinin salınımı testi ve *Staphylococcus aureus* bakterilerinin üremesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sentezlenen AgNP'lerin Antimikrobiyal, antibiyofilm aktivite ve hücre bileşenlerine etki bakımından özellikle *Acinetobacter baumannii* ve *Proteus vulgaris* bakterilerine karşı daha etkili oldukları belirlenmiştir (Ceylan, 2023).

*Cleome gynandra* özütüyle sentezlenen küresel morfolojiye sahip AgNP'lerin özellikleri, UV-vis, XRD, FESEM ve TEM gibi veriler kullanılarak karakterize edilmiştir. Bu sentezlenen AgNP'lerin, patojen *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üremelerini baskılamada etkili olduğu belirtilmektedir (Mani vd., 2021).

*Rumex acetosella* L. bitkisinden yeşil sentez yöntemiyle üretilen AgNP'lerin özellikleri ve antimikrobiyal etkileri incelenmiştir. Elde edilen AgNP'lerin analizi XRD, UV-vis, FT-IR, TEM, SEM-EDX, Zeta Potansiyeli ve Zeta Sizer gibi yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Analizler, AgNP'lerin küresel, beşgen ve altıgen şekillere sahip olduğunu, 29.16 nm boyutta olduğunu ve -9.88 mV zeta potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. AgNP'lerin antimikrobiyal etkileri, gram pozitif ve gram negatif bakteriler

ile *Candida albicans* mantarı üzerinde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) değerlerinin belirlendiği mikrodilüsyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bulgular, AgNP'lerin düşük konsantrasyonlarda ve ticari antibiyotiklere kıyasla daha güçlü antimikrobiyal aktivite sergilediğini göstermiştir (Bütüner, 2022).

*Zataria multiflora* kullanılarak farklı pH aralıklarında AgNP'ler sentezlenmiştir. Elde edilen AgNP'lerin özellikleri UV-vis, AFM, XRD, SEM ve EDX gibi veriler aracılığıyla karakterize edilmiştir. pH değeri 9'da sentezlenen AgNP'lerin küresel bir görünüm sergilediği ve ortalama 25 nm boyut dağılımına sahip oldukları belirlenmiştir. Sentezlenen AgNP'lerin antimikrobiyal etkisi incelenmiş ve 4 ve 8 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonlarının patojen *S. aureus* üremesi üzerinde baskılayıcı etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Barabadi ve diğerleri, 2021).

*Diospyros kaki* L. bitkisinin yapraklarından elde edilen özüt kullanılarak AgNP'ler çevre dostu bir yöntemle sentezlenmiştir. Sentez sonucunda elde edilen AgNP'lerin özellikleri FTIR, FESEM, SEM, TEM, AFM, EDX, XRD, TGA-DTA, Zeta boyut ve zeta potansiyeli gibi çeşitli cihazlar kullanılarak karakterize edilmiştir. Karakterizasyon verilerinde AgNP'lerin 453.34 nm dalga boyunda maksimum absorpsiyon, ortalama 27.12 nm boyut dağılımı, -22.4 mV yüzey yükü ve küresel bir yapıya sahip oldukları tespit edilmiştir. AgNP'lerin patojen suşlar üzerinde 0.03-0.06 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonlarının üreme üzerinde baskılayıcı etki gösterdiği mikro dilüsyon tekniğiyle belirlenmiştir. Ayrıca, sentezlenen AgNP'lerin kanser hücre hatları üzerinde sitotoksik etkileri MTT metodu kullanılarak 25-200 µg ml<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında incelendiği ve kanser hücrelerinin çoğalmasını baskıladığı görülmüştür (Ölçekçi, 2022).

AgNP'ler, *Glochidion candolleianum*'dan elde edilerek UV-vis, TEM ve FT-IR gibi analiz yöntemleriyle karakterize edilmiştir. Küresel morfolojiye sahip olan bu AgNP'lerin, patojen suşların üreme kapasitesi üzerindeki etkileri araştırılmış ve baskılayıcı etkileri açıklanmıştır (Balachandar vd., 2022).

Adaçayı ve kızılıcıktan yeşil sentezle elde edilen AgNP'lerin özellikleri ve antimikrobiyal aktivitesinin araştırıldığı bir çalışmada, adaçayı ve kızılıcıktan saf su kullanılarak oda sıcaklığında ve 60°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ekstrakt hazırlanmıştır. Bu ekstraktlar AgNO<sub>3</sub> ile reaksiyona sokularak AgNP'ler elde edilmiştir. Elde edilen AgNP'lerin karakterizasyonu yapılarak antimikrobiyal aktivitesi belirlenmiştir. Adaçayıdan elde edilen AgNP'lerin *Listeria monocytogenes* (*L. Monocytogenes*) ve *E. coli* O157:H7 üzerinde etkili olmadığı, ancak *S. aureus* ve *Sarmonella Typhi* (*S. Typhi*) üzerinde 25 mg/mL konsantrasyonundaki AgNP'lerin 7 mm

zon oluşturduğu gözlemlenmiştir. Kızılıcıktan oda sıcaklığında elde edilen AgNP'lerin *E. coli* O157:H7 üzerinde etkili olmadığı, ancak 25 mg/mL konsantrasyonundaki AgNP'lerin *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *S. Typhi* üzerinde sırasıyla 9, 9, 7 mm zon oluşturduğu tespit edilmiştir. Kızılıcıktan 60°C'de elde edilen AgNP'lerin *L. monocytogenes*, *S. Typhi* ve *E. coli* O157:H7 üzerinde etkili olmadığı, ancak iki farklı konsantrasyonda elde edilen AgNP'lerin *S. aureus* üzerinde sırasıyla 9 mm zon oluşturduğu görülmüştür (Özeşer, 2023).

*Pyrus pashia* özütü kullanılarak, ışık, sıcaklık ve pH gibi reaksiyon koşullarının optimize edildiği bir sentez ortamında AgNP'ler sentezlenmiştir. Bu sentez sonucunda elde edilen AgNP'lerin özellikleri, UV-vis, XRD, TEM ve FESEM gibi verilerle belirlenmiştir. AgNP'lerin *E. coli*, *S. aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella typhi* ve *Shigella sonnei* gibi patojen suşların çoğalmasını baskıladığını ve antimikrobiyal etkide baskılayıcı olduğu belirtilmiştir (Khanal vd., 2023).

*Cotinus coggygia* Scop. yaprakları ve *Pistacia Vera* L. dış kabuklarının su ekstraktlarıyla AgNP'lerin yeşil sentezle üretildiği çalışmada AgNP'lerin özellikleri TEM ve FTIR analizleriyle belirlenmiştir. *Pistacia Vera* L. dış kabuklarının sulu ekstraktıyla sentezlenen AgNP'lerin bakterilere karşı etkili olduğu tespit edilip *Cotinus coggygia* Scop. yapraklarının su ekstraktı ve sentezlenen AgNP'lerin ise geniş bir bakteri yelpazesine karşı güçlü antimikrobiyal aktivite gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, çalışmada, *Cotinus coggygia* Scop. ve *Pistacia Vera* L. etanol ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri DPPH ve Toplam İndirgeme Gücü yöntemleriyle belirlenmiş ve standartlarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, bu bitki ekstraktlarının doğal sağlık ürünleri için önemli bir antioksidan kaynağı olabileceğini ve büyük bir potansiyele sahip olduklarını göstermiştir. (Çiftçi, 2019)

*Aloe vera* kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin özellikleri, zeta potansiyel, BET, XRD ve SEM-EDS gibi karakterizasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Bulgular, küresel bir yapıya sahip olan ve -35.3 mV yüzey yüküne sahip olan AgNP'lerin, patojen bakterilerin üremesi üzerinde 15.62 µg mL<sup>-1</sup> ve 31.25 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonlarda etkili olduğunu göstermektedir (Muraro vd., 2022).

Ceviz yaprakları kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin özellikleri, zeta potansiyel, XRD, UV-vis, FTIR ve SEM gibi karakterizasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. AgNP'lerin 23.66 nm kristal nano boyut, 454.01 nm dalga boyunda maksimum absorbans, küresel görünüm ve -11.53 mV zeta potansiyeline sahip oldukları belirlenmiştir. Biomedikal uygulamalar için anti-mikrobiyal etkileri patojen türler üzerinde

incelenmiş olup bu türler üzerinde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonları (MİK) 0.25-1.0 mg/L olarak mikrodilüsyon yöntemi ile belirlenmiştir ve etkili oldukları görülmüştür (A. Baran, 2021).

*Citrus reticulata* özütü kullanılarak AgNP'lerin sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AgNP'lerin özellikleri, TEM, FTIR ve FESEM gibi verilerle karakterize edilmiştir. Bulgulara göre, 10-35 nm boyut aralığında küresel morfolojiye sahip olan AgNP'lerin etkili katalitik aktivite sergilediği belirlenmiştir (Jaast ve Grewal, 2021).

Mısır nişastası (Co-S), sago nişastası (Sa-S) ve manyok nişastası (Ca-S) kullanılarak yapılan çalışmada çiçek şeklindeki gümüş nanopartiküllerin (AgFLs) yeşil yöntemle sentezinin incelenmesini amaçlanmıştır. AgNP'ler, TEM, XRD, UV-vis, FTIR, TGA ve Parçacık boyutu analizörü kullanılarak karakterize edilmiştir. TEM görüntüleri, sentezlenen gümüş nanopartiküllerin çiçek benzeri şekli partikül boyutu mısır nişastasında 47,8 nm, manyok nişastasında, 107,5 nm ve sago nişastasında 118,9 nm dağılımı göstermiştir. UV-vis spektroskopisi gümüş nanopartiküllerin 420-430 nm'de maksimum emilimini göstermiştir. X-ışını kırınım desenleri ise, gümüş nanopartiküllerin kübik yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle farklı nişasta içeren sentezlenen gümüş nanopartikülleri çiçek şeklinde olduğu tespit edilmiştir (Pechyen 2020).

*Zephyranthes candida* bitkisinin çiçeklerinden elde edilen özüt ile sentezlenen AgNP'lerin özellikleri, SEM, TEM, EDX ve XPS gibi veriler kullanılarak belirlenmiştir. Bu AgNP'lerin tıbbi ajan olarak kullanılabilirliği incelenmiş ve antiinflamatuvar, antidiyabetik, antioksidan, antikanser biyoaktivitelerinin önemli ölçüde olduğu gözlemlenmiştir (Kaliammal vd., 2021).

AgNP'ler, nar kabuğu ekstraktı (PPE) kullanılarak yapılan bir çalışmada yeşil indirgeyici ve kapatma maddesi olarak üretilmiş ve ardından bu partiküllerin pamuk yüzeyinde birikmesi UV-vis, SEM, TEM, EDX çizgisi ve ICP-MS ile karakterize edilmiştir. İşlem görmüş pamuğun antioksidan aktivitesi 2,2'-difenil-1-pikrilhidrazil radikal (DPPH) testi ile değerlendirilmiştir. AgNP'lerle işlenmiş pamuk, *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı yüksek antioksidan aktivite ve mükemmel antibakteriyel aktivite göstermiştir; bu da bu malzemelerin sağlık ve hijyenik tekstillerin geliştirilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir (Butola vd., 2019).

*Aloe barbadensis* yaprak özütü kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin karakterizasyonu, XRD, UV-vis, zayıflatılmış toplam yansıma kızılötesi spektroskopisi (ATR-IR), AFM ve FE-SEM gibi verilerle gerçekleştirilmiştir. AgNP'lerin MCF-7 kanser hücreleri üzerinde önemli ölçüde baskılayıcı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca,

antimikrobiyal etki çalışmasında, patojen suşlar arasında en iyi etkinin (20 mm inhibisyon zonu ile) *E. coli* üzerinde olduğu belirtilmiştir (Ghatage vd., 2023).

Yeşil sentez kullanılarak nanopartiküllerin üretiminin gerçekleştirildiği çalışmada, alkaloidler, saponinler, flavonoidler, steroid bileşikleri gibi içeriklere sahip bitki özütü, indirgeyici ve stabilize edici maddeler olarak kullanılmıştır. Reaksiyon ortamında AgNP'lerin varlığı UV-vis ile tespit edilirken, AgNP'lerin boyutu Zetasizer tarafından belirlenen 40-98 nm aralığında olduğu gözlemlenmiştir. AgNP'lerin küresel şekli ve kristal yapısı XRD ve FESEM ile doğrulanmıştır. Biyosentezlenen AgNP'lerin, *E. coli* ve *V. cholera* bakteri türlerine ve Kadmiyum (Cd) ve Paladyum (Pd) gibi ağır metallere karşı değişen oranlarda antibakteriyel ve katalitik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Biyosentezlenen AgNP'lerin *E. coli*'ye karşı daha güçlü bir inhibitör etki gösterdiği ve Cd'nin giderim etkinliğinin Pd'den daha yüksek olduğu bulunmuştur (Ghoshal, 2017).

İki farklı bitki özütünün kullanıldığı bir yeşil sentez çalışması sonucunda elde edilen AgNP'lerin yaklaşık 17.11 nm boyutunda ve küresel yapıda olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen AgNP'lerin karakterizasyonu, UV-vis, S-TEM, XRD, FTIR ve EDS analiz verileriyle gerçekleştirilmiştir. Bu AgNP'lerin özellikleri belirlendikten sonra, Kolon (HT-29), MCF-7, A549 ve Karaciğer (HUH-7) kanser hücreleri üzerinde baskılayıcı etkileri incelenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Sentezlenen AgNP'lerin *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*), *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*) ve *S. aureus* bakterileri ile birlikte *Candida utilis* (*C. utilis*) ve *Candida albicans* (*C. albicans*) fungusları üzerinde baskılayıcı etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Gökşen Tosun vd., 2021).

İndirgeyici madde olarak elma ekstraktı ve öncü olarak sulu gümüş nitrat kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin oluşumu, karışımın renksizden koyu kahverengiye doğru bir renk değişimi olarak gözlenmiştir. XRD, yalnızca Ag kristalitlerinin varlığını doğrulamıştır. Ayrıca UV-vis ve FTIR, AgNP'lerin oluşumu için indirgeyici madde ve kapatma maddesi olarak etilen gruplarını tanımlamıştır. Süspansiyondaki AgNP'ler, Gram-negatif ve Gram-pozitif bakterilere karşı, minimum bakterisit konsantrasyonları (MBC'ler) 125 µg/mL ila 1000 µg/mL aralığında olacak şekilde aktivite göstermiştir (Ali vd., 2016).

