

**BITTİM (*PİSTACIA KHİNJUK* STOCKS) BİTKİSİNİN
DİŞİ VE ERKEK BİREY ÖZÜTLERİNİN GÜMÜŞ
NANOPARTİKÜLLERİNİN BİYOSENTEZİ
ÜZERİNE ETKİSİ VE ANTİMİKROBİYAL
AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

HAYRİ BATIBAY

OCAK 2023

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BITTİM (*PİSTACIA KHİNJUK* STOCKS) BİTKİSİNİN
DİŞİ VE ERKEK BİREY ÖZÜTLERİNİN GÜMÜŞ
NANOPARTİKÜLLERİNİN BİYOSENTEZİ
ÜZERİNE ETKİSİ VE ANTİMİKROBİYAL
AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

HAYRİ BATIBAY

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
DİSİPLİNLERARASI NANOTEKNOLOJİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2023

DİYARBAKIR

**BITTIM (*PİSTACIA KHINJUK* STOCKS) BİTKİSİNİN DİŞİ VE ERKEK
BİREY ÖZÜTLERİNİN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN
BİYOSENTEZİ ÜZERİNE ETKİSİ VE ANTİMİKROBİYAL
AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Hayri BATIBAY tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Disiplinlerarası Nanoteknoloji Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

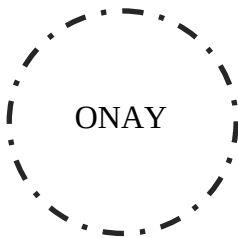
Prof. Dr. Bilsen TURAL
Danışman, **Kimya Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Ersin KILINÇ (*)
Kimya Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Bilsen TURAL (**)
Kimya Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Tuba TARHAN
Kimya Bölümü, Mardin Artuklu Üniversitesi



Savunma Tarihi: 25 / 01 /2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.



Anneme...

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Hayri BATIBAY

İmza:

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde ve hazırlanması sürecinde değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Bilsen TURAL’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin her aşamasındaki yardımları ve yol göstericiliği için çok değerli hocam Prof. Dr. Servet TURAL’a çok teşekkür ederim.

Analizlerin yorumlanması, çizim aşamalarında ve tezin son halini okuyup düzeltmeler için önerilerde bulunan Dr. Öğretim Üyesi Erdal ERTAŞ’a çok teşekkür ederim.

Antimikrobiyal aktivite çalışmalarımda her türlü yardımını ve desteğini gördüğüm Doktora öğrencisi Osman UÇ’a çok teşekkür ederim.

Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne (DÜBAP), bu tez çalışması için sağladıkları finansal destek için (Proje No: FBE.21.014) için teşekkürü bir borç bilirim.

Her daim sonsuz sevgi ve umutla bana manevi destek olan, yaşantımın en özel yerine sahip sevgili eşim Berfin BATIBAY’a sonsuz teşekkür ederim.

Çok sevdiğim biricik yeğenim Ahmetcan IŞIK’a teşekkür ederim.

En önemlisi, beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Nanopartiküller	2
1.2 Nanopartiküllerin Sınıflandırılması	3
1.2.1 Organik nanopartiküller.....	3
1.2.2 İnorganik nanopartiküller	3
1.2.2.1 İnorganik nanopartiküllerin önemi.....	3
1.2.2.2 Metal nanopartiküller ve kullanım alanları.....	4
1.3 Metal Nanopartiküllerin Sentez Yöntemleri	5
1.3.1 Fiziksel yöntemler	9
1.3.1.1 Mekanik öğütme.....	9
1.3.1.2 Eriyik karıştırma.....	9
1.3.1.3 Darbeli lazer ablasyonu	10
1.3.1.4 Darbeli tel desarj yöntemi	10
1.3.1.5 Kimyasal buhar biriktirme.....	11
1.3.1.6 Lazer piroliz.....	12
1.3.1.7 İyonize küme ışın birikimi.....	12
1.3.2 Kimyasal yöntemler	13
1.3.2.1 sol-jel yöntemi.....	13
1.3.2.2 Sonokimyasal sentez.....	14

1.3.2.3 Birlikte çökeltme yöntemi.....	14
1.3.2.4 İnert gaz yoğunlaşma yöntemi.....	15
1.3.2.5 Hidrotermal sentez yöntemi.....	16
1.3.3 Biyolojik yöntemler.....	16
1.3.3.1 Biosentezde kullanılan biyomateryaller	19
1.3.3.2 Biosentezde Sekonder metabolitlerin rolü.....	25
1.4 Gümüş Nanopartiküller	26
1.4.1 Gümüş nanopartiküllerin kullanım alanları.....	28
1.4.2 Gümüş nanopartiküllerin antibakteriyal özelliği.....	28
1.5 Nanopartiküllerin Karakterizasyon Yöntemleri	31
1.5.1 Ultraviyole- görünür bölge spektroskopisi (UV-GB)	31
1.5.2 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	33
1.5.3 Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX).....	34
1.5.4 X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS).....	34
1.5.5 Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi (FTIR).....	35
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	37
2.1 Gümüş Nanopartikül Biosentezi Çalışmaları.....	37
2.2 Antimikrobiyal Aktivite Çalışmaları.....	39
3. MATERYAL YÖNTEM	43
3.1 Kullanılan Bitkinin Temini.....	43
3.2 Kullanılan Kimyasallar.....	43
3.3 Kullanılan Cihazlar.....	44
3.4 Bitki Ekstraktının Hazırlanması.....	44
3.5 Fitokimyasal Testte Kullanılan Çözeltiler.....	45
3.6 Fitokimyasal Test Metodu.....	45
3.6.1 Alkaloidler.....	45
3.6.2 Flavonoidler.....	45

3.6.3 Fenoller.....	45
3.6.4 Tanenler.....	45
3.6.5 Antosiyaninler.....	46
3.7 <i>Pistacia khinjak</i> Stocks (Bıttım) Bitkisinden AgNP Sentezi.....	46
3.8 Antimikrobiyal Aktivite.....	46
3.9 UV-Vis Spektrofotometre Cihazı.....	47
3.10 FTIR Cihazı.....	47
3.11 SEM,TEM,ZETASİZER Ve XPS Cihazı.....	47
4. BULGULAR TARTIŞMA.....	48
4.1 FTIR Analizi	48
4.2 TEM Analizi.....	53
4.3 SEM Analizi.....	55
4.4 EDX Analizi.....	57
4.5 Fitokimyasal Test Analizi	60
4.6 UV-Vis Spektroskopisi Analizi.....	64
4.7 XPS Analizi.....	67
4.8 Parçacık Boyutu Dağılımı Ve Zeta Potansiyel Analizi.....	69
4.9 Antimikrobiyal Aktivite Ölçümü.....	74
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	104

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Çeşitli mühendislik ürünü metal ve metal olmayan nanoparçacıklar.....	3
Şekil 1.2 Çeşitli metal nanopartiküllerin kullanım alanları.....	5
Şekil 1.3 Metal nanopartiküllerin sentez yöntemleri.....	7
Şekil 1.4 Darbeli lazer biriktirme yönteminin şematik bir diyagramı.....	10
Şekil 1.5 Darbeli tel deşarj yöntemi	11
Şekil 1.6 Kimyasal buhar biriktirme yöntemi.....	12
Şekil 1.7 Sol-jel yöntemi	13
Şekil 1.8 Sonokimyasal sentez yöntemi.....	14
Şekil 1.9 Birlikte çökeltme yöntemi.....	15
Şekil 1.10 Hidrotermal sentez yöntemi.....	16
Şekil 1.11 Gümüş iyonlarının nitrat redüktaz enzimi tarafından gümüş atomuna nasıl indirgendiğinin varsayımsal bir diyagramı.....	18
Şekil 1.12 Mantar kullanılarak metal nanoparçacıkların sentezi ,büyümesi ve stabilizasyonunda yer alan genel mekanizma.....	22
Şekil 1.13 Alg ile nanopartikül sentez yöntemi	23
Şekil 1.14 Bitkilerle nanopartikül sentezi.....	24
Şekil 1.15 P. khinjuk Stocks (Bittım) bitkisinin coğrafik dağılışı.....	25
Şekil 1.16 Gümüş nanopartiküllerin kullanım alanları.....	28
Şekil 1.17 AgNP'lerin olası antibakteriyel mekanizmaları. Hücre duvarı ve hücre zarının bozulması, reaktif oksijen türlerinin üretimi nedeniyle ATP moleküllerinin zarar görmesi, DNA inaktivasyonu, protein denatürasyonu ve ribozom bozulması.....	29
Şekil 1.18 Nanopartiküllerin karakterizasyon yöntemleri.....	31
Şekil 1.19 Ultraviyole- görünür bölge spektroskopisi (UV-GB)	32
Şekil 1.20 Taramalı elektron mikroskopunun şematik görünüm.....	34
Şekil 1.21 Bir Fourier transform spektroskopik analiz şeması.....	36
Şekil 3.1 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bittım) bitkisinin dişi ve erkek bireylerine ait kök ve yaprak örnekleri.....	43
Şekil 3.2 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bittım) bitkisinden gümüş nanopartikül sentezi....	46
Şekil 4.1 Dişi kök özüt ve DK-AgNP'lere ait FTIR spektrumu.....	49
Şekil 4.2 Dişi yaprak özüt ve DY-AgNP'lere ait FTIR spektrumu.....	50
Şekil 4.3 Erkek kök ekstresi ve EK-AgNP'lere ait FTIR spektrumu.....	51