*Humulus lupulus* özütü kullanılarak gerçekleştirilen bir çalışmada, küresel morfolojiye sahip olan 17.40 nm boyutlarında AgNP'ler elde edilmiştir. AgNP'lerin özellikleri, EDAX, XRD, BET, TEM, XPS, SEM, AFM ve Raman Spektroskopisi gibi

yöntemler kullanılarak karakterize edilmiştir. *E. coli* ve *S. aureus* üzerinde MIC-50 değerlerinin sırasıyla 201.881  $\mu\text{g mL}^{-1}$  ve 213.189  $\mu\text{g mL}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. AgNP'lerin antikanser etkilerinde ise IC50 değerinin 147.175 olduğu hesaplanmıştır. AgNP'lerin sağlıklı hücreler üzerindeki sitotoksik ve genotoksik etkilerinin az olmasına rağmen, ilaç seçiminde uyumlu bir yapıya sahip oldukları belirtilmiştir (Das vd., 2022).

Yeşil sentez yaklaşımıyla zeytin yaprağı (OL) ve yeşil çay yaprağı (GTL) ekstraktı kullanılarak yapılan çalışmada sentezlenen AgNP'lerin karakterizasyonu ve antibakteriyel aktivitesi karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Sentezlenen AgNP'ler XRD, FTIR, UV-vis, TEM, SEM, ve EDX gibi veriler kullanılarak belirlenmiştir. Sentezlenen AgNP'lerin antibakteriyel aktivitesi, agar kuyusu difüzyon yöntemi ile sulu OL ve GTL ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre *E. coli* bakterisi için en iyi inhibisyon bölgesi, GTL ile sentezlenen AgNP'lerde 7 mm'den 11 mm'ye, OL ile sentezlenen AgNP'lerde ise 9 mm'den 10 mm'ye artış göstermiştir. Böylece yeşil sentezlenen AgNP'lerin daha düşük konsantrasyonda iyi antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Bergal vd., 2022).

*Eranthemum pulchellum* özütünün kullanıldığı bir çalışmada, 12 nm boyutunda elde edilen AgNP'lerin patojen *Aspergillus flavus* üzerindeki MIC değerinin 200  $\mu\text{g mL}^{-1}$  olduğu belirtilmiştir. Sentezlenen AgNP'lerin Azino-bis-3-etilbenzotzolin-6-sülfonik asit üzerinde 462.56  $\mu\text{g mL}^{-1}$  konsantrasyonda önemli ölçüde antioksidan etki sağladığı gösterilmiştir (Prakash vd., 2021).

*Onosma mutabilis* bitkisinin kök özütü kullanılarak yapılan bir çalışmada, AgNP'lerin yeşil sentezi gerçekleştirilmiş ve karakterizasyonu yapılmıştır. AgNP'lerin karakterizasyonu, XRD, Malvern Mastersizer, UV-Vis, FT-IR, SEM ve EDX yöntemleriyle belirlenmiştir. Karakterizasyon sonucunda, 410 nm dalga boyunda spektrum gösteren, yaklaşık 26-100 nm boyutlarında ve kübik yapıda nanopartiküllerin olduğu tespit edilmiştir. 1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH•) serbest radikal giderme aktivitesi yöntemi kullanılarak, ekstraktların antioksidan aktivitesi incelenmiş ve en yüksek DPPH serbest radikali giderme aktivitesi %59.36 inhibisyon değeri olarak bulunmuştur (Valiyeva, 2023).

*Naringi crenulata'nın* metanolik ekstraktı kullanılarak AgNP'lerin biyosentezinin incelendiği çalışmada, XRD, UV-vis, FTIR, EDX, PSA, SEM ve AFM analiz verileri kullanılmıştır. Sentezlenen AgNP'lerin karakterizasyonu için TEM kullanılmıştır. UV-vis analizi, gümüşün güçlü plazmon rezonansını temsil eden 420 nm'de keskin bir zirve göstermiştir. XRD ve FTIR analizleri, sentezlenen AgNP'lerin fonksiyonel gruplarını ve

yüz merkezli kübik kristal yapısını doğrulamıştır. SEM ve TEM analizleri, sentezlenen nanopartiküllerin ortalama 32,75 nm çapında küresel bir morfolojiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, sentezlenen AgNP'lerin *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli* ve *Klebsiella pneumoniae* gibi çoklu ilaca dirençli bakteri patojenlerine karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Chinnathambi vd., 2023).

Üç farklı bölgeden (Edincik, Gömeç ve İzmir) toplanan zeytinyağlarının antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri ile fenolik bileşenleri incelenmiştir. Edincik'ten alınan örneğin DPPH inhibisyon oranının %21.76 ile %31.7 arasında değiştiği ve ana fenolik maddeler olarak hidroksitirosol ve tirozol içerdiği belirlenmiştir. Tüm numuneler arasında en yüksek antimikrobiyal aktivite, *Clostridium perfringens* ATCC 13124 ve *C. jejuni* ATCC 33291 bakterilerine karşı gözlemlenmiştir (Dağdelen, 2016).

*Allium schoenoprasum* bitkisinin etanol ekstresinin, insan sağlığını etkileyen bazı antioksidan parametreler ve patojen mikroorganizmalar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu araştırma kapsamında, *A. schoenoprasum* etanol ekstresinin antioksidan etkisini belirlemek için DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, bitki ekstresinin bazı patojenik bakteriler üzerindeki antimikrobiyal etkinliği disk difüzyon yöntemiyle değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, DPPH radikal söndürme aktivitesinin en düşük ve en yüksek konsantrasyon değerleri %60,125 ile %96,285 arasında değişirken, BHA için bu değerler %82,178 ile %97,357 arasında bulunmuştur. *A. schoenoprasum* etanol ekstresinin *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* ve *Candida albicans* gibi bazı patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Koçak vd., 2020).

## 2.6. *Allium schoenoprasum* L. (Sirmo)

*Allium schoenoprasum* L., Amaryllidaceae familyasına mensup bir bitkidir ve *Allium* cinsinin tüketilebilen en küçük türüdür. Haziran-ağustos aylarında çiçek açar ve 2000-3300 metre rakımlı dere ve göl kenarları, alpin çayırlar, kalkerli ve gölgeli kayalıklarda doğal olarak yetişir (Koçak ve diğerleri, 2020). Bu aromatik çok yıllık bitki, Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'da doğal olarak yetişebilir. Türkiye'de ise özellikle Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yetişen *Allium schoenoprasum* L., 2n=16 kromozom sayısına sahip diploid bir türdür. Silindir şeklindeki soğanları 0.5-1 cm

çapındadır. Yaprağı 2-6 mm enindedir ve genellikle 1 veya 2 adet silindirik yapıdadır. Çiçek sapı 60 cm'ye kadar yükselebilir ve yarı küresel formda umbelleri bulunur. Çiçekleri genellikle pembe ya da pembe tonlarında mor renge sahiptir (Çakmakçı, 2020).

*Allium schoenoprasum* L. bitkisinin içerdiği vitamin ve bileşikler incelendiğinde, ortalama 100 gramda 77.17 mg C vitamini bulunduğu ve az oranda demir ve kükürt barındırdığı tespit edilmiştir (Eker Eriş, 2019; Tunçtürk & Tunçtürk, 2020). Çiçekleri, çoğunlukla böcekler için itici olmasına rağmen, içerdikleri kükürt bileşikleri nedeniyle arıları kendine çekme eğilimindedir (Eker Eriş, 2019). *Allium schoenoprasum* L. bitkisinin toprak üstü kısımları ve taze yaprakları tüketilir (Çelik ve diğerleri, 2008). Yaprakları, ince ince doğranarak patates, çorba ve balıklarda koku ve tat verici olarak kullanılır. Bahçecilikte, böcekleri uzak tutma özelliğinden dolayı haşeratla mücadelede kullanılır (Eker Eriş, 2019). Ayrıca, yapılan GC-MS analizi (Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi), bitkinin geniş bir aroma bileşiklerine sahip olduğunu göstermiştir (Tunçtürk ve Tunçtürk, 2020). Van yöresine özgü ünlü otlu peynire aroma katan *Allium schoenoprasum* L. bitkisi, Van yöresinde "Sirmo" olarak adlandırılır.

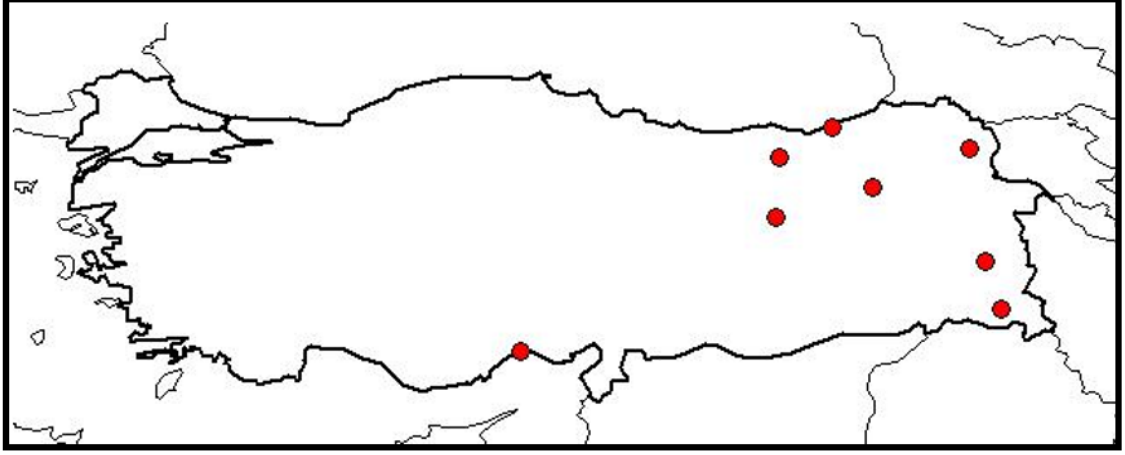
Sirmo (*Allium schoenoprasum* L.), Orta Çağ'dan günümüze kadar mutfakta ve tıbbi amaçlarla kullanılan bir bitkidir ve zengin bir vitamin, mineral ve aminoasit içeriğine sahiptir. Bunun yanı sıra, fenolik, flavonoid, sülfür gibi çeşitli fitokimyasal bileşenler içerir (Stajner ve diğerleri, 2011). Bu bileşenler çeşitli hastalıkların gelişimini önlemede koruyucu etki sağlayabilir. Ayrıca bu bitki, geleneksel tedavi yöntemlerinde hipertansiyon, göğüs hastalıkları, kabızlık gibi rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Koçak vd. 2020; Parvu vd. 2014). Bunun yanında yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar, *Allium schoenoprasum* L. bitkisinin antihelmintik, antihipertansif, antiinflamatuvar, antikanser ve antioksidan etkilere sahip olduğunu göstermektedir (Parvu ve diğerleri, 2014).

*Allium schoenoprasum* L.'nin bitki sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir (Tubives, 2024).

Âlem	: Plantae
Altalem	: Tracheobionta
Şube	: Magnoliophyta
Sınıf	: Liliopsida
Altsınıf	: Liliidae
Takım	: Liliales
Familya	: Liliaceae

Cins : Allium  
Tür : Allium schoenoprasum L.

Tubives adresinden alınan bitkinin Türkiye’de yayılımı (Van, Hakkari, Kars, Erzurum, Gümüşhane, Rize, Tunceli, İçel) Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2. 11. *Allium schoenoprasum* L. bitkisininTürkiyedeki dağılımı (Tubives, 2024)  
([http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax\\_id=8870](http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax_id=8870))

### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. *Allium schoenoprasum* Bitkisinden Özüt Hazırlama

*Allium schoenoprasum* şekil 3.1.(a)'da verilen alandan 2023 Nisan ayı sonunda toplandı. Şekil 3.1.(b)'de görüldüğü gibi toplanan bitki birkaç kez yıkandıktan sonra oda koşullarında kurutma kâğıdı üzerinde kurumaya bırakıldı. Kuruyan bitkiden 8 gr tartıldı. 250 ml distile su içinde kaynayıcaya kadar ısıtıldı. Ardından soğutulup süzme işlemi yapılarak şekil 3.2.'de görüldüğü gibi sentez için hazır hale getirildi.



Şekil 3. 1. *A. schoenoprasum* bitkisinin; a. Yetiştığı alanda ve b. toplama sonrasındaki görünümü

#### 3.2. Metal Çözeltisinin Hazırlanması

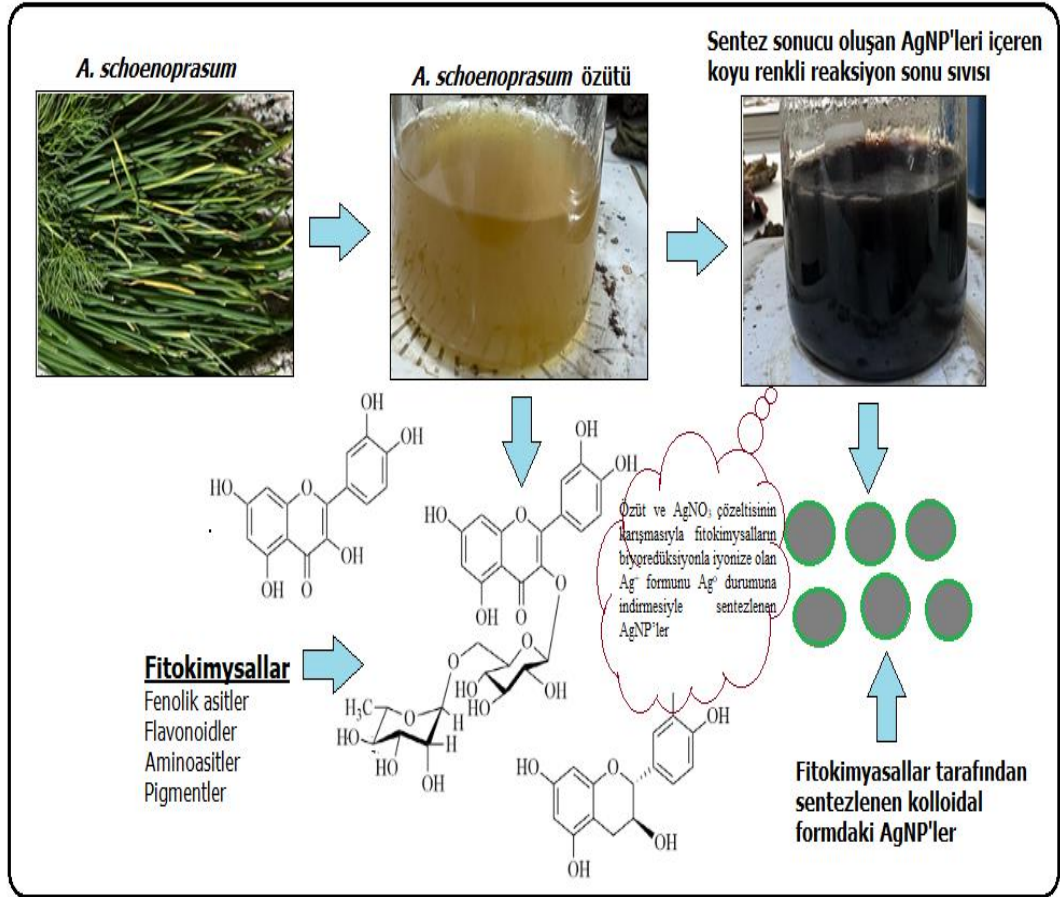
Sigma aldrich gümüş nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) katı bileşik formundan 6.25 mM (milimolar) konsantrasyona sahip çözelti sentez öncesinde hazırlandı.

### 3.3. *Allium schoenoprasum* Özütü Aracılığıyla AgNP'lerin Sentezi

Hazırlanan *A. schoenoprasum* özütü ve 6.25 mM konsantrasyonda hazırlanan  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi karıştırıldı. Manyetik karıştırıcı üzerinde 45 °C'de beş dakika karıştırıldı. Renk değişiminin izlenmesi bakımından zamana karşı gözlem yapıldı (şekil 3.2.). Sentez ortamından zamanla değişen renk şiddeti ile numuneler alarak UV-vis ölçümler yapıldı. Maksimum dalga boylarında elde edilen absorbanlar değerlendirildi. Reaksiyon toplamda 30 dakika sürdü. Şekil 3.3.'te AgNP'lerin özüt aracılığıyla sentez mekanizması verildi. Özüt içeriğinde bulunan fitokimyasalların aktif bileşenleri sulu bir ortamda iyonize olan  $\text{Ag}^+$  formunu  $\text{Ag}^0$  durumuna indirgeyerek AgNP'lerin oluşumunu sağlar (Keskin vd., 2023).



**Şekil 3. 2.** *A. schoenoprasum* bitki özütü aracılığıyla AgNP'lerin sentezi; a. Sentez öncesinde özütün görünümü ve b. sentez aşamasının sonunda meydana gelen renk değişimi



**Şekil 3. 3.** *A. schoenoprasum* bitki özütü aracılığıyla AgNP'lerin oluşum mekanizması

Şekil 3.2.'de elde edilen koloidal formda partiküllerin bulunduğu koyu renkli sıvı 6000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Elde edilen dip kısımdaki pellet kısmı karakterizasyon için kurutuldu.

### 3.4. AgNP'lerin Karakterizasyonu

*A. schoenoprasum* bitki özütü aracılığıyla elde edilen AgNP'lerin özelliklerini belirleyebilmek için çeşitli analiz teknikleri kullanıldı. UV-vis, XRD, SEM, STEM ve TEM'den elde edilen veriler kullanılarak AgNP'lerin karakterizasyonu yapıldı.

### 3.4.1. UV-vis verileri

*A. schoenoprasum* bitki özütü aracılığıyla elde edilen AgNP'lerin oluşumlarını belirlemek için sentez ortamından değişen periyotlarda numuneler alındı. Numuneler bir Shimadzu UV-vis aracılığıyla (Şekil 3.4.) 270-800 nm dalga boyunda taramalar yapıldı. UV-vis'de elde edilen maksimum absorpsiyon bantları kullanılarak AgNP'lerin oluşumları belirlendi.



Şekil 3. 4. AgNP'lerin oluşum ve varlığının değerlendirilmesinde kullanılan UV-vis cihaz görüntüsü

### 3.4.2. XRD verileri

*A. schoenoprasum* özütü aracılığıyla elde edilen partiküllerin kristal yapıları, Rigaku Miniflex 600 model XRD'den (Şekil 3.5.)  $2\theta$ 'da alınan ölçüm sonuçları kullanılarak belirlendi. XRD aracılığıyla  $2\theta$ 'da 20-80 aralığında gümüşe ait  $111^\circ$ ,  $200^\circ$ ,  $220^\circ$ ,  $311^\circ$ 'de meydana gelen Bragg'ın açılarındaki genişlemeler değerlendirildi. Gümüşe ait düzleme yansıyan Bragg açıları meydana gelen bu genişlemeler kristal desenlerine ait karakterize edilen açılardır (Firdhouse ve Lalitha, 2020; Ramkumar vd., 2017; Rautray ve Rajananthini, 2020). XRD'den elde edilen verilerin, bragg açılarına ait meydana gelen

genişlemelerden en yüksek pike ait FWHM değeri kullanılarak kristal nano boyut aşağıda verilen Debye-Scherrer formülü kullanılarak hesaplama yapıldı (M. F. Baran vd., 2023).

$$D = K\lambda / (\beta \cos\theta) \quad \text{Formül (3.1)}$$

Bu eşitlikte; D= partikül boyutunu, K=sabit değerini,  $\lambda$ =X-ray dalga boyu değeri,  $\beta$ =maksimum pikin FWHM değerinin yarısı,  $\theta$ = yüksek pikin Bragg açısını ifade eden terimlerdir.



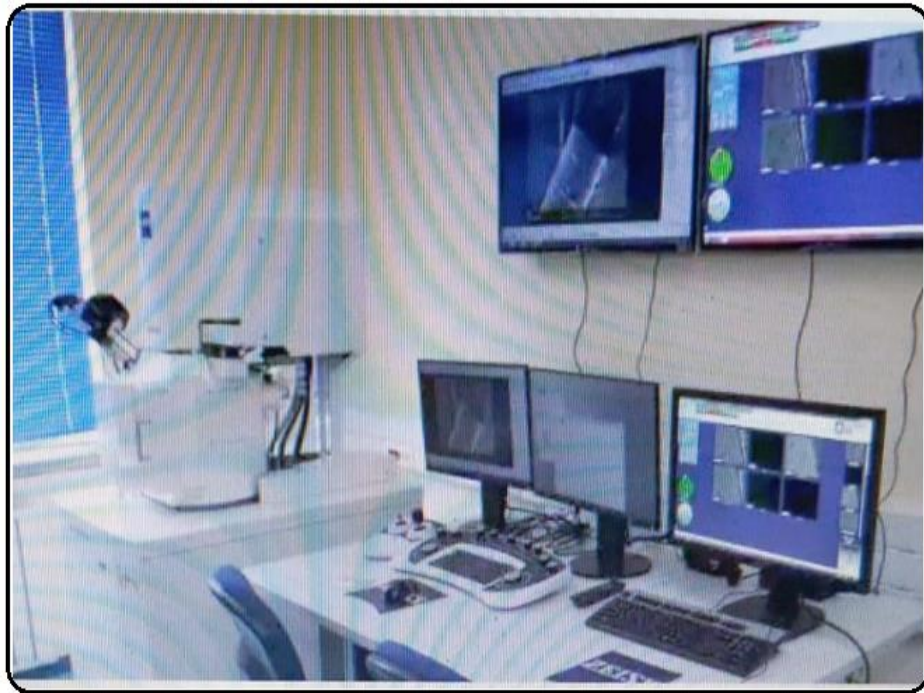
Şekil 3. 5. AgNP'lerin kristal desenlerinin belirlemede kullanılan XRD cihazı görüntüsü

### 3.4.3. SEM, STEM, TEM görüntüleri

Sentezlenen AgNP'lerin şekilleri ile ilgili morfolojik özelliklerin belirlenmesi birçok uygulama için yol gösterici olabilmektedir. *A. schoenoprasum* özütü aracılığıyla elde edilen AgNP'lerin sahip oldukları morfolojik yapılarının görüntülenmesinde farklı mikroskopilerden alınan mikro grafipler kullanıldı. Jeol Jem. 1010 TEM (Şekil 3.6.), ZEIS Gemini 500 STEM (Şekil 3.7.) ve EVO 40 LEQ SEM (Şekil 3.8) mikro grafipleri aracılığıyla sentezlenen AgNP'lerin görünüşleri ile ilgili özellikler belirlendi.



Şekil 3. 6. AgNP'lerin morfolojik yapılarının incelenmesinde kullanılan TEM cihazı görüntüsü



Şekil 3. 7. AgNP'lerin morfolojik yapılarının incelenmesinde kullanılan STEM cihazı görüntüsü



Şekil 3. 8. AgNP'lerin morfolojik yapılarının incelenmesinde kullanılan SEM cihazı görüntüsü

#### 3.4.4. EDX verileri

*A. schoenoprasum* özütü kullanılarak sentezi yapılan partiküllerin element içeriklerine ait profil RadB-DMAX II bilgisayar kontrollü EDX ile belirlendi. EDX aracılığıyla elde edilen datalarda Ag ve diğer elementler bakımından profillerinin değerlendirilmesi yapıldı. Bu datalardan elde edilen bulgular aynı zamanda yüzey kimyasının belirlenmesinde de etkili oldu.



**Şekil 3. 9.** AgNP'lerin kimyasal kompozisyonlarını belirlenmesi için kullanılan SEM ile bağlantılı EDX cihazı görünümü

### 3.4.5. FTIR verileri

*A. schoenoprasum* özüt içeriğinde, AgNP'lerin redüksiyonla sentezinde, kaplanması ve kararlılığında etkili fitokimyasalların fonksiyonel grupları bir Perkin Elmer One FTIR cihazı kullanılarak değerlendirildi. Bu değerlendirme için hem bitki özütü hem de sentez sonucu oluşan koyu renkli sıvı kısımların spektrumları ölçüldü. Her iki sıvının spektrumlarında meydana gelen frekans kaymaları etkili grupları belirlemek için kullanıldı.



**Şekil 3. 10.** *A. schoenoprasum* özüt içeriğinde biyoaktif bileşenlerin fonksiyonel gruplarının belirlenmesinde kullanılan FTIR cihazı görüntüsü

### 3.5. Antimikrobiyal etki çalışmaları

*A. schoenoprasum* özütü tarafından patojen suşlar üzerinde onların üremelerini baskılama çalışmaları için mikro dilüsyon metodu kullanıldı. Sentez sonucu elde edilen farklı konsantrasyonlarda çözeltileri hazırlandı. Antimikrobiyal etki çalışmaları için aşağıda verilen materyaller kullanıldı.

- Biyogüvenlik kabini
- İnkübatör
- 50-200 µl'lik otomatik pipet
- Steril pipet uçları
- 96 kuyucuklu mikro plakalar
- 50 ml'lik falkon tüpleri
- Eppendorf tüpler
- Su banyosu
- Mcfarland solusyonları
- 37 °C inkübatör

- Vorteks
- Cam petri kutusu
- -20 Buzdolabı
- Steril eküvyon çubuklar
- Nutrient Agar
- Muller hinton broth (Merck)
- Saboro Dextros broth ve agar (merck)
- Flukonazol (Antibiyotik)
- Vankomisin (Antibiyotik)
- Kolistin (Antibiyotik)
- Çelik öze ve tek kullanımlık
- Steril distile su

*A. schoenoprasum* özütü tarafından elde edilen AgNP'lerin antimikrobiyal etkileri Mikro Dilüsyon metodu kullanılarak Dicle Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda deneysel çalışmalar yapıldı. Uygulamada gram pozitif bakteriler, gram negatif bakteriler ve maya (fungus) *C. albicans* ATCC 10231 mikroorganizmaları kullanıldı. Gram pozitifler için *S. aureus* ATCC 29213 bakterileri ile gram negatifler için de *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27833 bakteri kullanıldı.

Çalışmada kullanılacak her bir mikroorganizma türü uygun besiyerinde 37 °C etüvde bir gece çoğaltıldı. İnkübasyon sonrasında besiyeri plaklarında çoğalan mikroorganizma kolonileri kullanılarak, McFarland standardı 0.5 bulanıklık kriterine göre çözelti hazırlama işlemi yapıldı. Mikro dilüsyon için 96'lık mikro plaka kuyucuklarına uygun besiyeri ortamları pipetlendi. Bakteriler için müller hinton, *C. albicans* fungusu için de Roswell Park Memorial Institute (RPMI) 1640 sıvı besiyerleri kullanıldı. Mikro plaka kuyucuklarından bazıları sterilizasyon ve üreme kontrolü için belirlendi. Ardından Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan AgNP'leri içeren çözeltiler kuyucuklara eklendi. Mikro plakalarda mikro dilüsyon yapıldı ve ardından hazırlanan mikroorganizma çözeltileri kuyucuklara aktarıldı. Karşılaştırma için *S. aureus*'a vankomisin, *P. aeruginosa*'a kolistin ve *C. albicans*'a flukonazol antibiyotikleri kullanıldı. Ek olarak AgNO<sub>3</sub> çözeltisinin de tüm mikroorganizmalar üzerinde etkisi içinde aynı uygulama basamakları kullanıldı. Bu işlemlerin sonrasında uygulamada kullanılan maddelerin mikroorganizmalarla etkileşimi için mikro plakalar 37 °C etüvde 24 saatlik inkübasyona alındı. Süre sonunda üremenin sonlandığı kuyucuk, mikroorganizmaların çoğalmasını baskılayan Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MİK) olarak tespit edildi.

### 3.6. AgNP'lerin antioksidan etkileri

*A. schoenoprasum* özütü tarafından elde edilen AgNP'lerin antioksidan etkileri 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) giderim aktivitesi ve Bakır (II) İyonu İndirgeme Kapasitesi (CUPRAC) değerlendirilerek incelendi. Deneysel çalışmalar Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi'nde yürütüldü.