Şekil 4.4 Erkek yaprak ekstresi ve EY-AgNP'lere ait FTIR spektrumu.....	52
Şekil 4.5 Dişi kök AgNP'lerin 50 nm skalada TEM görüntüsü.....	53
Şekil 4.6 Dişi yaprak AgNP'lerin 50 nm skalada TEM görüntüsü.....	54
Şekil 4.7 Erkek kök AgNP'lerin 50 nm skalada TEM görüntüsü.....	54
Şekil 4.8 Erkek yaprak AgNP'lerin 100 nm skalada TEM görüntüsü.....	55
Şekil 4.9 DK-AgNP'lere ait SEM görüntüsü.....	55
Şekil 4.10 DY-AgNP'lere ait SEM görüntüsü.....	56
Şekil 4.11 EK-AgNP'lere ait SEM görüntüsü	56
Şekil 4.12 EY-AgNP'lere ait SEM görüntüsü	57
Şekil 4.13 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bittım) dişi yapraktan sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu.....	58
Şekil 4.14 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bittım) erkek yapraktan sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu.....	59
Şekil 4.15 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bittım) dişi kökten sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu.....	59
Şekil 4.16 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bittım) erkek kökten sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu.....	60
Şekil 4.17 <i>P. Khinjuk</i> stocks (Bittım) Dişi kök (A),erkek kök (B) ve erkek yaprakta (C) alkaloidlerin varlığı	61
Şekil 4.18 <i>P. Khinjuk</i> stocks (Bittım) Dişi yaprak (A) ve erkek yaprakta (B) flavoidlerin varlığı	61
Şekil 4.19 <i>P. Khinjuk</i> stocks (Bittım) Dişi kök (A),dişi yaprak (B),erkek kök (C) ve erkek yaprakta (D) fenollerin varlığı	62
Şekil 4.20 <i>P. Khinjuk</i> stocks (Bittım) Dişi kök (A),dişi yaprak (B),erkek kök (C) ve erkek yaprakta (D) tanenlerin varlığı	63
Şekil 4.21 DK-AgNP'lerin oluşumununa ait UV-Vis spektrumu.....	65
Şekil 4.22 EK-AgNP'lerin oluşumununa ait UV-Vis spektrumu	65
Şekil 4.23 DY-AgNP'lerin oluşumununa ait UV-Vis spektrumu	66
Şekil 4.24 EY-AgNP'lerin oluşumununa ait UV-Vis spektrumu	67
Şekil 4.25 DK-AgNPs'a ait XPS genel tarama spektrumu.....	68
Şekil 4.26 EK-AgNPs'a ait XPS genel tarama spektrumu.....	69
Şekil 4.27 EK-AgNP'ler için hidrodinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği.....	70
Şekil 4.28 EK-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği.....	71

Şekil 4.29 DK-AgNPs'ın hidrodinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği.....	71
Şekil 4.30 DK-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği.....	72
Şekil 4.31 DY-AgNPs'ın hidrodinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği.....	72
Şekil 4.32 DY-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği.....	73
Şekil 4.33 EY-AgNP'lerin hidrodinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği.....	73
Şekil 4.34 EY-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği.....	74
Şekil 4.35 DK-AgNP'lerin <i>Staphilococcus Auresus</i> (<i>S. aureus</i>),ve <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) üzerindeki inhibitor etkisi.....	75
Şekil 4.36 DY-AgNP'lerin <i>Staphilococcus Auresus</i> (<i>S. aureus</i>),ve <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) üzerindeki inhibitor etkisi.....	75
Şekil 4.37 EK-AgNP'lerin <i>Staphilococcus Auresus</i> (<i>S. aureus</i>),ve <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) üzerindeki inhibitor etkisi.....	76
Şekil 4.38 EY-AgNP'lerin <i>Staphilococcus Auresus</i> (<i>S. aureus</i>),ve <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) üzerindeki inhibitor etkisi.....	76
Şekil 4.39 <i>Staphilococcus Auresus</i> (<i>S. aureus</i>),ve <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) bakterilerinde AgNO ₃ ve antibiyotiklerin inhibitor zoonu üzerindeki etkisi.....	77

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Nanopartiküllerin üretim yöntemleri.....	9
Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar.....	44
Tablo 4.1 DK-AgNP , DY -AgNP, EK-AgNP ve EY-AgNP'lerin nanoparçacıkların EDX analiz sonuçları	60
Tablo 4.2 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bıttım) bitkisinin yaprak ve kök organlarının dişi ve erkek birey ekstralarının ön fitokimyasal taraması.	63
Tablo 4.3 Nanopartiküllerin kararlılığı ile zeta potansiyel arasındaki ilişki.....	70
Tablo 4.4 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bıttım) Dişi ve Erkek kısımlarının özütleri kullanılarak sentezlenen AgNP'lara ait parçacık boyut dağılımı ve zeta potansiyel değerleri.....	74
Tablo 4.5 <i>Pistacia khinjuk</i> stocks (Bıttım) dişi ve erkek bireylerine ait kök ve yapraktan biyosentez yöntemiyle sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitesi.....	78

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
nm	Nanometre
pH	Asitlik veya Bazlık Derecesi
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
g	Gram
L	Litre
Pd	Palladyum
CuO	Bakır(II) oksit
Au	Altın
CdS	Kadmiyum sülfür
Au (S ₂ O ₃) ₂₃	Altın tiyosülfat
PtCl ₆₂	Kloroplatinat
rpm	Çalkalama Hızı
cm	Santimetre
m	Metre
ATP	Adenosin trifosfat
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
mL	Mililitre
mm	milimetre
M	Molar
Pa	Paskal(Basınç)
µl	Mikrolitre
Ag	Gümüş

Kısaltma**Açıklama**

SEM

Taramalı elektron mikroskobu

TEM

Geçirmeli elektron mikroskobu

FT-IR

Fourier Dönüşümlü kızılötesi
spektroskopisi

XPS

X-ışını fotoelektron spektroskopisi

EDX

Enerji Dağılım Spektrumu

UV-Vis

Ultraviyole-görünür

AgNP

Gümüş nanopartiküller

DY-AgNP

Dişi yaprak gümüş nanopartiküller

DK-AgNP

Dişi kök gümüş nanopartiküller

EY-AgNP

Erkek yaprak gümüş nanopartiküller

EK-AgNP

Erkek kök gümüş nanopartiküller

NADH

Nikotinamid adenin dinükleotid hidrit

ODTÜ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

ÖZET

BITTİM (*PISTACIA KHINJUK* STOCKS) BİTKİSİNİN DİŞİ VE ERKEK BİREY ÖZÜTLERİNİN GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİNİN BİYOSENTEZİ ÜZERİNE ETKİSİ VE ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Batıbay, Hayri
Yüksek Lisans, Disiplinlerarası Nanoteknoloji Bölümü
Danışman: Prof. Dr. Bilsen Tural
Ocak 2023,122 sayfa

Bu çalışma, *Pistacia khinjuk stocks* (Bittim) bitkisinin erkek ve dişi bireylerine ait yaprak ve kök ekstraktlarının, AgNP'lerin biyosentezinde kullanılmaları ve aralarındaki biyosentez performans farklılıklarını araştırmak amacı ile yapılmıştır. *Pistacia khinjuk stocks* 1:9 Bittim/AgNO₃ oranında sentezlenen gümüş nanopartiküllerin (AgNP'ler) oluşumu, UV-Vis spektrofotometrik olarak 400 ila 500 nm arasında yüzey plazmon rezonansı ile izlenmiştir. Nanopartiküllerin karakterizasyonu ile Taramalı elektron mikroskobu (SEM) Geçirmeli elektron mikroskobu (TEM), Zeta potansiyel ölçümü ve parçacık boyut dağılımı (Zeta sizer), Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) ve Enerji dağılım spektrumu (EDX) ile yapılmıştır. Erkek kök gümüş nanopartiküllerin (EK-AgNP) yaklaşık 150,1 nm aglomerat boyutuna ve -32,16±0,543 mV potansiyele ve dişi kök gümüş nanopartiküllerin (DK-AgNP) ise 213,5 nm aglomerat boyutuna ve -21,36±0,188 mV potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. EK-AgNP'lerin, DK-AgNP'lere göre daha iyi bir kararlılık ve aglomerasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. Dişi yaprak gümüş nanopartiküllerin (DY-AgNP) 213,8 nm aglomerat boyutu ve -16,3±0,408 mV potansiyele ve erkek yaprak gümüş nanopartiküllerin (EY-AgNP) 488,3 nm aglomerat boyutu ve -15,7±1,019 mV potansiyele sahip olduğu ve DY-AgNP'lerin, EY-AgNP'lere göre daha iyi bir kararlılık ve aglomerasyon boyutu sergilemiştir.

Dişi ve erkek bireylerin kök ve yapraklarından sentezlenen gümüş nanopartiküllerin tümü, klinik olarak önemli patojenler *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli*'ye karşı iyi antimikrobiyal aktivite göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Pistacia khinjuk stocks*, Antimikrobiyal, Gümüş nanopartiküller, Biyosentez

ABSTRACT

THE EFFECT OF MALE AND FEMALE EXTRACTS OF BITTIM (*PISTACIA KHINJUK* STOCKS) PLANT ON THE BIOSYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES AND INVESTIGATION OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY

Batıbay, Hayri

Master of Science in Interdisciplinary Department of Nanotechnology

Supervisor: Prof. Dr. Bilsen Tural

January 2023, 122 pages

This study was carried out with the aim of using the leaf and root extracts of male and female individuals of *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) in the biosynthesis of AgNPs and to investigate the biosynthesis performance differences between them. The formation of silver nanoparticles (AgNPs) synthesized at the ratio of 1:9 plant extract to metal ion concentration was monitored by surface Plasmon resonance between 400 and 500 nm UV-Vis spectrophotometrically. characterization of nanoparticles was made by Scanning electron microscopy (SEM), the Transmission electron microscopy (TEM), Zeta potential measurement and particle size distribution (Zetasizer), Fourier Transmission infrared spectroscopy (FTIR), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Energy Distribution Spectrum (EDX). It has been determined that male root silver nanoparticles (EK-AgNPs) have an agglomerate size of approximately 150,1 nm and a potential of $-32,16 \pm 0,543$ mV, and female root silver nanoparticles (DK-AgNPs) have an agglomerate size of 213,5 nm and a potential of $-21,36 \pm 0,188$ mV. It has been determined that EK-AgNPs have better stability and agglomeration than DK-AgNPs. Female leaf silver nanoparticles (DY AgNPs) have an agglomerate size of 213,8 nm and a potential of $-16,3 \pm 0,408$ mV and male leaf silver nanoparticles (EY-AgNPs) have an agglomerate size of 488,3 nm and a potential of $-15,7 \pm 1,019$ mV and DY-AgNPs showed better stability and agglomeration size than EY-AgNP.