#### 3.6.1. DPPH giderim aktivitesinin belirlenmesi deneyi

Sentezlenen AgNP'lerin DPPH'in giderimi aktivitesi, kararlı bir serbest radikal olan DPPH'in elektron ve hidrojen atomları veren antioksidan kimyasalların varlığında, bu radikalın temizlenmesi esasına dayanır. Ortamın karakteristik mor renginin açılmasını spektrofotometrik olarak ölçümü ile giderim aktivitesi belirlenir (Wu vd., 2006). Metanol içinde DPPH çözeltisi % 0.0004'lük (w/v) olacak şekilde hazırlandı. AgNP'lerin 0.2-1.0 mg aralığında çözeltileri hazırlandı. Bu çözeltilerden 1 ml ve DPPH çözeltisinden 4 ml karıştırılarak karanlık ortamda, laboratuvar koşullarında 30 dakika inkübasyon yapıldı. Süre sonunda spektrofotometre aracılığıyla 517 nm'de absorbanslar ölçüldü. Ölçülen absorbanslarla aşağıda verilen eşitlik kullanılarak % inhibisyon hesaplandı. Uygulamada pozitif kontrol için Butillendirilmiş hidroksianisol (BHA) kullanıldı.

$$\% \text{ inhibisyon} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100 \quad \text{Formül (2)}$$

#### 3.6.2. Bakır (II) İyonu İndirgeme Kapasitesi

Bakır (II) İyonu İndirgeme (CUPRAC) antioksidan uygulaması için mikroplaka kuyucuklarına hazırlanan CUPRAC çözeltisi eklendi. Ardından kuyucuklara  $1 \text{ mg mL}^{-1}$  olacak şekilde AgNP'leri içeren çözelti  $30 \mu\text{l}$  eklendi. 30 dakika süresinde oda sıcaklığında inkübasyona bırakıldı. Spektrofotometre aracılığıyla 450 nm'de Ölçümler alındı. Ölçülen absorbans değerleri troloks eşdeğerlik denklemi kullanılarak hesaplandı (Apak vd., 2006).

Troloks eşdeğerliği hesaplamasında kalibrasyon grafiği oluşturmak için troloks 4 farklı konsantrasyonda hazırlandı. Ve elde edilen kalibrasyon grafiği ölçümler için kullanıldı.

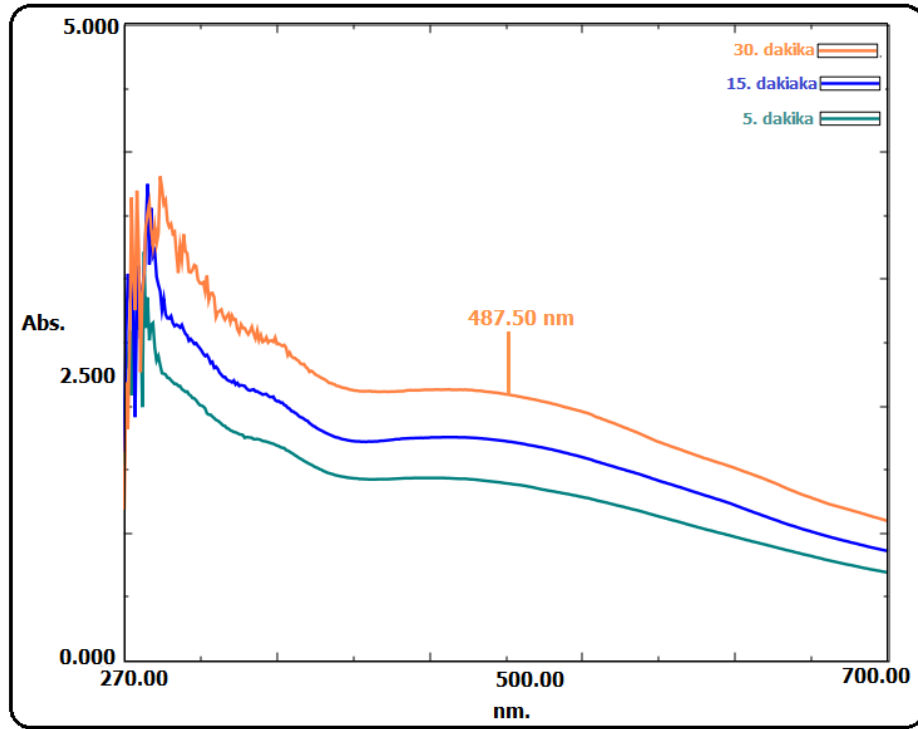
## 4. TARTIŞMA ve BULGULAR

### 4.1. AgNP'lerin Karakterizasyon Verileri

*A. schoenoprasum* bitkisinden elde edilen özüt tarafından sentezlenen AgNP'lerin özellikleri UV-vis, XRD, TGA-DTA, STEM, TEM, SEM ve EDX cihazların verileri ile karakterize edildi. Ayrıca FTIR spektrumları aracılığıyla da AgNP'lerin indirgenmesinden sorumlu fonksiyonel gruplar belirlendi.

#### 4.1.1. UV-vis Verileri

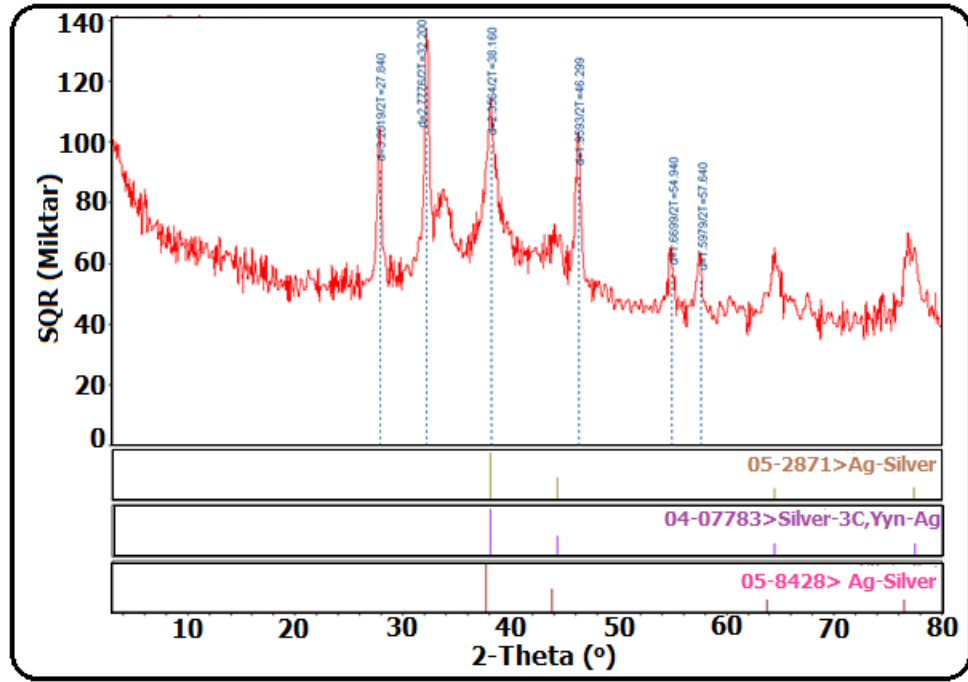
Özüt ve AgNO<sub>3</sub> çözeltisi karıştıktan 5 dakika sonra hızlı bir renk değişimi gözlemlendi. 30 dakika süren kahverengine dönük bu renk değişimi AgNP'lerin oluşumuna bağlıydı (Suriyakala vd., 2022). Renk değişimine bağlı plazma yüzeyindeki titreşimlerin (SPR) varlığı UV-vis aracılığıyla ölçülen gümüşe ait karakteristik maksimum dalga boylarında alınan absorbanlarla doğrulandı (Bharathi vd., 2023). Sentez sonucu elde edilen AgNP'lerin oluşumlarını belirlemek için sentez ortamından değişen periyotlarda numuneler alındı. Numuneler UV-vis aracılığıyla 270-800 nm dalga boyu aralığında taramalar yapıldı. Şekil 4.1'de görüldüğü üzere 487.50 nm'de maksimum absorbanlar ölçüldü. Bu AgNP'lerin oluşumunu gösteren karakteristik verilerdi (Rakib-Uz-Zaman vd., 2022).



**Şekil 4. 1.** AgNP'lerin SPR ile oluşumuna bağlı UV-vis aracılığıyla ölçülen maksimum absorbans verileri

#### 4.1.2. XRD Verileri

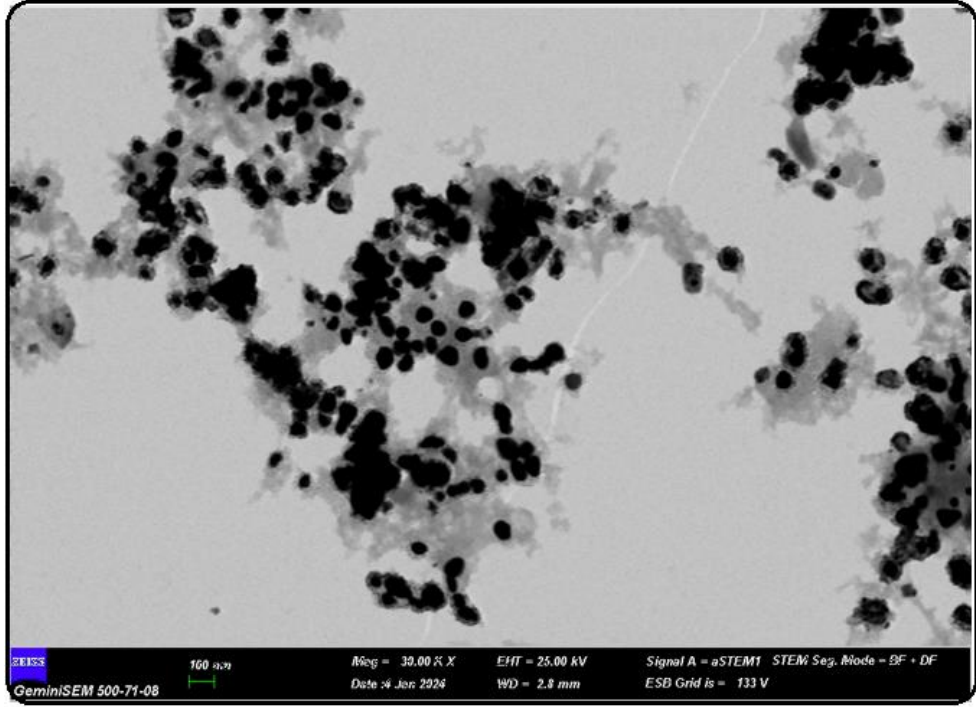
*A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen partiküllerin XRD aracılığıyla düzleme yansıyan kristal desenleri Şekil 4.2.'de verildi. AgNP'lerin kristal yapılarına ait, 10-80 aralığında  $2\theta$  da alınan datalar gösteriyor ki (111), (200), (220) ve (311) piklerine ait Bragg açılarına ait genişlemeler gümüşe ait karakteristik noktalardı. Merkez yüzlü kubik (fcc) kristal desen sahip olduğu görülen AgNP'lerin Debye-sherer eşitliği kullanılarak, (111) alınan FWHM değeri kullanılarak ile kristal nano boyutları hesaplandı. Hesaplama sonucunda AgNP'lerin 6.26 nm kristal nano boyuta sahip oldukları belirlendi.



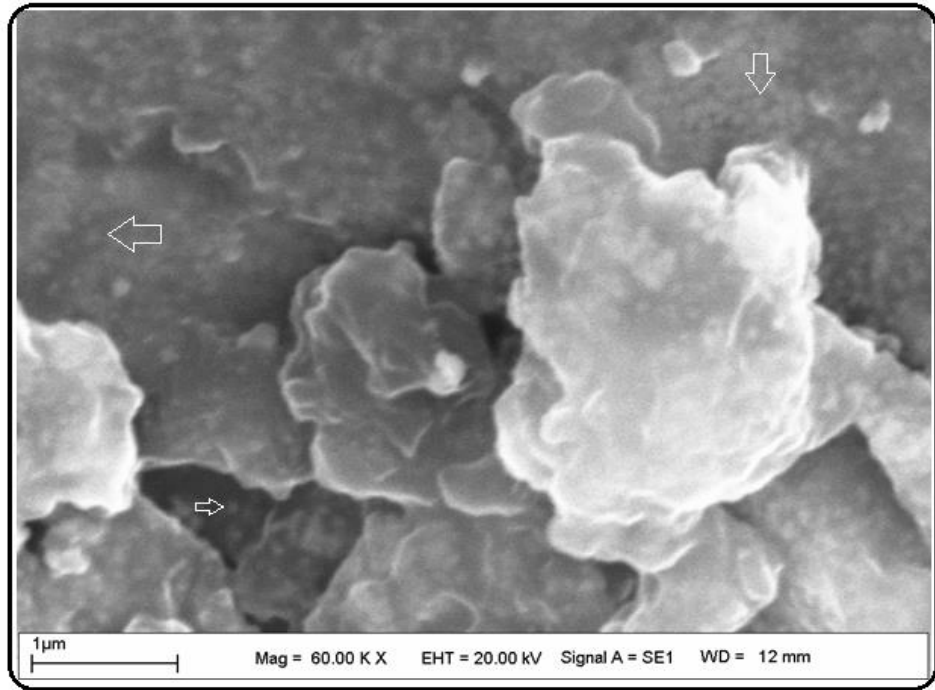
Şekil 4. 2. AgNP'lerin XRD kullanılarak elde edilen 10-20 aralığında düzleme yansıyan kristal desenleri