All of the Silver nanoparticles synthesized from the roots and leaves of female and male individuals showed good antimicrobial activity against the clinically important pathogens *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

Keywords: *Pistacia khinjuk* stocks, Antimicrobial, Silver nanoparticles, Biosynthesis

1. GİRİŞ

Gümüş (Ag), antibakteriyel özelliği nedeniyle son 5000 yıldan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ag, antibakteriyel özelliği olması ve insanlar üzerinde toksik olmaması nedeniyle nanopartikül olarak tercih edilmektedir. Çevredeki hücreleri etkilemeden bakterilerin büyümesini azaltmak veya öldürmek, antibakteriyel aktivite olarak bilinmektedir.

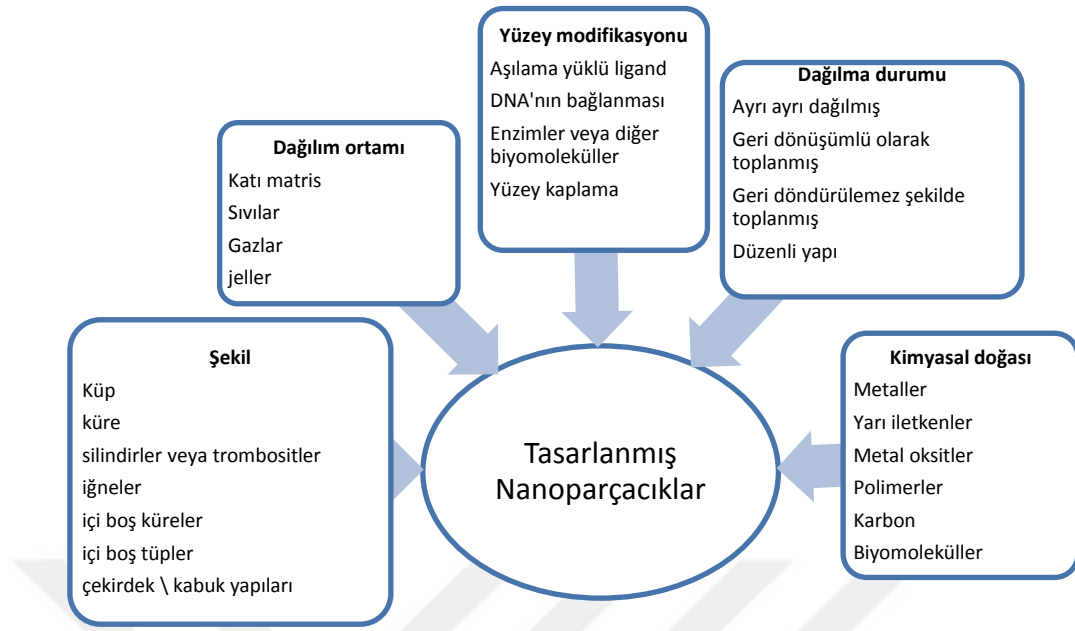
Gümüş nanopartiküllerin (AgNP) hazırlanmasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Tıp, ilaç, sağlık, gıda, tüketici, kozmetik vb. gibi birçok alanda gümüş nanopartikül talebi hızla artmaktadır. Antibakteriyel özellikleri nedeniyle ev, tıbbi cihazlar ve gıda endüstrisi, yara sargısı, teşhis, ortopedi ve antikanser ajanı gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (Abou El-Nour vd., 2010). Bu nano boyutlu partiküllerin doğada benzersiz olduğu ve ayrıca fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirebildikleri ve bu nedenle çeşitli amaçlar için kullanılabilirler bulunmuştur. AgNP'lerin gereksinimlerini karşılamak için bu AgNP'lerin sentezi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Ahmed vd., 2016). Normalde fiziksel ve kimyasal yöntemler maliyetli ve tehlikeli bulunmaktadır. Ancak biyolojik yöntemle hazırlanan nanopartiküller yüksek verim ve yüksek stabilite göstermektedir. Her üç yöntemden biyolojik yöntem basit, çevresel, ticari ve tek adımlı bir yöntem olarak yüksek sıcaklık, basınç, kuvvet ve kimyasallara ihtiyaç duymamaktadır (Ge vd., 2014). Nanopartiküllerin sentezi için kabuk, kök, gövde, yaprak, mantar vb. gibi farklı biyometaller kullanılmaktadır.

Biyolojik özellikler, nanopartikülün fizikokimyasal özelliklerinden büyük ölçüde etkilenebileceğinden, bu nanopartiküllerin sentezinden sonra parçacık karakterizasyonu önemlidir. Nanopartiküllerin tıp ve sağlık endüstrisi gibi herhangi bir amaçla uygulanmasından önce, hazırlanan nanopartiküllerin herhangi birinin güvenlik sorununu kontrol etmek için hazırlanan nanopartiküllerin karakterize edilmesi çok önemlidir (Ge vd., 2014). Toksisiteyi veya biyoyumluluğu bulmadan önce, herhangi bir nano malzemenin parçacık boyutu, parçacık boyutu dağılımı, şekli, yüzey alanı, agregasyon, çözünürlük vb. gibi karakteristik özelliklerini kontrol etmek

önemlidir. Bu AgNP'lerin analizi için kullanılan analitik teknikler UV-Vis spektroskopisi, XRD, FTIR, XPS, SEM, TEM, Zeta Sizer vb. (Lin vd., 2014). Kontrollü yapıya sahip AgNP'lerin geliştirilmesi, yani boyut, morfoloji ve işlevsellikte tekdüzellik, farklı biyomedikal uygulamalar için önemlidir. AgNP'nin sistemik ve lokalize uygulamasından sonra herhangi bir ilacın biyoyararlanımı, ilacın fizikokimyasal özellikleri ile artırılabilir (Baker vd., 2005). Kanseri hakkında bilindiği üzere, kanser genetik, iç veya dış faktörlerin kombinasyonu gibi birçok nedenden kaynaklanabilecek kontrolsüz bir hücre büyümesi olan karmaşık bir hastalıktır. Kanser tedavisinin kemoterapi, cerrahi, radyasyon tedavisi; hedefe yönelik tedavi de çok pahalı ve ağırlıdır (Sriram vd., 2010). Bu nedenle kanser tedavisi için etkili, ucuz ve hassas moleküllerin bulunması gerekmektedir. AgNP'lerin tanıda olduğu kadar antikanser ajan olarak kanserde de kullanıldığı bulunmuştur. Bunun dışında AgNP'lerin antifungal, anti-bakteriyel, anti-kanser gibi başka uygulamaları da vardır (Gurunathan vd., 2015).

1.1 Nanopartiküller

Nanoteknoloji, nanomalzeme bilimi ve ilgili mühendisliğin alt bölümünden bahsetmektedir (Salata, 2004). Nanobilim, 1-100 nm'deki yapıdaki bileşenlerin incelenmesidir. Nanomalzemeler, parçacık boyutu 100 nm'den daha az ve en az bir boyuta sahip yapılandırılmış bileşenlere sahip olanlardır (Luque vd., 2013). Bu özel aralığın büyüklüğünden dolayı, nanopartiküllerin (biyolojik, fiziksel ve kimyasal) atomik / moleküler seviyedeki özelliklerini değiştirir, bu da nanopartikülleri benzersiz kılmaktadır. Nanopartiküller, metaller ve bunların oksitleri, silikatları, oksitsiz seramikleri, karbon, organik, biyomoleküller ve polimerler gibi çeşitli kimyasal doğaya sahip malzemeler kullanılarak sentezlenebilmektedirler. Morfolojik olarak, nanopartiküller küreler, silindirler, tüpler ve trombositler gibi ayırt edici şekillerde bulunmaktadır. Ancak bunlar özel olarak tasarlanmakta ve kullanıldıkları uygulamalar dikkate alınarak modifiye edilmektedirler. Şekillerine, kimyasal doğalarına, morfolojilerine, dağılım ortamlarına, yüzey modifikasyonlarına ve dağılıma durumlarına bağlı olarak nanopartiküllerin çeşitliliği Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Bu özellikler nanopartikülleri günümüzde bilimin önemli bir parçası haline getirmiştir (Zahra, 2018).



Şekil 1.1 Çeşitli mühendislik ürünü metal ve metal olmayan nanoparçacıklar (Gandhi, 2018)

1.2 Nanopartiküllerin Sınıflandırılması

Nanopartiküller organik ve inorganik olmak üzere iki sınıfa ayrılır.

1.2.1 Organik nanopartiküller

Fullerenler, nanotüpler, grafen gibi karbon nanoyapılar organik nanoparçacıklardır.

1.2.2 İnorganik nanopartiküller

İnorganik nanopartiküller, asıl metal nanopartikülleri (altın ve gümüş gibi), metal oksit nanoyapısını, manyetik nanopartikülleri ve yarı iletken nanopartikülleri (titanyum dioksit ve çinko oksit gibi) içermektedir (Hait, 2014).

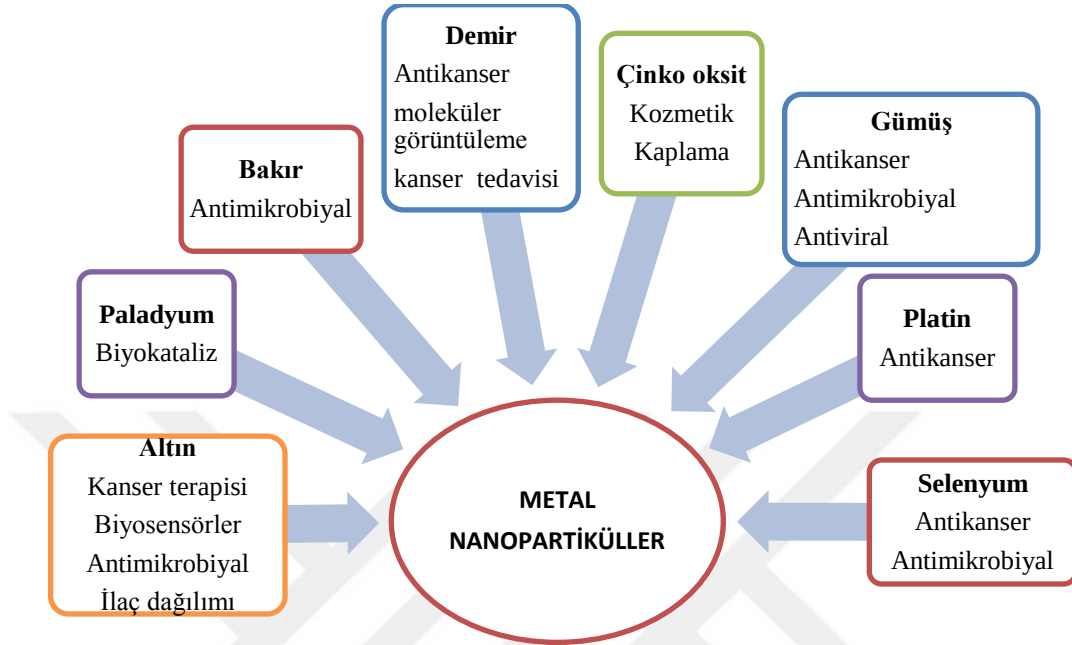
1.2.2.1 İnorganik nanopartiküllerin önemi