#### 4.1.3. Mikroskopi Verileri

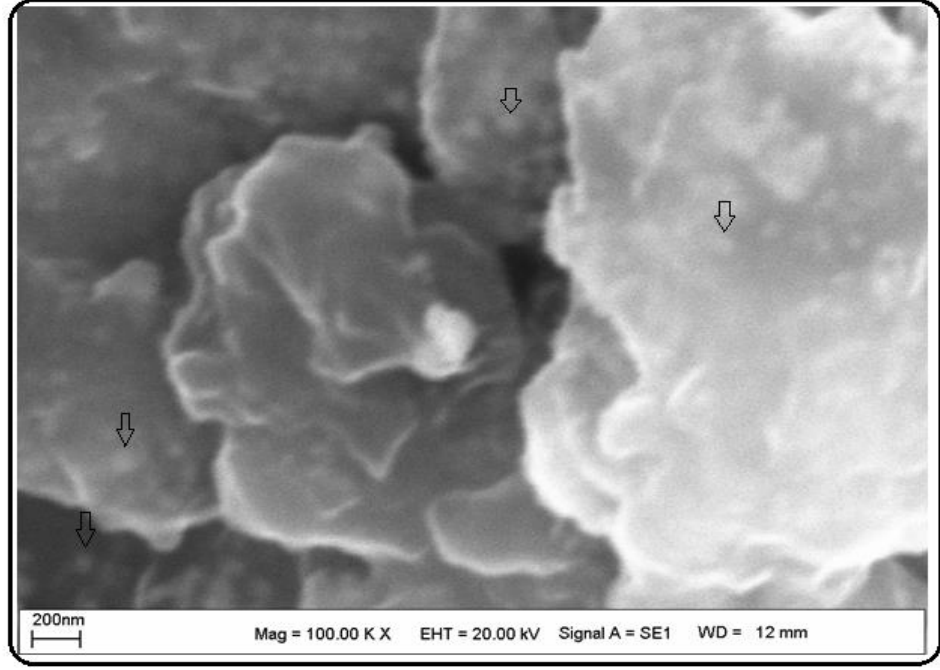
Özüt tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümünü belirlemek için SEM, TEM kullanılarak elde edilen mikro grafiler değerlendirildi (Şekil 4.3 - 4.6). Mikro grafi görüntülerinde görülüyor ki sentezlenen AgNP'ler küresel morfolojiye sahipti. *Justicia glauca* özütü ile yapılan bir yeşil sentez çalışmasında elde edilen AgNP'lerin küresel görünümde oldukları TEM görüntüleriyle gösterilmişti (Emmanuel vd., 2015). *Sarcococca saligna* yaprak özütüyle yapılan bir diğer sentez çalışmasında da AgNP'lerin küresel görünüm sergiledikleri SEM grafileri ile ortaya konulmuştu (Rehman vd., 2023).



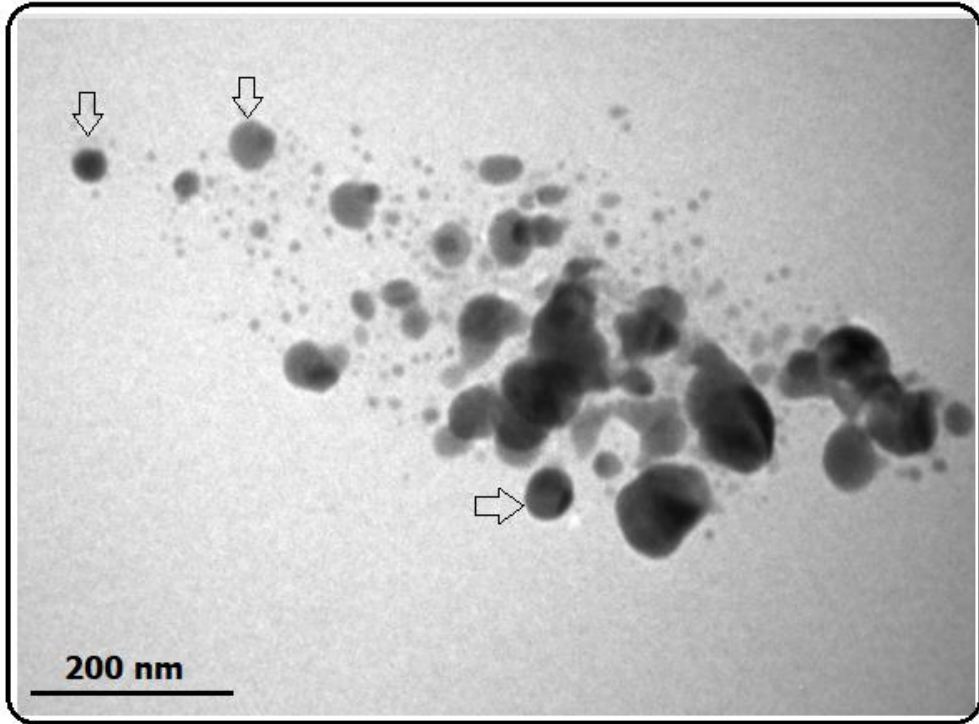
Şekil 4. 3. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümünü gösteren STEM mikro grafisi



Şekil 4. 4. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümünü gösteren SEM mikro grafisi



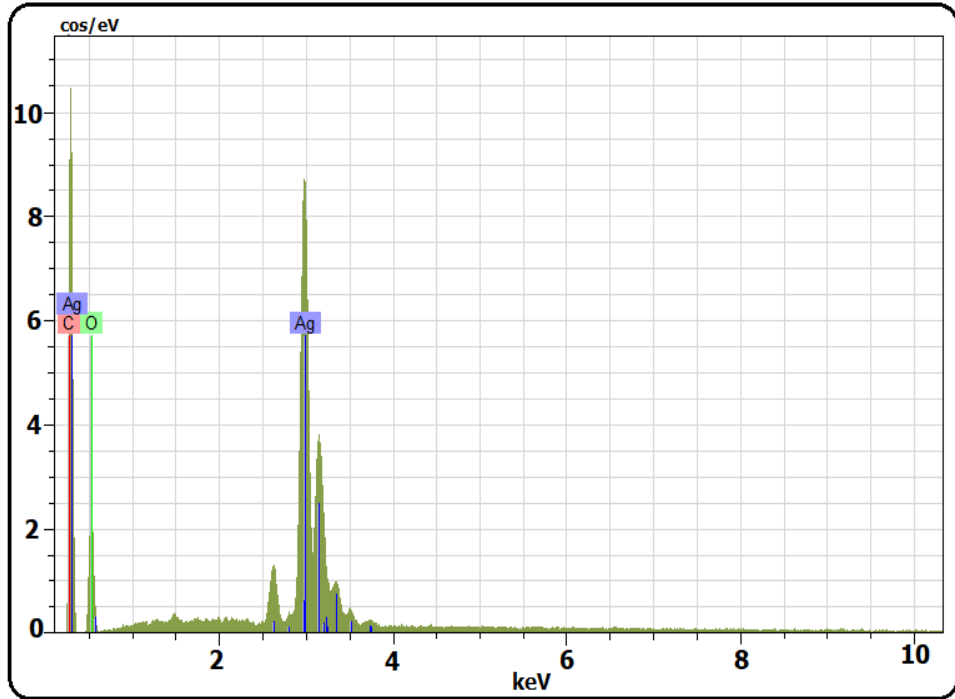
Şekil 4. 5. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümünü gösteren SEM mikro grafisi



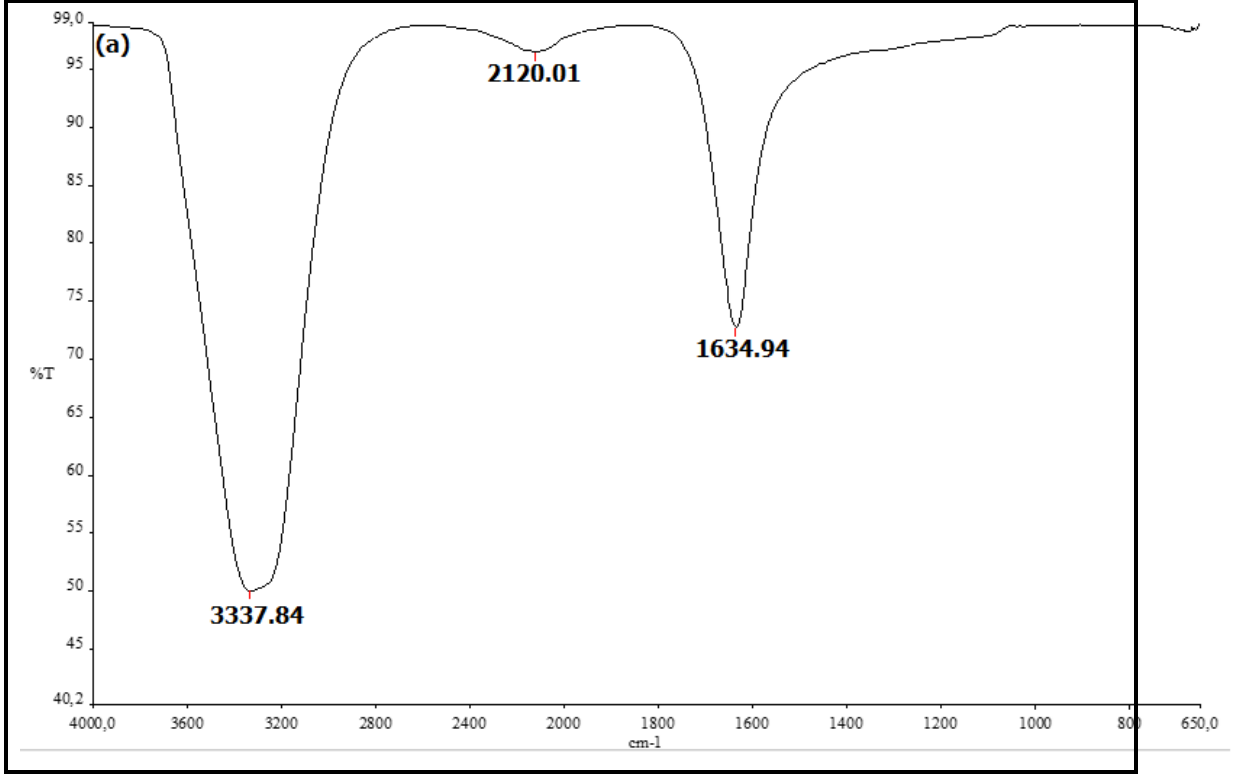
Şekil 4. 6. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünümünü gösteren TEM mikro grafisi

#### 4.1.4. EDX Verileri

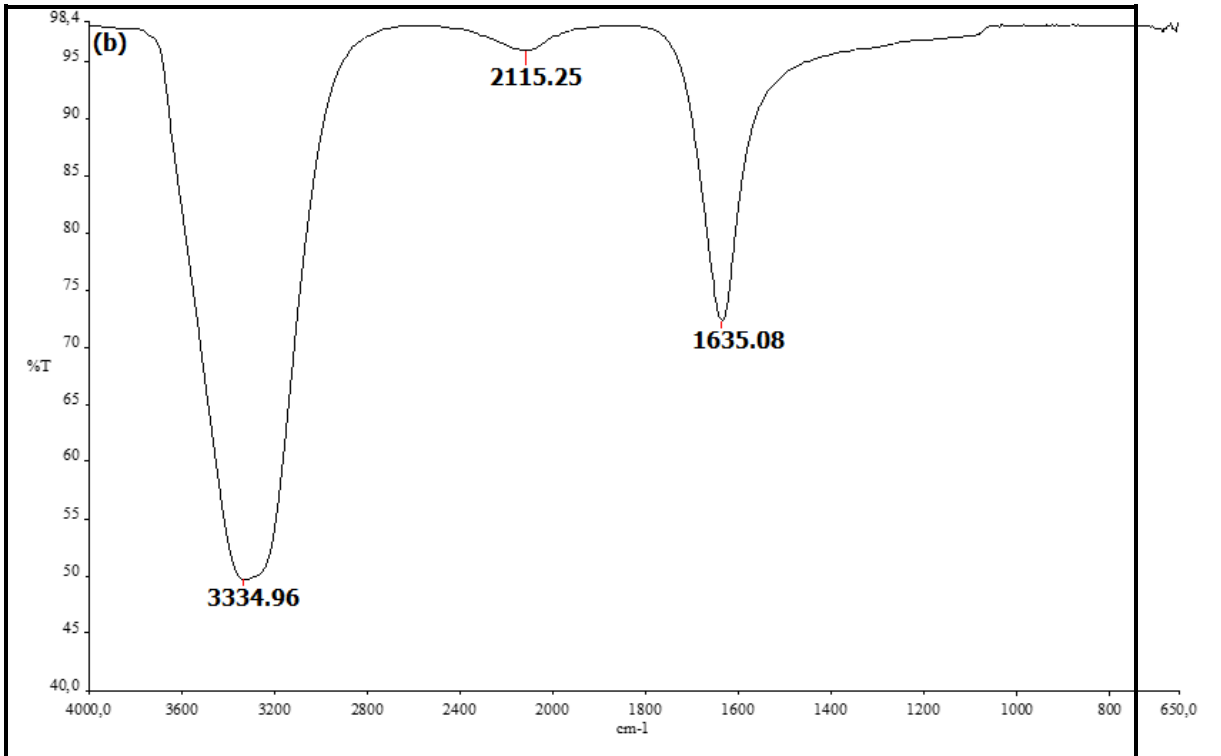
*A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen partiküllerin element kompozisyonları Şekil 4.7’de verilen EDX grafisi aracılığıyla değerlendirme yapılarak belirlendi. Grafide güçlü gümüş piklerinin varlığı sentezlenen partiküllerin AgNP’ler olduğunu gösterdi. Grafide yer alan karbon, oksijen gibi diğer zayıf pikler bitki özütünde yer alan fitokimyasalların biyoaktif gruplarına aitti (Aktepe vd., 2021; Baran vd., 2022; Carla vd., 2019; Jebril, Khanfir Ben Jenana, vd., 2020; Pugazhendhi vd., 2018; Wongpreecha vd., 2018).