İşleme ve fonksiyonel esneklik ile üstün malzeme özellikleri gösteren inorganik nanopartiküllere ilgi artmaktadır. İnorganik nanomalzemeler çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır; tıp alanında çok yönlü biyoyumlulukları (örneğin, titanyum bazlı diş implantları, hidroksiapatit bazlı yapay kemikler) ve işlevselleştirme olasılıkları nedeniyle hedeflenen ilaç dağıtımında ve ilaçların kontrollü salınımında yardımcı olmaktadır. Cam ve boya endüstrileri, inorganik nanopartiküllerin büyüleyici özelliklerinden yararlanmaktadır. Petrolde aşırı basınç, aşınma önleyici ve sürtünme önleyici özellikleri arttırmak için yağlayıcı formülasyonlara inorganik nanopartiküller eklenmekte, böylece makinelerin verimliliği ve hizmet ömrü arttırılmaktadır (Sunqing vd., 2000).

1.2.2.2 Metal nanopartiküller ve kullanım alanları

Metal nanopartiküllerden elde edilen nanomalzemeler nanopartikülleri ayrı bir malzeme sınıfı olarak sınıflandırmıştır. Metal nanopartiküllerin yüksek iletkenliği nedeniyle, metal oksit nanopartiküllerine kıyasla büyük bir bilimsel ilgi görmüştür (Lewis., 1993). Metal nanopartiküller metal-metal kimyasal bağı temsil etmez ve 1-100 nm boyutlarında izole parçacıklar olarak tanımlanmaktadır. Metal nanopartiküller, çoğunlukla dökme metallerine kıyasla olağanüstü farklı özelliklere sahiptirler. Dejenere olmuş bir enerji durumu yoğunluğu ve nanometre ölçeğindeki boyutlara göre geniş bir yüzey-hacim oranı içermektedir (Ozin vd., 2000; Mirkin vd., 2003; Chen vd., 2006). Bu nedenle, dökme metallerle kıyasla yüksek kimyasal aktivite ve özgüllük gösterirler, böylece katalizör olarak kullanılmaya cazip gelmektedirler (Bruss vd., 2006; Firooz vd., 2011). Boyut etkileri (kuantum etkileri) ile birlikte yüksek yüzey-hacim oranı, metal nanopartiküllere dökme metalinkinden belirgin şekilde farklı özellikler (kimyasal, elektronik, optik, manyetik ve mekanik) vermektedir (El-Sayed vd., 2011; Daniel vd., 2004; Burda vd., 2005; El-Sayed vd., 2004; Alivisatos vd., 1996). Araştırmacılar, benzersiz özellikleri ve farklı alanlardaki çeşitli uygulamaları nedeniyle nanomalzemelere büyük ilgi göstermektedirler (Tiwari vd., 2012; Singh vd., 2008). Nanopartiküller, moleküler veya dökme malzemelerden farklı olan benzersiz özellikleri nedeniyle son yirmi yılda, iletkenler (Pan vd., 2001), elektronikler (Park vd., 2007; Luechinger vd., 2008; Lee vd., 2008), sensörler (Elghanian vd., 1997; Anker vd., 2008; Athanassiou vd., 2006), fotovoltaiik cihazlar (Law vd., 2005), ilaç dağıtımı (Lavan vd., 2009), kataliz (Ozin vd., 2000) yakıt hücreleri (Joo vd., 2001), ışık yayan diyotlar (Colvin vd., 1994), endüstriyel litografi (Reetz vd., 1997), kuantum noktaları (Murray vd., 1995), kuantum telleri (Tans vd., 1997), kuantum cihazları (Antonietti vd., 1997), optik ve biyolojik cihazlar (Leroux vd., 2008; Cioffi vd., 2005; Zhang vd., 2008; Ghosh vd., 2008), gibi çok çeşitli alanlarda birçok büyüleyici uygulama sergilemektedirler (Astruc vd., 2005; Sarkar vd., 2008; Ranu vd., 2007). Nanopartiküllerin inanılmaz özellikleri, yoğun bir şekilde nanopartiküllerin farklı şekline ve küçücük boyutuna, çevreleyen ortama ve bunların üretim yöntemine bağlıdır. Bu nedenle, bilim insanları metal nanopartiküllerin üretimini hedeflemekle ilgilenmektedirler (Mallick vd., 2005; Das vd., 2011; Abdulla-al-mamun vd., 2011). Metal nanopartiküllerin farklı şekilleri ve boyutları, kataliz, elektronik, sensör ve optik

cihaz gibi alanlardaki uygulamalarını keşfetmeye izin vermektedir (Cuenya, 2010; Qian vd., 2006; Feldheim vd., 2002).



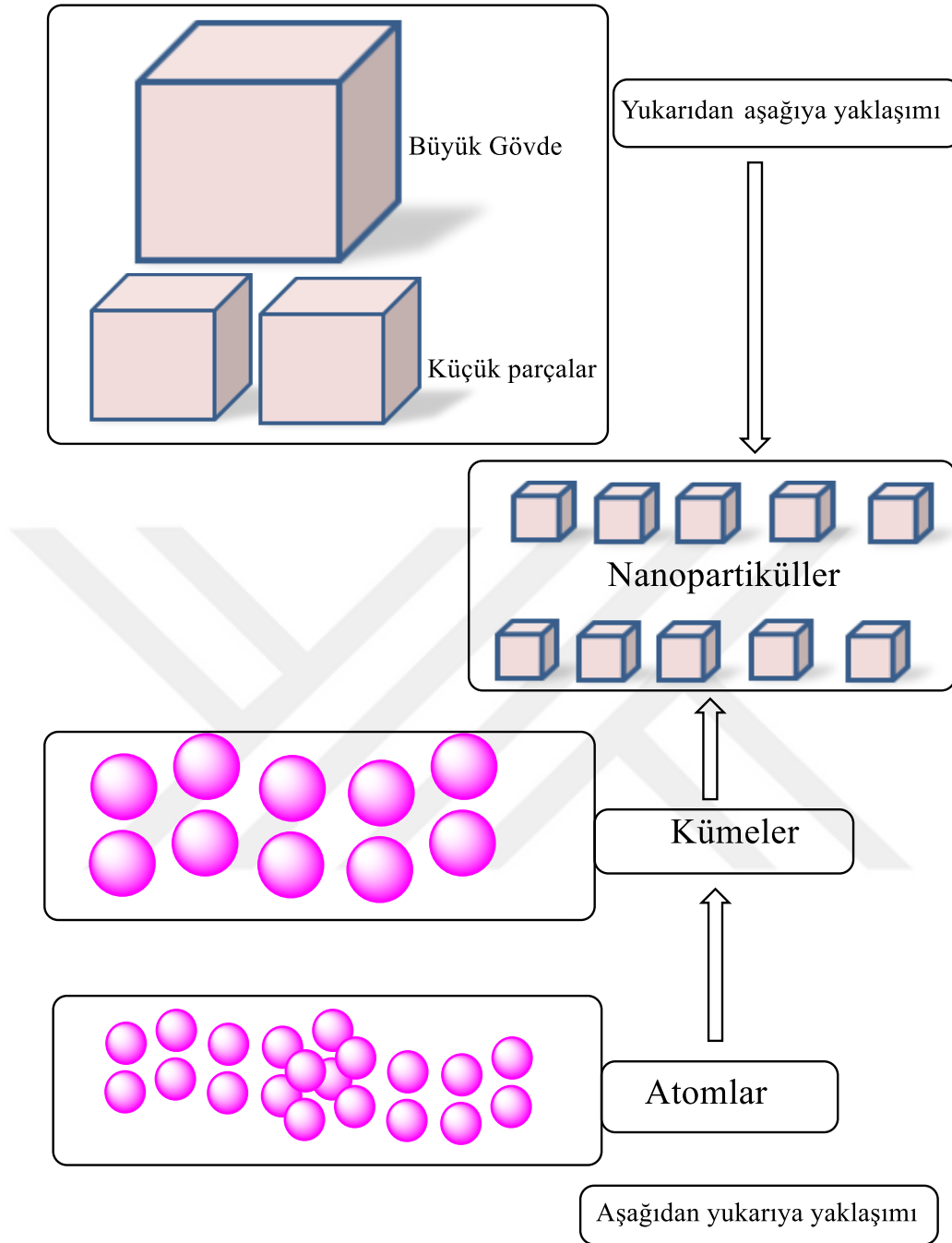
Şekil 1.2 Çeşitli metal nanopartiküllerin kullanım alanları

1.3 Metal Nanopartiküllerin Sentez Yöntemleri

Nanopartiküllerin sentezi için iki yaklaşım vardır; biri yukarıdan aşağıya yaklaşım, diğeri aşağıdan yukarıya yaklaşımdır (Patel vd., 2016). Nanopartiküllerin sentezi için yukarıdan aşağıya yaklaşımda uygun bir başlangıç malzemesinin boyutunu küçültmek için kullanılmaktadır (Meyers vd., 2016). Boyutunu küçültmek için çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemler kullanılır (Şekil 1.3). Hatalar, nanopartiküllerin yüzey yapısında yukarıdan aşağıya bir yaklaşımla ortaya çıkar ve bu büyük bir sınırlamadır çünkü yüzey kimyası ve diğer fiziksel özellikleri nanopartiküllerin yüzey yapısına büyük ölçüde bağlıdır (Thakkar vd., 2010). Aşağıdan yukarıya sentezde, daha küçük varlıklar birbirine bağlanır ve nanopartiküller üretilmektedir (Mukherjee vd., 2001). Bu yaklaşımda parçacık boyutu nanometre aralığındadır ve ilk önce daha küçük varlıklar oluşturulur, daha sonra bu varlıklar nihai parçacıkları üretmek için birleştirilmektedir (Thakkar vd., 2010). Aşağıdan yukarıya yaklaşımı elde etmek için kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılmaktadır (Nagar, 2018).