Şekil 4. 7. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen partiküllerin EDX tarafından ölçülen element içerikleri



Şekil 4. 8 . (a) *A. Schoenoprasum* özütüne ait FTIR spektrumları



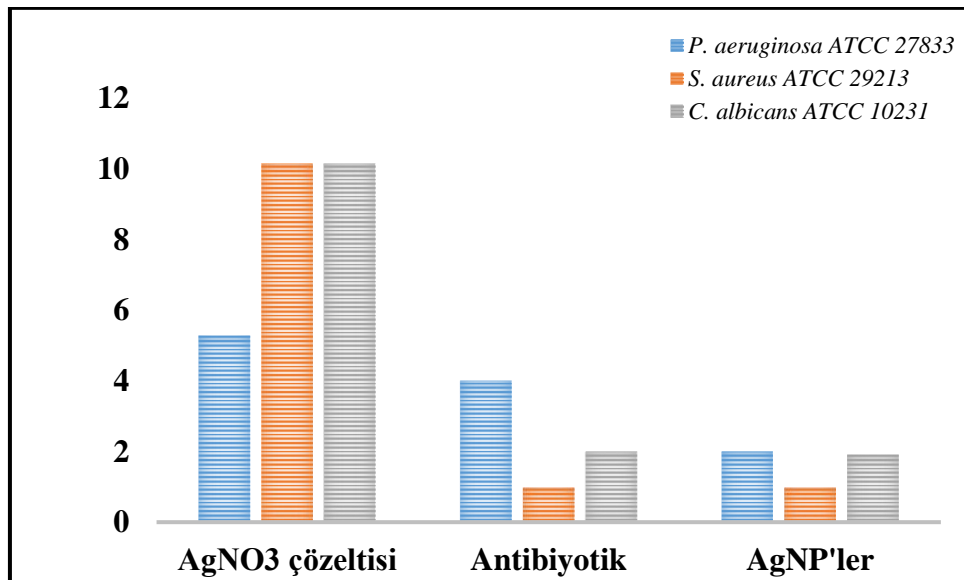
Şekil 4. 9. (b) *A. schoenoprasum* özütü ile AgNO<sub>3</sub> çözeltisi karıştıktan sonra reaksiyon sonunda elde edilen sıvıya ait FTIR spektrumları

#### 4.2. AgNP'lerin Antimikrobiyal Etkileri

*A. schoenoprasum* özütü tarafından elde edilen AgNP'lerin *P. aeruginosa* ATCC 27833, *S. aureus* ATCC 29213, *C. albicans* ATCC 10231 mikroorganizmalarının üremelerinin baskılanması üzerinde etkinlikleri mikro dilüsyon yöntemi kullanılarak incelendi. 1.00-2.00  $\mu\text{g mL}^{-1}$  konsantrasyon aralığında etkili oldukları belirlendi. 1.00  $\mu\text{g mL}^{-1}$  düşük konsantrasyonda en iyi etkiyi *S. aureus* ATCC 29213 üzerinde gösterdi. Bu etki sağlayan konsantrasyon AgNO<sub>3</sub> çözeltisi ve antibiyotikten daha düşüktü. *S. aureus* ATCC 29213 üzerinde antibiyotikle aynı konsantrasyonda buna rağmen AgNO<sub>3</sub> çözeltisi çok daha düşük konsantrasyonda etkili olduğu belirlendi (Çizelge 4.1. ve Şekil 4.10.).

**Çizelge 4. 1.** *A. Schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen AgNP'lerin patojen suşlar üzerinde inhibisyon etkileri

	AgNO <sub>3</sub> çözeltisi	Antibiyotik	AgNP'ler
<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27833	5.28	4.00	2.00
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	10.16	1.00	1.00
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	10.16	2.00	1.92



**Şekil 4. 10.** *A. schoenoprasum* özütü ile elde edilen AgNP'lerin patojen mikroorganizmalar üzerinde etkilerinin sentez ortamında kullanılan metal çözeltisi ve antibiyotiklerle karşılaştırılması

AgNP'ler sıvı ortama girdikten sonra iyonlaşmaya uğrarlar. Bu ortamda yüksek reaktivite kazanan AgNP'ler aynı ortamda negatif yüzey yüküne sahip mikroorganizmalarla elektrostatik çekim kuvveti ile bir araya gelerek etkileşime girerler (Aktepe, Necmettin, Baran, 2021; Aktepe vd., 2022). AgNP'lerin mikroorganizmalarla etkileşimi, bakterilerin membran yapısında ve fonksiyonlarında bazı bozuklukların oluşmasına neden olur. Özellikle membran yapısında yer alan enerji metabolizması üzerindeki bazı zararlı etkilerinin bir sonucu olarak ROS'ta bir artış meydana gelir. ROS artışı olduğunda DNA, RNA ve protein gibi önemli biyomoleküllerin ve bu türlere afinitesi yüksek bazı önemli enzimlerin yapıları ve aktiviteleri olumsuz etkilenir. Tüm bu işlemler sonucunda mikroorganizmalar temel fonksiyonlarını yerine getiremez hale gelir. Mikroorganizmalar tüm etkiler sonucunda yaşamsal faaliyetlerini yerine getiremez olur ve ölümü gerçekleştirir (Emmanuel vd., 2015; Huq vd., 2022; Shao vd., 2018).

Çizelge 4.2.'de yeşil sentez yöntemleri kullanılarak elde edilen AgNP'lerin özellikleri ve mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkilerine ait veriler yer almaktadır.

**Çizelge 4.2.** Yeşil sentez yöntemleri kullanılarak elde edilen AgNP'lerin özellikleri ve mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkilerine ait bulgular

Sentez kaynağı	Kullanılan Mikroorganizma	Şekil	Boyut (nm)	Uygulama Yöntemi	Etkili Konsantrasyon ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Kaynak
<i>Diospyros kaki</i> L.	<i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>C. albicans</i>	Küresel	27.12	Mikro dilüzyon	0,03-0,05	(Keskin vd., 2023)
<i>Camellia sinensis</i>	<i>E.coli</i> , <i>S. aureus</i>	Küresel	23	Disk difüzyon	30-250/7-30	(Rolim vd., 2019)
<i>Olae europaea</i> L.	<i>S. aureus</i>	Küresel	50-90	-	6.25	(Ceylan, 2023)
<i>S. paulia</i>	<i>E.coli</i> , <i>S. aureus</i>	Küresel	40.4	Mikro dilüzyon	-	(Korkmaz , 2019)
<i>Mangifera indica</i>	<i>S. aureus</i>	Küresel	56-89	Mikro dilüzyon	0,3-13	(Algarni vd., 2023)
<i>Acalypha indica</i>	<i>S. aureus</i>	Küresel	20-30	Mikro dilüzyon	10/10	(Krishnaraj vd., 2010)
<i>Crataegus yaprakları</i>	<i>S. aureus</i>	Küresel	16.50	Mikro dilüzyon	0.25/0.11	(Baran, 2019a)

**Çizelge 4. 2. Devamı.** Yeşil sentez yöntemleri kullanılarak elde edilen AgNP'lerin özellikleri ve mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etkilerine ait bulgular

Sentez kaynağı	Kullanılan Mikroorganizma	Şekil	Boyut (nm)	Uygulama Yöntemi	Etkili Konsantrasyon ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	Kaynak
<i>Pyrus pashia</i>	<i>E.coli</i> , <i>S. aureus</i>	Küresel	23,92	Disk difüzyon	5	(Khanal vd., 2023)
<i>Salvia leriifolia</i>	<i>E.coli</i> , <i>S. aureus</i> <i>B. subtilis</i>	Çubuk-Küresel	7/9	Disk difüzyon	0,25/	(Özeşer, 2023)
<i>Chenopodium album</i>	<i>E.coli</i> , <i>B.subtilis</i>	Küresel	40.4	Disk difüzyon	-	(Anandalakshmi, 2021)
<i>Rumex acetosella L.</i>	<i>E.coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> <i>C. albicans</i>	Beşgen Altıgen Küresel	29.16	-	-	(Bütüner, 2022)
<i>Prunus spinosa</i>	<i>E.coli</i> , <i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>C. albicans</i>	Küresel	29,34	-	-	(Atalar vd., 2022)
<i>Polygonum maritimum L.</i>	<i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>C. albicans</i>	Küresel	15-30	-	-	(Khalil, 2022)
Bu çalışma	<i>S. aureus</i> <i>P. aeruginosa</i> <i>C. albicans</i>	Küresel	6.26	Mikro dilüsyon	1.00-2.00	-

### 4.3. DPPH ve CUPRAC Serbest Radikal Giderim Aktivitesinin Belirlenmesi

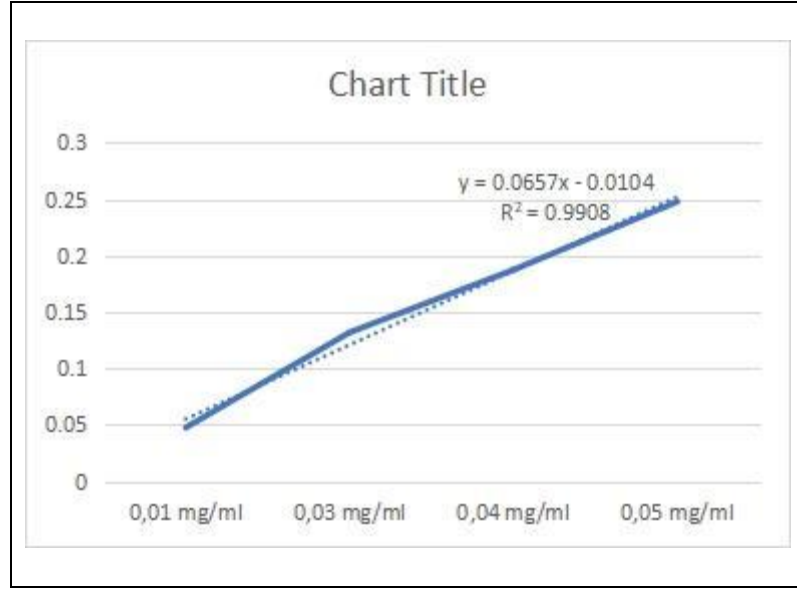
#### Deneyi Sonuçları

Sentez sonucu elde edilen AgNP'lerin anti oksidan aktiviteleri DPPH ve CUPRAC oksidanları üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla incelendi. Çizelge 4'de verilen veriler kullanılarak AgNP'lerin antioksidan etkileri belirlendi.

**Çizelge 4.2.** DPPH serbest radikal giderim aktivitesi (%) ve CUPRAC deneyi aktivitesi (mg TE/g) sonuçları

CUPRAC (mg TE g-1)		DPPH (%)	
Ölçüm Değeri	Ölçüm Belirsizliği ( $\pm$ )	Ölçüm Değeri	Ölçüm Belirsizliği ( $\pm$ )
22.10	0.46	8.94	0.77

Yapılan hesaplamalara göre çeşitli bitkiler kullanılarak sentezlenmiş nanopartiküllerin  $1 \text{ mg ml}^{-1}$  konsantrasyondaki yüzde aktiviteleri ve pozitif kontrol olarak kullanılan BHA (Bütillenmiş Hidroksianisol)'nın  $0.04 \text{ mg ml}^{-1}$ 'deki konsantrasyonu Çizelge 4.2.'de verildi. Bu bulguların değerlendirilmesi içinde Şekil 4.11.'de verilen troloks kalibrasyon grafiği kullanıldı.



Şekil 4. 11. Troloks kalibrasyon grafiği

Yapılan başka çalışmalara da bakıldığında;

*O. mutabilis* bitkisinin kök özütü kullanılarak yeşil yöntemle sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antioksidan ve antidiyabetik etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. DPPH serbest radikal giderme aktivitesi yöntemi kullanılarak ekstraktların antioksidan aktivitesi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde antioksidan etki gösterdikleri belirlenmiştir (Valiyeva, 2023).

*Aesculus hippocastanum* özütü kullanılarak  $-29.1 \text{ mV}$  zeta potansiyeline sahip ortalama  $50 \pm 5 \text{ nm}$  boyutlarda küresel görünümünde AgNP'ler elde edilmiş ve DPPH üzerinde bitki özütü karşısında güçlü antioksidan etki gösterdikleri açıklanmıştır (Küp vd., 2020).

*Zingiber officinal* özütü ile ortalama  $18.93 \text{ nm}$  boyutlara sahip AgNP'ler elde edilerek bunların 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) üzerinde antioksidan etki gösterdikleri belirlenmiştir (Wang vd., 2021).

*Olae europaea L.* (zeytin) yaprakları kullanılarak yeşil sentez yöntemi ile AgNP'ler sentezlenen çalışmada DPPH ve CUPRAC yöntemine göre kontrol grubu askorbik aside göre düşük olmakla birlikte hem zeytin ekstraktında hem de AgNP ürününde önemli bir antioksidan aktivite belirlenmiştir (Ceylan, 2023).

## 5. SONUÇLAR

Yeşil yöntemlerle yapılan sentez çalışmaları sonucu elde edilen MNP'ler tıbbi uygulamalar başta olmak üzere birçok çalışma alanında kullanılan değerli ürünlerdir. MNP'ler arasında yer alan AgNP'ler güçlü bir antimikrobiyal ajan olma özelliği göstermektedirler. Bu bakımdan yeşil sentez yöntemleri kullanılarak elde edilen AgNP'ler biyoyumlu yapılarıyla her geçen gün üzerindeki ilgiyi artırmaktadır. Bu tez çalışmasında Van bölgesinde yetişen *A. schoenoprasum* bitkisinden elde edilen özüt kullanılarak AgNP'lerin sentezi başarılı bir şekilde yapıldı. Sentezi yapılan AgNP'lerin özellikleri UV-vis, XRD, TGA-DTA, STEM, TEM, SEM ve EDX cihazların verileri ile karakterize edildi. Karakterizasyon datalarına ek olarak FTIR spektrumları aracılığıyla da AgNP'lerin indirgenmesinden sorumlu fitokimyasalların fonksiyonel grupları incelendi.

AgNP'lerin oluşumlarını değerlendirmek için UV-vis aracılığıyla ölçülen veriler kullanıldı. Reaksiyonun morfolojik gözleminde, özüt ve AgNO<sub>3</sub> çözeltisi karıştıktan beş dakika sonra hızlı bir renk değişimi değerlendirildi. 30 dakika süren kahverengine dönük bu renk değişimi AgNP'lerin oluşumuna bağlıydı. Renk değişimine bağlı plazma yüzeyindeki titreşimlerin (SPR) varlığı UV-vis aracılığıyla ölçülen gümüşe ait karakteristik maksimum dalga boylarında alınan absorbanlarla doğrulandı. Sentez sonucu elde edilen AgNP'lerin oluşumlarını belirlemek için sentez ortamından değişen periyotlarda numuneler alındı. Numuneler UV-vis aracılığıyla 270-800 nm dalga boyu aralığında taramalar yapıldı. Şekil 4.1.'de 487.50 nm'de ölçülen maksimum absorbanlar AgNP'lerin varlığını gösterdi.