Nanopartiküllerin sentezi için kimyasal ve fiziksel yöntemlerde eko-tehlikeli, yoğun enerji koşullarında gerçekleştirilir ve toksik kimyasallar kullanılır. Biyolojik yöntemler ise çevre dostu koşullarda gerçekleştirilmekte ve çok daha az enerji tüketmektedir. Metal nanopartiküllerin sentezi için gereken süre biyolojik yöntemlerde kimyasal yöntemlere göre daha uzun olmasına rağmen, yöntemine uygun mikroorganizma veya organizma ile süre azaltılmıştır (Ghorbani vd., 2011). Bu nedenle, biyolojik yöntemlerin kimyasal ve fiziksel yöntemlere daha göre avantajları, nanopartiküllerin büyük ölçekli sentezi için uygun maliyetli, çevre dostu, tek adımlı bir işlemdir ve canlıların sağlığına zararlı yüksek basınç, enerji, sıcaklık ve toksik kimyasallara ihtiyaç duymaz (Sastry vd., 2003).

Biyolojik yöntemlerde, mikroorganizmalardan nanopartiküllerin sentezi yaygın olarak kullanılmaktadır (Sastry vd., 2003; Dhillon vd., 2012; Gericke ve Pinches, 2006; Nankar vd., 2011; Korbekandi vd., 2009; Li vd., 2011; Luangpipat vd., 2011; Mohanpuria vd., 2008; Sanghi vd., 2010). Nanoparçacıkların mikrobiyal sentezi kolaylıkla ölçeklenebilir, çevre dostu ve nanopartiküllerin tıbbi uygulamalar için kullanımıyla uyumludur, ancak mikroorganizmaların oluşturulması ve işlenmesi bitki özütlerinden daha pahalıdır. Bitki özütleri ile metal nanoparçacıkların sentezi çok daha uygun maliyetlidir, bu nedenle metal nanoparçacıkların büyük ölçekli üretimi için ekonomik ve değerli bir alternatif olarak kullanılabilir (Gardea-Torresdey vd., 2003; Park vd., 2011). Bitki özütleri, nanopartikül sentezinde hem indirgeyici hem de kapatıcı maddeler olarak işlev görebilir, bitki özütlerinde bulunan biyomoleküller, metal iyonlarının azaltılmasından ve metal nanopartiküller için stabilizatörden sorumludur (Wang vd., 2014; Mata vd., 2016; Bindhani ve Panigrahi, 2014; Pattanayak ve Nayak, 2013; Thirumurugan vd., 2016; Anbalagan vd., 2015; Gnanasangeetha ve Sarala, 2014).



Şekil 1.3 Metal nanopartiküllerin sentez yöntemleri

Yukarıdan aşağıya yaklaşım ilk makroskopik yapıları kullanır. Bu yöntemler, aşağıdakilere indirgenmiş daha büyük parçacıklarla başlar. Yöntemler, üzerinde gerçekleştirilen bir dizi işlemten sonra nanopartiküllere indirgenmiş daha büyük parçacıklarla başlar. Bu yöntemlerin temel eksiklikleri, büyük kurulumları içermeleri ve kurulum için büyük sermayenin gerekli olmasıdır. Yöntemler oldukça pahalıdır ve büyük ölçekli üretim için uygun değildir. Yöntem laboratuvar deneyleri için uygundur.

Yaklaşım, malzemelerin öğütülmesine dayanmaktadır. Bu yöntemler yumuşak numuneler için uygun değildir (Siwach vd., 2008; Muñoz vd., 2007).

Yukarıdan aşağıya yaklaşımda yöntemler;

1. Fiziksel buhar birikimi.
2. Kimyasal buhar biriktirme
3. İyon implantasyonu
4. Elektron ışını litografisi
5. X-ışını litografisi (Koch, 1997).

Nanomalzemelerin aşağıdan yukarıya üretim yaklaşımları, nanoyapıların gelişmesine yol açan ek prosedürle malzeme bileşenlerinin atomik seviyeye minyatürleştirilmesini içerir. Daha fazla ilerleme boyunca, nano ölçekte çalışan fiziksel kuvvetler basit birimleri daha büyük kararlı yapılara birleştirdi. Metodoloji esas olarak moleküler tanıma (self-assembly) ilkesine dayanmaktadır (Doyle vd., 2010; Rangarajan vd., 2014) .

Aşağıdan yukarıya yaklaşımda yöntemler;

1. Sol-jel sentezi
2. Kolloidal çökeltme
3. Hidrotermal sentez
4. Organometalik kimyasal yol
5. Elektrodpozisyon (Hou vd., 2007)

Nanopartiküllerin üretimi için üç çeşit yaklaşım vardır. Bu yöntemler Tablo 1.1'de listelenmiştir.

Tablo 1.1 Nanopartiküllerin üretim yöntemleri

NANOPARÇACIKLARIN ÜRETİM YÖNTEMLERİ		
Fiziksel yöntemler Mekanik Yöntem Darbeli Lazer Ablasyonu Darbeli Tel Desarj Yöntemi Kimyasal Buhar Biriktirme Lazer Piroliz İyonize Küme Işın Birikimi	Kimyasal yöntemler Sol-jel Yöntemi Sonokimyasal Sentez Birlikte çökeltme Yöntemi İnert Gaz Yoğuşma Yöntemi	Biyolojik Yöntemler Bakteriler ile sentez yöntemi Mantarlar ile sentez yöntemi Algler ile sentez yöntemi Bitki Özütleri ile sentez yöntemi

İhtiyaca bağlı olarak, nanopartiküller sentez yöntemleri seçilir. Her yöntemin hem avantajları hem de dezavantajları vardır; üretim yöntemi, tesislerin uygunluğuna bağlı olarak seçilir. Fiziksel yöntemler küçük ölçekli üretim için uygunken, üretim maliyetinin önemli olduğu yerlerde kimyasal yöntemler seçilir. Biyolojik yöntemlerin farklı önemi vardır (Krishnappa vd., 2018; Winterer ve Hahn, 2003).

1.3.1 Fiziksel yöntemler

1.3.1.1 Mekanik öğütme

Nanopartiküllerin oluşturulması için kullanılan öğütücülerin formları planet, titreşimli, çubuk, tamburdur. Kap, çelik veya karbürden yapılmış sert bilyeler içerir. Nanokristalin Co, Cr, W ve Ag-Fe bu yöntem kullanılarak sentezlenir. Topların malzemelere oranı 2; 1'dir. Kap inert gaz veya hava ile doldurulur ve merkezi eksen etrafında yüksek hızda döndürülür. Malzemeler kabın duvarları ve toplar arasında preslenir. Öğütme hızı ve süresi, optimum boyuttaki nanopartiküllerin sentezlenmesinde önemli bir rol oynar (Konrad vd., 2001; Andrievskii, 1994).

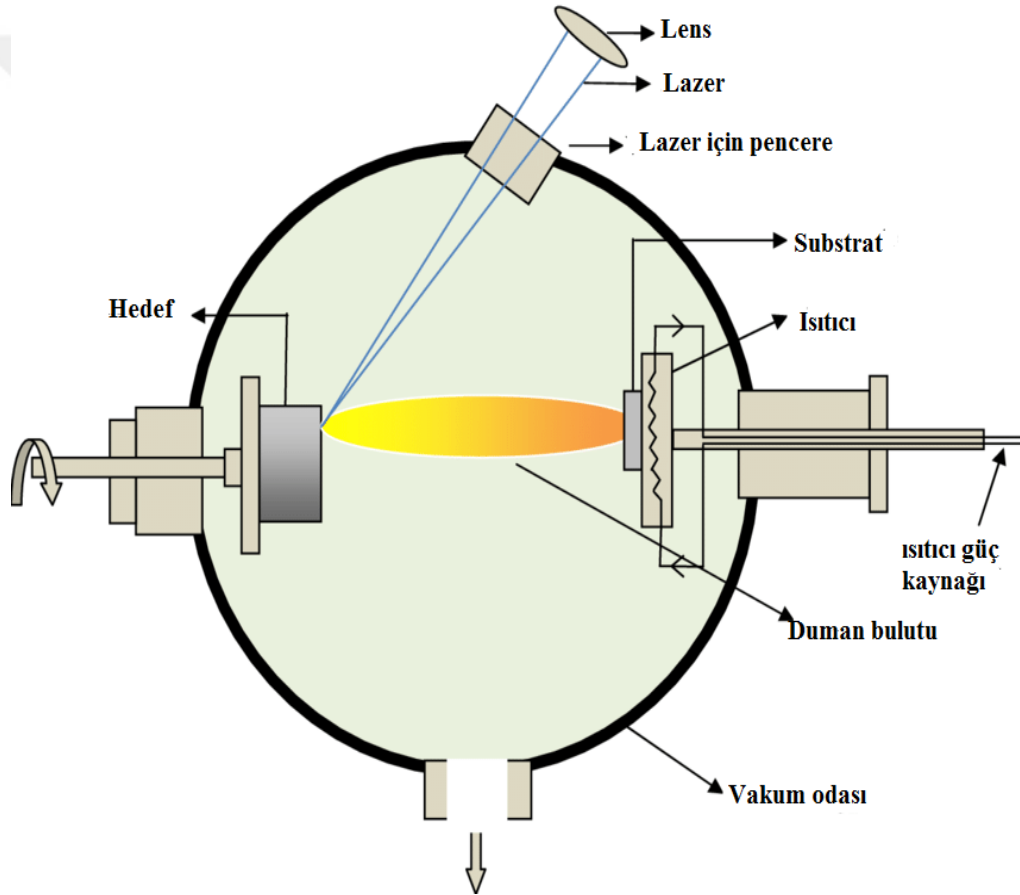
1.3.1.2 Eriyik karıştırma

Erimiş metal akışlarının türbülansla yüksek hızda karıştırılması nanopartiküller oluşturur. Nanopartiküller bir camda tutulur. Cam-bir amorf katı, atomların veya moleküllerin eksik simetrik organizasyonudur. Metaller, büyük soğutma oranlarında

soğutulduğunda, amorf katılar - metalik camlar oluşturabilir (Rastogi, 2017; Dikuser vd., 2009).

1.3.1.3 Darbeli lazer ablasyonu

Hedef numune bir vakum odasının içine yerleştirilir. Yüksek darbeli lazer ışını numuneye odaklanır ve daha önce kolloidal bir nanopartikül çözeltisine dönüştürülen plazma üretilir. İkinci harmonik grup tipi lazer, nanopartikülleri formüle etmek için sıklıkla kullanılır. Son oluşumu etkileyen unsurlar; lazerin türü, bazı darbeler, çözücü türü, darbe süresidir (Ponon vd., 2015; Patscheider, 2003; Guler vd., 2015).

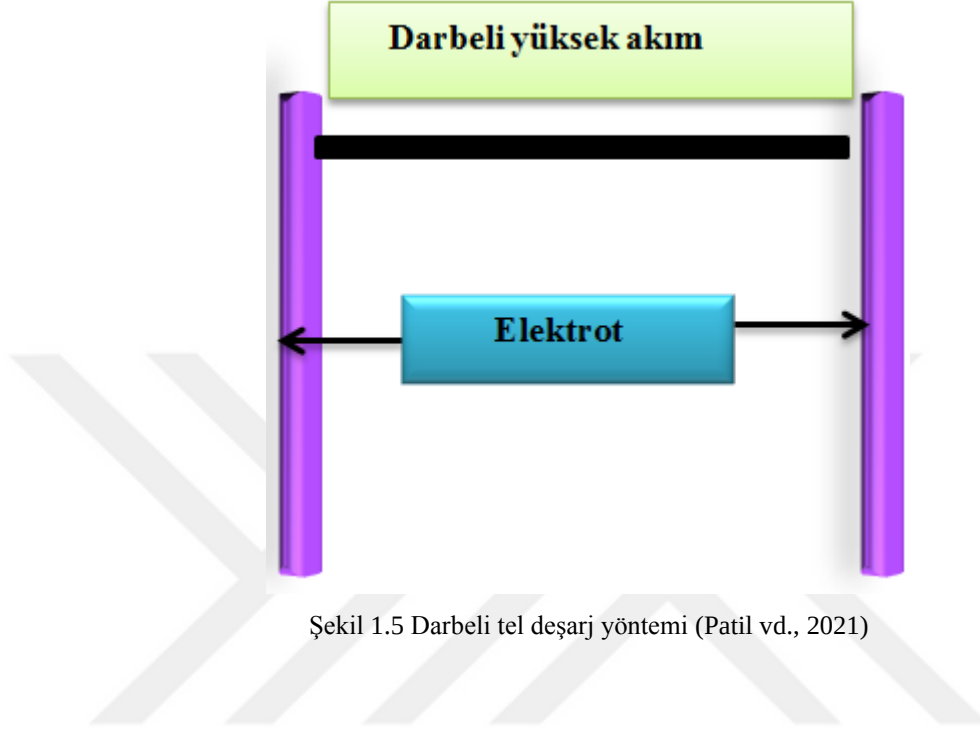


Şekil 1.4 Darbeli lazer biriktirme yönteminin şematik bir diyagramı (Mittra vd., 2012)

1.3.1.4 Darbeli tel deşarj yöntemi

Nanopartikülleri hazırlamak için fiziksel tekniktir. Metal nanopartiküllerin sentezi için en yaygın kullanılan yöntemdir. Metal bir tel, darbeli bir akımla buharlaştırılarak bir buhar elde edilir ve bu buhar daha sonra ortam gazıyla soğutularak nanopartiküller

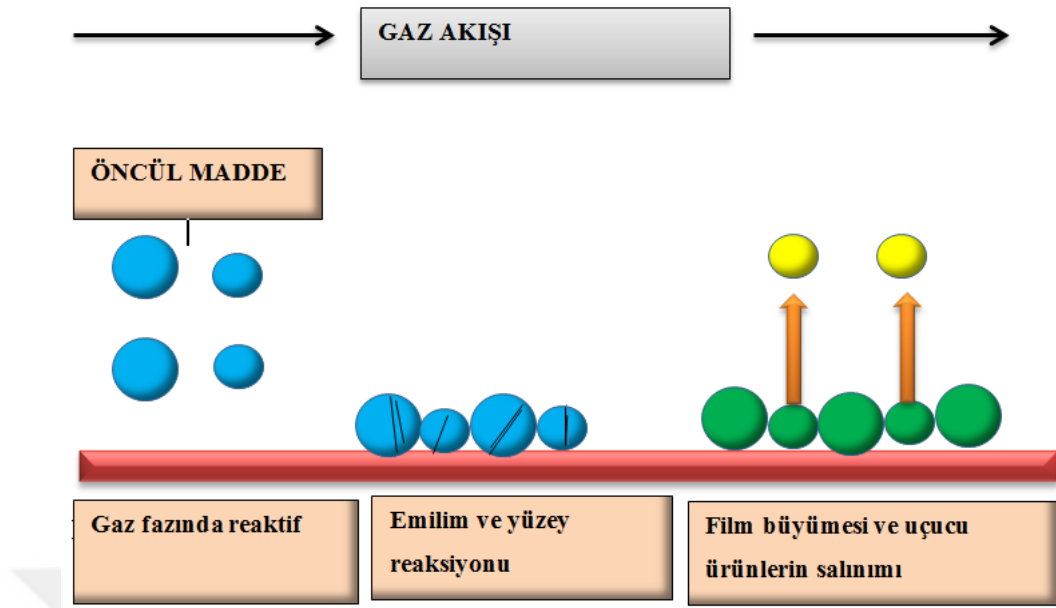
işlemine tabi tutulur. Bu şema muhtemelen yüksek bir üretim hızına ve yüksek enerji verimliliğine sahiptir. Örnek; Nitrür nanopartikülleri (Dong vd., 2011; Boddolla vd., 2018).



Şekil 1.5 Darbeli teldeşarj yöntemi (Patil vd., 2021)

1.3.1.5 Kimyasal buhar biriktirme

Substrat üzerinde yaklaşık 300-1200 °C'de ince bir gaz halinde reaktan filmi biriktirilir. Isıtılmış substrat ile gazın birleştirilmesi arasında, substratın yüzeyinde oluşan ince bir ürün filmi sonucu kimyasal bir reaksiyon meydana gelir. Uygulanan basınç 100-105 Pa aralığında değişir. Metalorganik kimyasal buhar biriktirme, Atomik tabaka epitaksisi, Buhar fazı epitaksisi, Plazma arttırılmış Kimyasal buhar biriktirme gibi birçok çeşidi vardır. Bu tekniğin avantajları sert, düzgün, sağlam ve son derece saf nanopartiküllerin üretilmesidir. Substrat üzerinde oluşan yan ürünler, substrattan elimine edilerek gaz fazına geri taşınmalıdır. Soğuk duvar ve sıcak duvar, alt tabakaların ısıtıldığı iki tekniktir. Sıcak duvar düzenlemesinde biriktirme, reaktör duvarlarında bile gerçekleşebilir. Bu soğuk duvar stratejisinde kaçıyor. Gaz basıncı ve substrat sıcaklığı nihayetinde filmin büyüme hızını ve kalitesini etkiler (Dikusar vd., 2009).



Şekil 1.6 Kimyasal buhar biriktirme yöntemi (Patil vd., 2021)

1.3.1.6 Lazer piroлиз

Nanopartiküllerin bir lazer kullanılarak sentezlenmesi işlemi lazer piroлиз olarak bilinir. Yoğun bir lazer ışını, helyum veya argon gibi bazı aktif olmayan gazların varlığında reaktan gazların karışımını ayrıştırmaya odaklanır. Gaz basıncı, partikül boyutlarının ve dağılımlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar (Behera ve Nayak, 2013).

1.3.1.7 İyonize küme ışını biriktirme

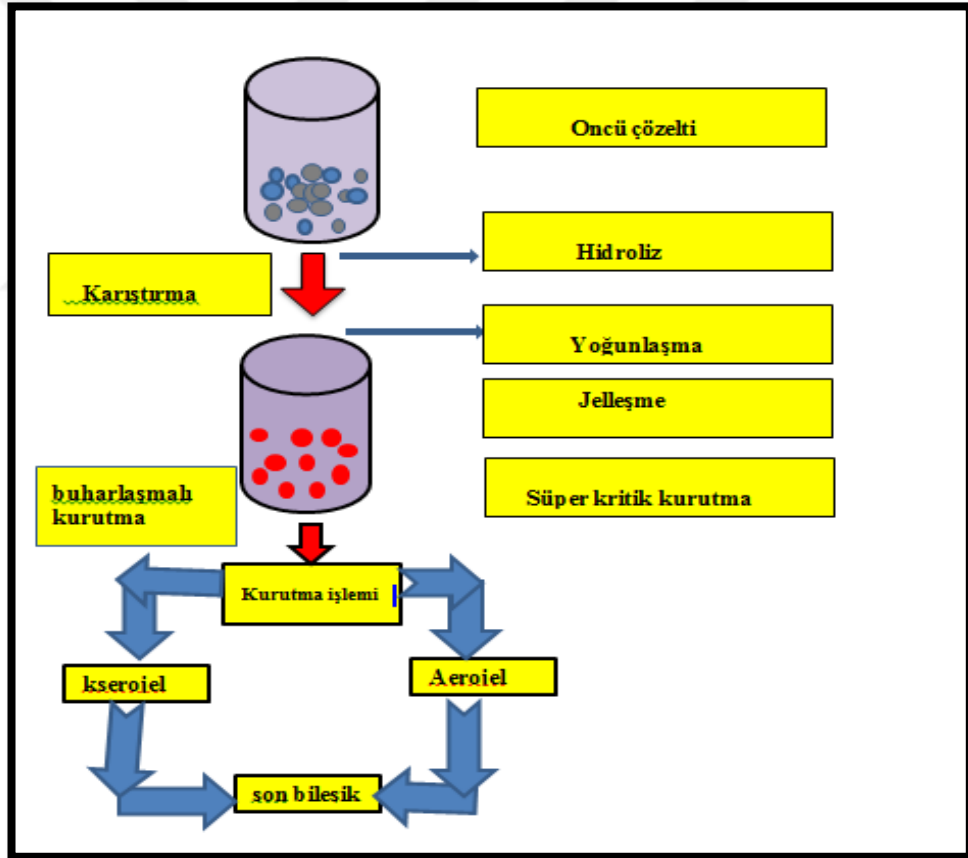
Yöntem 1985 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntemin temel amacı, yüksek kaliteli tek kristalli ince filmler elde etmektir. Düzenleme, bir buharlaşma kaynağı, içinden malzemenin odaya genişleyebileceği bir püskürtme, kümeleri iyonize etmek için bir elektron ışını, kümeleri hızlandırmak için bir düzenleme ve üzerine nanoparçacık filmin yerleştirilebileceği bir substrat, tümü uygun bir vakum odasına yerleştirilmiş.