AgNP'lerin kristal yapıları XRD tarafından ölçülen veriler kullanılarak belirlendi. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen partiküllerin XRD aracılığıyla düzleme yansıyan kristal desenleri Şekil 4.2.'de verildi. AgNP'lerin kristal yapılarına ait, 10-80 aralığında 2θ da alınan datalar gösteriyor ki (111), (200), (220) ve (311) piklerine ait Bragg açılarına ait genişlemeler gümüşe ait karakteristik noktalardı. Merkez yüzlü kubik (fcc) kristal desen sahip olduğu görülen AgNP'lerin Debye-scherer eşitliği kullanılarak, (111) alınan FWHM değeri kullanılarak ile kristal nano boyutları hesaplandı. Hesaplama sonucunda AgNP'lerin 6.26 nm kristal nano boyuta sahip oldukları belirlendi.

AgNP'lerin fiziksel olarak görünüşleri çeşitli elektron mikroskopilerinden elde edilen mikro grafipler kullanılarak incelendi. Özüt tarafından sentezlenen AgNP'lerin morfolojik görünüşlerini belirlemek için SEM, TEM kullanılarak elde edilen mikro

grafiler değerlendirildi (Şekil 4.3. - 4.6.). Mikro grafi görüntülerinde sentezlenen AgNP'ler küresel morfoloji görünümündeydi.

Sentezlenen AgNP'lerin yapısında bulunan elementler EDX profilinden edilen grafi kullanılarak incelendi. *A. schoenoprasum* özütü tarafından sentezlenen partiküllerin element kompozisyonları şekil 4.7.'de verilen grafide güçlü gümüş pikler ve profile yansıyan diğer zayıf sinyaller görüldü. Grafide güçlü gümüş piklerinin varlığı sentezlenen partiküllerin AgNP'ler olduğunu gösterdi. Grafide yer alan karbon, oksijen gibi diğer zayıf pikler bitki özütünde yer alan fitokimyasalların biyoaktif gruplarına aitti.

*A. schoenoprasum* özüt bileşenleri FTIR spektrumları ile değerlendirildi. Spektrumlarda meydana gelen frekans değişimleri aktif grupların sentez sürecinde etkilerini belirlenmesinde önemli bir veridir. Spektrumlarda yer alan fitokimyasallara ait fonksiyonel grupların indirgemede, kaplamada ve kararlılıkta etkinlikleri şekil 4.8. ve 4.9.'da verilen FTIR verileri kullanılarak değerlendirildi. 3337.84-3334.96  $\text{cm}^{-1}$ , 1634.94-1635.08  $\text{cm}^{-1}$  ve 2120.01-2115.25  $\text{cm}^{-1}$  aralığında meydana gelen frekans değişimleri sırasıyla hidroksil grupların, amin grupların ve karboksil grupların AgNP'lerin sentezinde, kaplanmasında ve kararlılığında etkin olduklarını gösterdi.

AgNP'ler mikroorganizmalar üzerinde etkili bir inhibisyon ajanıdır. *A. schoenoprasum* özütü tarafından elde edilen AgNP'lerin *P. aeruginosa* ATCC 27833, *S. aureus* ATCC 29213, *C. albicans* ATCC 10231 mikroorganizmalarının üremelerinin baskılanması üzerinde etkinlikleri mikro dilüsyon yöntemi kullanılarak incelendi. 1.00-2.00  $\mu\text{g mL}^{-1}$  konsantrasyon aralığında etkili oldukları belirlendi. 1.92  $\mu\text{g mL}^{-1}$  düşük konsantrasyonda en iyi etkiyi *C. albicans* ATCC 10231 üzerinde gösterdi. Bu etki sağlayan konsantrasyon  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi ve antibiyotikten daha düşüktü. *S. aureus* ATCC 29213 üzerinde antibiyotikle aynı konsantrasyonda buna rağmen  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi çok daha düşük konsantrasyonda etkili olduğu belirlendi (Çizelge 4.1. ve şekil 4.10.). Elde edilen bu bulgular sentezlenen AgNP'lerin antimikrobiyal ajan olması bakımında etkili ürünler olabileceğini ve çeşitli uygulamalarda kullanımlarının etkili olabileceği düşünülmektedir.

Sentezlenen AgNP'lerin antioksidan aktiviteleri, DPPH ve CUPRAC oksidanları kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarla araştırılmıştır. Çizelge 4'te yer alan veriler üzerinden, AgNP'lerin antioksidan etkileri tespit edilmiştir.

**KAYNAKÇA**

- Akbal, A., Turkdemir, M. H., Cicek, A., & Ulug, B. (2016). Relation between Silver Nanoparticle Formation Rate and Antioxidant Capacity of Aqueous Plant Leaf Extracts. *Journal of Spectroscopy*, 2016, 6.
- Aktepe, Necmettin, Baran, A. (2021). Fast and Low-Cost Biosynthesis of AgNPs with Almond Leaves : Medical Medical Applications with Biocompatible Structures. *Progress in Nutrition*, 23(9), e2021271. <https://doi.org/10.23751/pn.v23i3.11996>
- Aktepe, N., Baran, A., Atalar, M. N., Baran, M. F., Düz, M. Z., Yavuz, Ö., İrtegün Kandemir, S., & Kavak, D. E. (2021). Biosynthesis of Black Mulberry Leaf Extract and Silver NanoParticles (AgNPs): Characterization, Antimicrobial and Cytotoxic Activity Applications. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(8), 685–700. <https://doi.org/10.52520/masjaps.120>
- Aktepe, N., Bütüner, H., Baran, A., Baran, M. F., & Kekkin, C. (2022). Synthesis, characterization and evaluation of antimicrobial activities of silver nanoparticles obtained from Rumex acetosella L. (Sorrel) plant. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 6(4), 522–529. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.4.4>
- Al-gburi, S. A. (2018). *Green Synthesis of Silver Nanoparticles*.
- Al-Radadi, N. S. (2023). Ephedra mediated green synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) and evaluation of its antioxidant, antipyretic, anti-asthmatic, and antimicrobial properties. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(1), 104353. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104353>
- Algarni, A., Fayomi, A., Al Garalleh, H., Afandi, A., Brindhadevi, K., & Pugazhendhi, A. (2023). Nanofabrication synthesis and its role in antibacterial, anti-inflammatory, and anticoagulant activities of AgNPs synthesized by Mangifera indica bark extract. *Environmental Research*, 231(P1), 115983. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115983>
- Ali, Z. A., Yahya, R., Sekaran, S. D., & Puteh, R. (2016). Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Apple Extract and Its Antibacterial Properties. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016, 6.
- Anandalakshmi, K. (2021). Green synthesis, characterization and antibacterial activity of

- silver nanoparticles using chenopodium album leaf extract. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*, 59(6), 456–461. <https://doi.org/10.56042/ijpap.v59i6.32055>
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Esin Karademir, S., & Erçğ, E. (2006). The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5–6), 292–304. <https://doi.org/10.1080/09637480600798132>
- Arshad, F., Naikoo, G. A., Hassan, I. U., Chava, S. R., El-Tanani, M., Aljabali, A. A., & Tambuwala, M. M. (2023). Bioinspired and Green Synthesis of Silver Nanoparticles for Medical Applications: A Green Perspective. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s12010-023-04719-z>
- Aslan, S. (2022). *Anchussa Officinalis* Yapraklarından Gümüş Nanopartiküllerin (AgNPs) Sentezi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi.
- Atalar, M. N., Baran, A., Hatipoğlu, A., BARAN, M. F., YAVUZ, Ö., AKTEPE, N., & KESKİN, C. (2022). The Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized From *Prunus spinosa* Fruit and Determination of Antimicrobial Effects on Some Food Pathogens. *European Journal of Science and Technology*, 32, 298–305. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1040082>
- Baltacı, N. (2023). *Gümüş Nitrat ve Gümüş Nanopartikül Stresinin Adaçayı (Salvia Officinalis L.) Bitkisinin Sekonder Metabolit Üretimi ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi*.
- Baran, A. (2021). Gümüş nano malzemelerin çevre dostu , hızlı sentezi ve biomedikal uygulamaları Eco- friendly , rapid synthesis of silver nanomaterials and their use for biomedical applications. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 12(2), 329–336. <https://doi.org/10.24012/dumf.880878>
- Baran, Ayşe, Baran, Mehmet, F., Keskin, Cumali, Hatipoğlu, Abdulkarim, Yavuz, Omer, İrtegün, K., Sevgi, Adican, Tefik, M., Khalilov, Rovshan, Mammadova, Afat, Ahmadian, ... Eftekhari, A. (2022). Investigation of Antimicrobial and Cytotoxic Properties and Specification of Silver Nanoparticles (AgNPs) Derived From *Cicer arietinum* L. Green Leaf Extract. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.855136>
- Baran, M. F. (2019a). *Aliç Bitkisinin Yaprak Özütü Kullanılarak AgNP'erin Yeşil Sentezi*

*ve Anti Mikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi* (ss. 113–119).

- Baran, M. F. (2019b). Evaluation of Green Synthesis and Anti-Microbial Activities of AgNPs Using Leaf Extract of Hawthorn Plant. *Research and Evaluations in Science and Mathematics*, 2019(3), 110–120.
- Baran, M. F., Keskin, C., Baran, A., Hatipoğlu, A., Yıldıztekin, M., Küçükaydin, S., Kurt, K., Hoşgören, H., Sarker, M. M. R., Sufianov, A., Beylerli, O., Khalilov, R., & Eftekhari, A. (2023). Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Allium cepa* L. Peel Extract, Their Antioxidant, Antipathogenic, and Anticholinesterase Activity. *Molecules*, 28(5). <https://doi.org/10.3390/molecules28052310>
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., & Rizzolio, F. (2020). The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine. *Molecules*, 25(112), 1–15.
- Bergal, A., Matar, G. H., & Andaç, M. (2022). Olive and green tea leaf extracts mediated green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs): comparison investigation on characterizations and antibacterial activity. *BioNanoScience*, 12(2), 307–321. <https://doi.org/10.1007/s12668-022-00958-2>
- Beykaya, M., & Çağlar, A. (2016). An Investigation on Synthesis of Silver-Nanoparticles (AgNP) and their Antimicrobial effectiveness by using Herbal Extracts. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 16(3), 631–641. <https://doi.org/10.5578/fmbd.34220>
- Bharathi, D., Ganesh, J., Nandagopal, T., Lee, J., & Ranjithkumar, R. (2023). *Facile Synthesis and Characterization of Chitosan Functionalized Silver Nanoparticles for Antibacterial and Anti-Lung Cancer Applications*.
- Bordiwala, R. V. (2023). Green synthesis and Applications of Metal Nanoparticles.- A Review Article. *Results in Chemistry*, 5(February), 100832. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.100832>
- Butola, B. S., Gupta, A., & Roy, A. (2019). Multifunctional finishing of cellulosic fabric via facile , rapid in-situ green synthesis of AgNPs using pomegranate peel extract biomolecules. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 12(December 2018), 100135. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100135>

- Bütüner, H. (2022). *Rumex Acetosella L. (Kuzukulağı) Bitkisinden Gümüş Nanopartiküllerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Değerlendirilmesi.*
- Büyüksırt, T., & Kuleaşan, H. (2014). Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı. *Gıda*, 39(4), 235–241. <https://doi.org/10.5505/gida.43434>
- Çakmakçı, Ö. (2020). *Sirmo (Yabani Sarımsak) Türlerinde Morfolojik, Biyokimyasal Karakterizasyon ve Ginogenesis Uyarımı ile Haploid Bitki Elde Etme Olanaklarının Araştırılması.* 177.
- Cansız, E. İ., & Kirmusaoğlu, S. (2018). Antibacterial Properties of Nano Silver in Nanotechnology. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1, 119–130.
- Carla, A., Oliveira, D. J., Rodrigues, A., Araújo, D., Veras, P., Nadvorny, D., Soares-sobrinho, J. L., Roberto, J., & Almeida, S. De. (2019). Solvent-free production of phthalated cashew gum for green synthesis of antimicrobial silver nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 213(February), 176–183. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.02.033>
- Cavassin, E. D., de Figueiredo, L. F. P., Otoch, J. P., Seckler, M. M., de Oliveira, R. A., Franco, F. F., Marangoni, V. S., Zucolotto, V., Levin, A. S. S., & Costa, S. F. (2015). Comparison of methods to detect the in vitro activity of silver nanoparticles (AgNP) against multidrug resistant bacteria. *Journal of Nanobiotechnology*, 13(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12951-015-0120-6>
- Ceylan, Ö. (2023). *Yeşil Sentez Metoduyla Zeytin (Olea Europaea L.) Yapraklarından Gümüş Nanopartikül Sentezi, Karakterizasyonu ve Bazı Biyolojik Aktivitelerinin Değerlendirilmesi.*
- Chinnathambi, A., Alharbi, S. A., Joshi, D., V, S., Jhanani, G. K., On-uma, R., Jutamas, K., & Anupong, W. (2023). Synthesis of AgNPs from leaf extract of Naringi crenulata and evaluation of its antibacterial activity against multidrug resistant bacteria. *Environmental Research*, 216(P1), 114455. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114455>
- Çiftçi, F. (2019). *Cotinus Coggygria Scop. ve Pistacia Vera L. Bitkileri Kullanarak Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi, Karakterizasyonu ve Antimikrobiyal*

*Özelliklerinin İncelenmesi.*

- Dağdelen, A. (2016). Identifying Antioxidant and Antimicrobial Activities of the Phenolic Extracts and Mineral Contents of Virgin Olive Oils (*Olea europaea* L. cv. Edincik Su) from Different Regions in Turkey. *Journal of Chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/9589763>
- Dağlıoğlu, Y. (2018). Nanopartikül Karakterizasyon Yöntemleri ve Ekotoksisite Deneylerindeki Önemi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 30(1), 1–17. <https://doi.org/10.7240/marufbd.346547>
- Durán, N., Marcato, P. D., Alves, O. L., De Souza, G. I. H., & Esposito, E. (2005). Mechanistic aspects of biosynthesis of silver nanoparticles by several *Fusarium oxysporum* strains. *Journal of Nanobiotechnology*, 3, 1–7. <https://doi.org/10.1186/1477-3155-3-8>
- Eberhard, W. G., & Wcislo, W. T. (2012). Plenty of room at the bottom? *American Scientist*, 100(3), 226–233. <https://doi.org/10.1511/2012.96.226>
- Eker Eriş, H. (2019). *Akrilamid Toksisitesine Karşı Allium Schoenoprasum L. (Sirmo) Bitkisinin Etkisinin Araştırılması.*
- Emmanuel, R., Palanisamy, S., Chen, S., Chelladurai, K., Padmavathy, S., Saravanan, M., Prakash, P., Ali, M. A., & Al-hemaid, Fahad, M. A. (2015). Antimicrobial efficacy of green synthesized drug blended silver nanoparticles against dental caries and periodontal disease causing microorganisms. *Materials Science & Engineering C*, 56, 374–379. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.06.033>
- Ersoz, M., Isitan, A., & Balaban, M. (2018). Nanotechnology 1: fundamentals of nanotechnology. İçinde *UNINANO Universal Nanotechnology Skills Creation And Motivation Development.*
- Firdhouse, M. J., & Lalitha, P. (2020). Facile synthesis of anisotropic gold nanoparticles and its synergistic effect on breast cancer cell lines. *IET Nanobiotechnology*, 14(3), 224–229. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2019.0279>
- Ghoshal, G. G. (2017). Rapid Green Synthesis of Silver Nanoparticles ( AgNPs ) Using ( *Prunus persica* ) Nanomedicine & Nanotechnology Rapid Green Synthesis of Silver Nanoparticles ( AgNPs ) Using ( *Prunus persica* ) Plants extract : Exploring

- its Antimicrobial and Catalytic Acti. *J Nanomed Nanotechnol, an open access journal ISSN:*, 8:4(October 2019), 8. <https://doi.org/10.4172/2157-7439.1000452>
- Hulla, J. E., Sahu, S. C., & Hayes, A. W. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human and Experimental Toxicology*, 34(12), 1318–1321. <https://doi.org/10.1177/0960327115603588>
- Huq, M. A., Ashrafudoulla, M., Rahman, M. M., Balusamy, S. R., & Akter, S. (2022). Green Synthesis and Potential Antibacterial Applications of Bioactive Silver Nanoparticles: A Review. *Polymers*, 14(4), 1–22. <https://doi.org/10.3390/polym14040742>
- Jain, S., & Mehata, M. S. (2017). Medicinal Plant Leaf Extract and Pure Flavonoid Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles and their Enhanced Antibacterial Property. *Scientific Reports*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15724-8>
- Jebril, S., Khanfir Ben Jenana, R., & 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(December 2019), 122898. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.122898>
- Jebril, S., Khanfir, R., & Jenana, B. (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, 248(February), 122898 Contents. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.122898>
- Keskin, C., Ölçekçi, A., Baran, A., Baran, M. F., Eftekhari, A., Omarova, S., Khalilov, R., Aliyev, E., Sufianov, A., Beilerli, A., & Gareev, I. (2023). Green synthesis of silver nanoparticles mediated Diospyros kaki L. (Persimmon): determination of chemical composition and evaluation of their antimicrobials and anticancer activities. *Frontiers in Chemistry*, 11, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1187808>
- Khalil, M. F. M. (2022). *Antimicrobial Activity And Characterization Of Silver Nanoparticles Synthesized By Endophytic Actinobacterium Micromonospora*.
- Khan, I., Saeed, K., & Khan, I. (2019). Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 908–931.

<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>

- Khanal, L. N., Dhakal, P. P., Kandel, M. R., Acharya, D., & Baral, E. R. (2023). Stem Bark-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Pyrus pashia*: Characterization, Antioxidant, and. *inorganics Article*, *11*, 263–280.
- Koçak, Y., Oto, G., Meydan, İ., & Şeçkin, H. (2020). Van Bölgesinde Yetişen *Allium schoenoprasum* L. Bitkisinin Toplam Flavonoid, DPPH Radikal Söndürme, Lipid Peroksidasyonu ve Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, *30*(1), 147–155. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.674507>
- Korani, S., Rashidi, K., Hamelian, M., Jalalvand, A. R., Tajemiri, A., Korani, M., Sathyapalan, T., & Sahebkar, A. (2021). Evaluation of Antimicrobial and Wound Healing Effects of Gold Nanoparticles Containing *Abelmoschus esculentus* (L.) Aqueous Extract. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, *2021*, 13.
- Krishnaraj, C., Jagan, E. G., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, P. T., & Mohan, N. (2010). Synthesis of silver nanoparticles using *Acalypha indica* leaf extracts and its antibacterial activity against water borne pathogens. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *76*(1), 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2009.10.008>
- Kumar, S., Kumar, P., & Pathak, C. S. (2021). Silver Micro-Nanoparticles - Properties, Synthesis, Characterization, and Applications. İçinde *Silver Micro-Nanoparticles - Properties, Synthesis, Characterization, and Applications* (Sayı January 2022). <https://doi.org/10.5772/intechopen.92480>
- Ojelade, R. A. (2023). *Green Synthesis, Characterization of Silver Nanoparticles Using Salvia Absconditiflora, Salvia Hypargeia And Evaluation of Their Antioxidant Activity*.
- Okafor, F., Janen, A., Kukhtareva, T., Edwards, V., & Curley, M. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles, their characterization, application and antibacterial activity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *10*(10), 5221–5238. <https://doi.org/10.3390/ijerph10105221>
- Ölçekçi, A. (2022). *Cennet Hurması (Diospyros Kaki) Meyvesinin Yeşil Yapraklarından Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Sentezi, Karakterizasyonu, Antimikrobiyal ve Sitotoksik Aktivitelerinin İncelenmesi*.

- Özcan, M. A. (2014). Gümüş Nanopartiküller ve Kanatlı Hayvan Beslemede Kullanımına Yönelik Çalışmalar Silver Nanoparticles and Studies on Using in Poultry Nutrition. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 11, 16–20.
- Özeşer, T. (2023). *Adaçayı (Salvia officinalis) ve Kızılcık (Cornus mas) Bitkilerinin Yeşil Sentezle Gümüş Nanopartikül Üretiminde Kullanılması, Özellikleri ve Antimikrobiyal Etkilerinin Belirlenmesi.*
- Parvu, A. E., Parvu, M., Vlase, L., Miclea, P., Mot, A. C., & Silaghi-Dumitrescu, R. (2014). Anti-inflammatory effects of *Allium schoenoprasum* L. leaves. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 65(2), 309–315.
- Pugazhendhi, S., Palanisamy, P. K., & Jayavel, R. (2018). Synthesis of highly stable silver nanoparticles through a novel green method using *Mirabilis jalapa* for antibacterial, nonlinear optical applications. *Optical Materials*, 79, 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2018.04.017>
- Rajeshkumar, S., & Bharath, L. V. (2017). Gümüş Nanoparçacıkların Bitki Aracılı Sentezinin Mekanizması - İlgili Biyomoleküller, Karakterizasyon ve Antibakteriyel Aktivite Üzerine Bir İnceleme. *Chemico-Biological Interactions*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2017.06.019>
- Rakib-Uz-Zaman, S. M., Hoque Apu, E., Muntasir, M. N., Mowna, S. A., Khanom, M. G., Jahan, S. S., Akter, N., R. Khan, M. A., Shuborna, N. S., Shams, S. M., & Khan, K. (2022). Biosynthesis of Silver Nanoparticles from *Cymbopogon citratus* Leaf Extract and Evaluation of Their Antimicrobial Properties. *Challenges*, 13(1), 18. <https://doi.org/10.3390/challe13010018>
- Ramkumar, V. S., Pugazhendhi, A., Gopalakrishnan, K., Sivagurunathan, P., Saratale, G. D., Dung, T. N. B., & Kannapiran, E. (2017). Biofabrication and characterization of silver nanoparticles using aqueous extract of seaweed *Enteromorpha compressa* and its biomedical properties. *Biotechnology Reports*, 14, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.02.001>
- Rautray, S., & Rajananthini, A. U. (2020). Therapeutic potential of green, synthesized gold nanoparticles. *BioPharm International*, 33(1), 30–38.
- Rehman, S. U., Arshad, L., Ali, S., Massey, S., Khan, S., Samad, A., & Rehman, F.-U.-. (2023). Unlocking the Medicinal Potential of *Sarcococca saligna*: Green Synthesis

- of Silver and Gold Nanoparticles for Enhanced Antibacterial and Antifungal Applications. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 36(4). <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2023/36.4.327.334>
- Rezvani, E., Rafferty, A., McGuinness, C., & Kennedy, J. (2019). Adverse effects of nanosilver on human health and the environment. *Acta Biomaterialia*, 94(May), 145–159. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.05.042>
- Rolim, W. R., Pelegriño, M. T., de Araújo Lima, B., Ferraz, L. S., Costa, F. N., Bernardes, J. S., Rodrigues, T., Brocchi, M., & Seabra, A. B. seabra. (2019). Green tea extract mediated biogenic synthesis of silver nanoparticles: Characterization, cytotoxicity evaluation and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 463, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.08.203>
- Rónavári, A., Igaz, N., Adamecz, D. I., Szerencsés, B., Molnar, C., Kónya, Z., Pfeiffer, I., & Kiricsi, M. (2021). Green silver and gold nanoparticles: Biological synthesis approaches and potentials for biomedical applications. *Molecules*, 26(4), 1–39. <https://doi.org/10.3390/molecules26040844>
- Şahin, A. (2023). *Kiraz Sapı Ekstresi ile Yeşil Sentez Yöntemi Kullanılarak Demiroksit Nanopartiküllerin Eldesi*.
- Satpathy, S., Patra, A., Ahirwar, B., & Hussain, M. D. (2019). Process optimization for green synthesis of gold nanoparticles mediated by extract of *Hygrophila spinosa* T. Anders and their biological applications. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 113830. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2019.113830>
- Shao, Y., Wu, C., Wu, T., Yuan, C., Chen, S., Ding, T., Ye, X., & Hu, Y. (2018). Green synthesis of sodium alginate-silver nanoparticles and their antibacterial activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 1281–1292. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.012>
- Sim, S., & Wong, N. K. (2021). Nanotechnology and its use in imaging and drug delivery (Review). *Biomedical Reports*, 14(5). <https://doi.org/10.3892/br.2021.1418>
- Sudhakar, C., Selvam, K., Govarthan, M., Senthilkumar, B., Sengottaiyan, A., Stalin, M., & Selvankumar, T. (2015). *Acorus calamus* rhizome extract mediated biosynthesis of silver nanoparticles and their bactericidal activity against human pathogens. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13(2), 93–99.

<https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2015.10.003>

- Suriyakala, G., Sathiyaraj, S., Devanesan, S., AlSalhi, M. S., Rajasekar, A., Kannan Maruthamuthu, M., & Babujanarthanam, R. (2022). Phyto Synthesis of Silver Nanoparticles from *Jatropha integerrima* Jacq. Flower Extract and Their Possible Applications as Antibacterial and Antioxidant Agent. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 680–688. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.12.007>
- Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2020). Van Otlu Peyniri Yapımında Kullanılan Bitkiler ile İlgili Genel Bir Değerlendirme. *Journal-Faculty of Agriculture Kyushu University*, 238–244. <https://www.researchgate.net/publication/340388562>
- Uçak, G. (2023). *Amasya Elması Ekstratı Kullanılarak Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi: Optimizasyonu, Karakterizasyonu ve Antibakteriyel Aktivitesinin İncelenmesi*.
- Valiyeva, F. (2023). *Onosma Mutabilis (O. Mutabilis) Bitki Özütünden Sentezlenen Gümüş Nanopartiküllerin Antioksidan Ve Antidiyabetik Aktivitelerinin Araştırılması*.
- Vijayaram, S., Razafindralambo, H., Sun, Y. Z., Vasantharaj, S., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S. H., & Raeeszadeh, M. (2023). Applications of Green Synthesized Metal Nanoparticles — a Review. *Biological Trace Element Research*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s12011-023-03645-9>
- Wongpreecha, J., Polpanich, D., Suteewong, T., Kaewsaneha, C., & Tangboriboonrat, P. (2018). One-pot, large-scale green synthesis of silver nanoparticles-chitosan with enhanced antibacterial activity and low cytotoxicity. *Carbohydrate Polymers*, 199(July), 641–648. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.039>
- Wu, C., Chen, F., Wang, X., Kim, H. J., He, G. Q., Haley-Zitlin, V., & Huang, G. (2006). Antioxidant constituents in feverfew (*Tanacetum parthenium*) extract and their chromatographic quantification. *Food Chemistry*, 96(2), 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.024>
- Xu, L., Wang, Y. Y., Huang, J., Chen, C. Y., Wang, Z. X., & Xie, H. (2020). Silver nanoparticles: Synthesis, medical applications and biosafety. *Theranostics*, 10(20), 8996–9031. <https://doi.org/10.7150/thno.45413>

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Yurdagül ÇELİK

**Uyruğu** : T.C

### EĞİTİM

Derece	Adı	Bitirme Yılı
Üniversite	Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilgisi Öğretmenliği	2002
Yüksek Lisans	Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Eğitimi	2009
Üniversite	Anadolu Üniversitesi Sosyal Hizmet / Ön Lisans	2014
Üniversite	Atatürk Üniversitesi Sosyal Hizmet Uzmanlığı	2016
Üniversite	Batman Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstitüsü Kimya ABD Yüksek Lisans	2024

### İŞ DENEYİMLERİ

Kurum	Görevi	Yıl
YYÜ Vakfı Özel İ.İ.O.	Fen Bilgisi Öğretmeni	2002-2003
TED Van Koleji	Fen Bilgisi Öğretmeni	2003-2004
Adana Yüreğir Aile Sosyal Hizmet Müdürlüğü	Sosyal Hizmet(ASDEP)	2024-Halen

**YABANCI DİLLER:** İngilizce

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çelik, Y.(2009). Özel Okullarda ve Devlet Okullarında Görev Yapan Fen ve Teknoloji Dersi Öğretmenlerinin Eğitim Araç-Gereçlerinden Yararlanma Durumlarının İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.