Bir elektron ışını ile çarptıktan sonra, koleksiyonlar iyonize olur. Uygulanan hızlanma gerilimi nedeniyle, kümeler alt tabakanın yakınına odaklanır. Hızlanan voltajı izleyerek kümelerin alt tabakaya çarptığı enerjiyi kontrol etmesi muhtemeldir. Bazı malzemelerin sabit kümeleri, bağlarını kırmak için önemli miktarda enerjiye ihtiyaç duyacak ve parçacık kümeleri kadar küçük kalmalarını tercih edecektir. Bu nedenle iyonize bir küme ışını kullanan nanokristal malzeme filmleri üretilebilir (Karthikeyan vd., 2013).

1.3.2 Kimyasal yöntemler

1.3.2.1 Sol-jel yöntemi

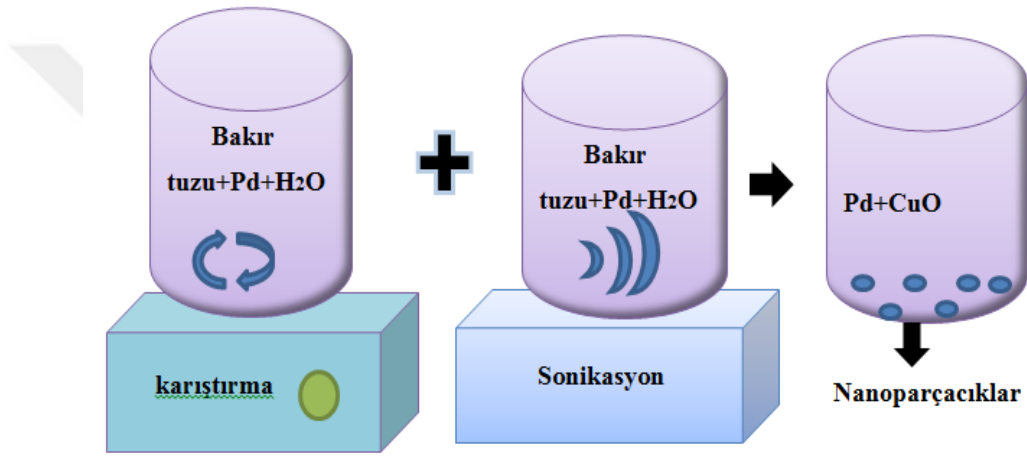
Çözeltideki metal alkoksitlerin veya metal öncüllerinin yoğunlaşmasını, hidrolizini ve termal ayrışmasını içerir. Sol olarak bilinen kararlı bir çözelti oluşur. Hidroliz veya yoğunlaşma üzerine, jel artan viskoziteyle oluşur. Parçacık boyutu, öncü konsantrasyon, sıcaklık ve pH değerlerini değiştirerek izlenebilir. Katı kütlenin gelişimini güçlendirmek için olgun bir adım zorunludur, çözücünün uzaklaştırılması, Ostwald olgunlaşması ve faz değişiminin gerçekleşmesi birkaç gün sürebilir. Kararsız reaktifler nanopartiküller üretmek için ayrılır (Li vd., 2016).



Şekil 1.7 Sol-jel yöntemi (Patil vd., 2021)

1.3.2.2 Sonokimyasal sentez

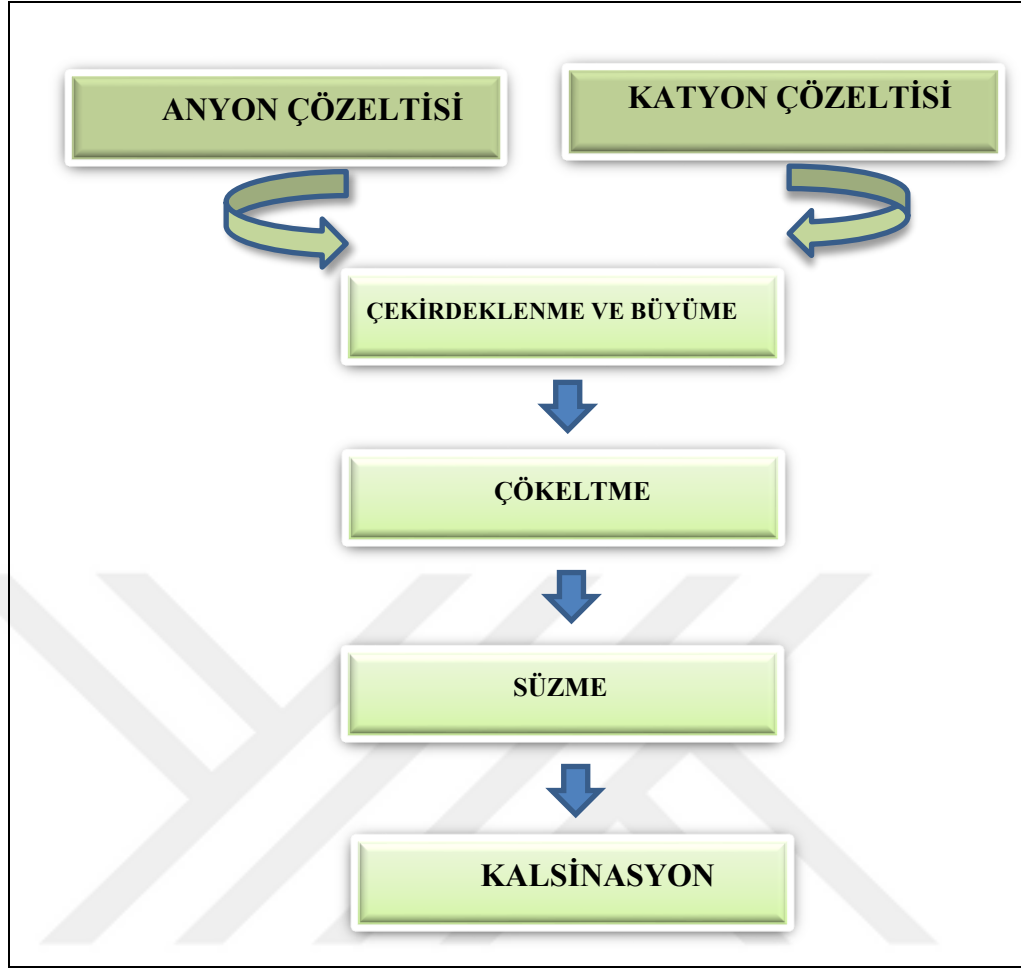
Pd-CuO nanohibritleri, paladyum ve su varlığında bakır tuzu ile sonokimyasal füzyon yoluyla etkili bir şekilde icat edilmiştir. Paladyum ve suyun varlığında, metal tuzları, ultrason enerjisi yardımıyla oksitlerine dönüştürülebilir. paladyum kaynağı ya saf metalik paladyum Pd(0) ya da paladyum tuzlarıdır (Sivasankaran vd., 2013; Ziylan Yavas vd., 2015).



Şekil 1.8 Sonokimyasal sentez yöntemi (Patil vd., 2021)

1.3.2.3 Birlikte çöktürme yöntemi

Çözücü yer değiştirme yöntemi olarak da adlandırılan ıslak bir kimyasal işlemdir. Polimer fazı sentetik veya doğal olabilir; polimer çözücüler etanol, aseton, heksan ve çözücü olmayan polimerdir. Nanopartiküller, polimer çözeltisinin en sonunda karıştırılmasıyla polimer çözücünün çözünmeyen bir polimer fazına hızlı difüzyonu ile üretilir. Nanopartiküller iki fazda arayüzey gerilimi ile üretilir (Das vd., 2016; Wang vd., 2017).



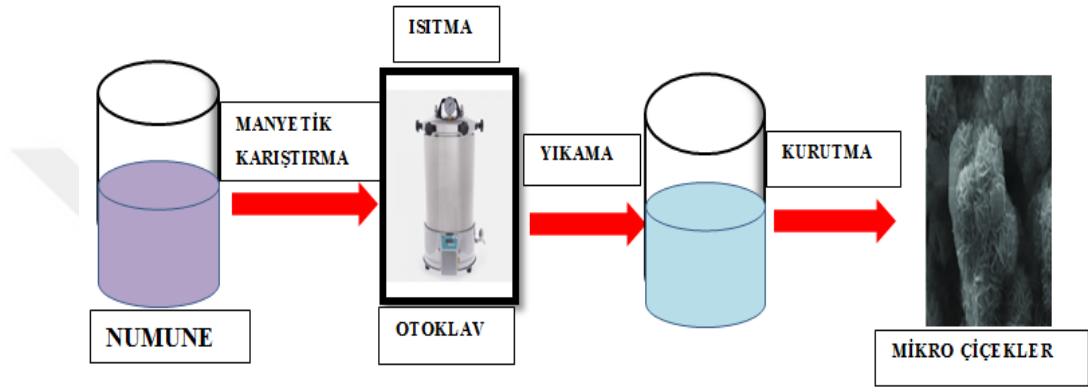
Şekil 1.9 Birlikte çökteltme yöntemi (Rao vd., 2018)

1.3.2.4 İnert gaz yoğunlaşma yöntemi

Bu işlem, metal nanopartiküllerin oluşturulması için geniş çapta uygulanmaktadır. Nanopartiküllerin inaktif bir gazda metalik kaynağın kaybolması yoluyla üretildiği inaktif gaz sıkıştırma tekniği, ince nanopartiküller elde etmek için yaygın olarak kullanılmıştır. Metaller ulaşılabilir bir sıcaklıkta makul bir oranda buharlaştırılır. Bakır metal nanoparçacıkları, metalin buharlaştığı argon veya helyum veya neon içeren bir oda içinde metalin maruz bırakılmasıyla sentezlenir. Atom kaynadığında, buharlaşan atomun soy gazla soğutulmasıyla enerjisini hemen kaybeder. 2-100 nm'lik seride nanopartiküller oluşturmak için sıvı nitrojen ile gazları soğutur (Perez Tijerina vd., 2008).

1.3.2.5 Hidrotermal sentez

Nanopartiküllerin hazırlanmasında en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Temel olarak kimyasal reaksiyona dayalı bir yaklaşımdır. Hidrotermal sentez, nanopartiküllerin sentezi için oda sıcaklığından çok yüksek sıcaklıklara kadar geniş bir sıcaklık aralığını içerir. Bu yöntemin fiziksel ve biyolojik yöntemlere göre çok çeşitli avantajları vardır. Hidrotermal sentez yoluyla üretilen nanomalzemeler daha yüksek sıcaklık aralıklarında kararsız olabilir (Banerjee vd., 2008).



Şekil 1.10 Hidrotermal sentez yöntemi (Patil vd., 2021)

1.3.3 Biyolojik yöntemler

Metalik nanopartiküllerin sentezi için güvenilir ve çevre dostu sürecin geliştirilmesi nanoteknolojinin uygulama alanında önemli bir adımdır. Kimyasal indirgeme, ısıtma işlemi, ışınlatma ve lazer ablasyonu ile metal bazlı nanopartiküllerin üretimi genellikle organik çözücülerin ve sodyum borohidrit ve N, N-dimetilformamid gibi toksik indirgeyici ajanların kullanılmasını gerektirir.

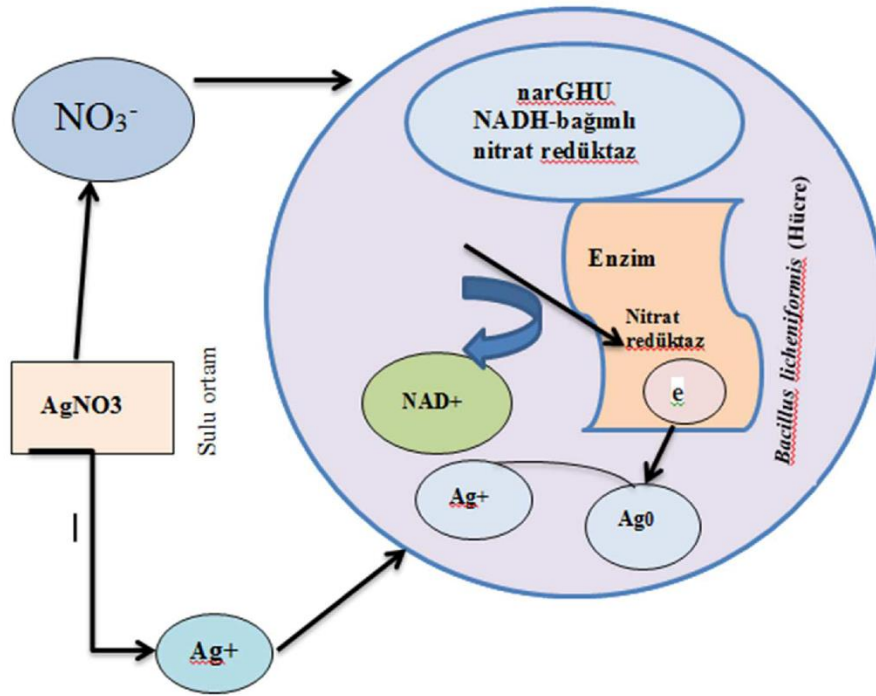
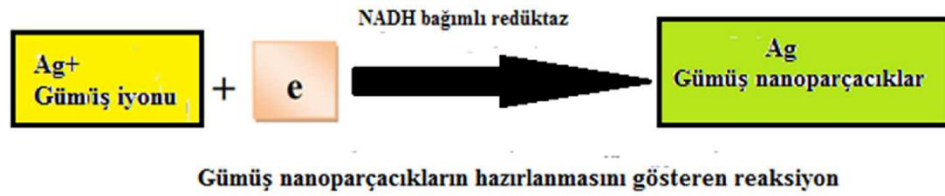
Bu nedenle, nanomalzemelerin sentezi için biyolojik ve biyomimetik yaklaşımlar araştırılmaktadır. *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus licheniformis*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus clavatus* ve *Penicillium brevicompactum* gibi mikroorganizmaların hücre kütlesi veya hücre dışı bileşenleri (Ahmad vd., 2003; Kalimuthu vd., 2008; Balaji vd., 2009; Shaligram vd., 2009; Verma vd., 2010) gümüş iyonlarının AgNP'lere indirgenmesinde kullanılmıştır (Singhal, 2011).

Bitki özleri kullanılarak nanoparçacıkların biyosentezi, nanoparçacıkların çevre dostu üretiminin en çok benimsenen yöntemidir ve ayrıca bitkilerin yaygın olarak dağıtılması, kolayca elde edilebilir olması, işlenmesi ve çeşitli metabolitlerin kaynağı olarak hareket etmesi gibi özel bir avantajı vardır. Gümüş nanopartikül sentezi için kullanılan bitki kaynakları, *Basella alba*, *Oryza sativa*, *Saccharum officinarum*, *Sorgum bicolor* ve *Zea mays*; *Capsicum annuum* L.; *Sardunya graveolens* ; *Karika papaya*; *Chenopodium albüm*; *Rosa rugosa*; *Jatropha curcas*; *Aloe vera*; *boswellia ovalifoliolata* gibi çeşitli bitkilerin yaprak özütleridir (Leela ve Vivekanandan, 2008; Mude vd., 2009; Dwivedi ve Gopal, 2010; Dubey vd., 2010; Barr vd., 2009; Chandran vd., 2006; Ankanna vd., 2010). Nanopartiküllerin sentezinde kullanılan bitkinin ilk raporu, altın ve gümüş nanopartikülleri sentezleyebilen *Medicago sativa*'ya (yonca) atfedilmiştir. Çalışmaların çoğu, mikroorganizmalar tarafından sentezlenen nanopartiküllerden daha kararlı olduğu bilinen bitkiler tarafından nanopartiküllerin üretimini doğrulamaktadır. Bitkiler tarafından nanoparçacıkların üretimi, aralarında optimize edilmiş parametrelerle işleme türü, nanoparçacıkların sentezi için hammadde ile birleştirilmiş bir ortamda bitki yetiştirme, kurutulmuş toz halinde bitki materyali kullanımı gibi nanoparçacıkların sentezi için çok önemli olan çeşitli faktörlere dayanır. Bitki materyalinin nanoparçacık sentezinin değerlendirilmesinde, bitki materyalinin kurutulması ve nanoparçacıkların sentezinde meyve ve çiçekler kullanılır (Mounika, 2017).

Mikroorganizma kullanılarak gümüş nanopartiküllerin hazırlanması ilkesi bir biyoredüksiyon işlemidir; mikroorganizmalar tarafından üretilen hücre dışı redüktaz enzimleri ile gümüş iyonları nanometre aralığında gümüş metale indirgenir. Gümüş nanopartiküllerin sentezi için yaygın olarak kabul edilen mekanizma, bir enzimin varlığı Nitrat redüktazdır ve nitratın nitrite dönüşümünden sorumlu azot döngüsünde bir enzimdir. Enzimin organizmadaki varlığının aracılık ettiği azalmanın gümüş nanopartiküllerin sentezinden sorumlu olduğu bulunmuştur (Mounika, 2017).

Nanopartiküllerin in vitro sentezinde spesifik bir enzim olan a-NADPH'ye bağlı nitrat redüktazın kullanılması önemlidir. Çünkü bu nanopartiküllerin homojen katalizde kullanımı için gerekli olan aşağı akış prosesini ortadan kaldıracaktır. Kataliz sırasında nitrat, nitrite dönüştürülür ve gelen gümüş iyonlarına bir elektron gönderilir. Bu, *B. licheniformis* organizmasında mükemmel bir şekilde tanımlanmıştır. *B.*

licheniformis'in, Ag^{+} 'nın Ag^0 'a biyolojik olarak indirgenmesinden (Şekil 1.11) ve ardından gümüş nanoparçacıkların oluşumundan sorumlu olabilecek, kofaktör NADH ve NADH'ye bağlı enzimleri, özellikle nitrat redüktazı salgıladığı bilinmektedir. Şekil -3, bakterilerde bulunan nitrat redüktazın gümüş nanopartiküllerin sentezine yardımcı olabileceğini göstermektedir Gümüş nanopartiküllerin sentezi organizmanın bir yeteneği olarak düşünülse de, öncelikle organizmalar tarafından gelen çok reaktif gümüş iyonlarına karşı bir savunma mekanizması olarak kabul edilir Gümüş iyonları çok reaktiftir ve hücre ölümüne neden olan hücrelerin çeşitli hayati bileşenleriyle bağlandıkları bilinmektedir (Mounika , 2017).



Şekil 1.11 Gümüş iyonlarının nitrat redüktaz enzimi tarafından gümüş atomuna nasıl indirgendiğinin varsayımsal bir diyagramı (Kalimuthu vd., 2008)

Bu savunma mekanizması, farkın sadece ilgili enzimde meydana geldiği çeşitli metaller için geçerlidir. Ayrıca, gümüş nanoparçacık sentezinin durumu alkali olduğunda, sentez asidik koşullardan daha hızlı olacaktır. Nanopartiküllerin sentezi, pH alkali bölgeye doğru arttıkça artar ve pH 10'da maksimuma ulaşır, bundan sonra nanopartikül sentezinin hızı azalır. Alkali koşullarda, gümüş nanopartiküllerin oluşumu için karışımın karıştırılmasına gerek yoktur ve tedarik edilen tüm gümüş iyonları 30 dakika içinde bile gümüş nanopartiküllere dönüştürülecektir (Mounika, 2017).

Nanopartiküllerin boyut kontrolü biyolojik yöntemlerle de sağlanabilir, çeşitli boyut ve şekillerde gümüş nanopartiküller sentezlenebilir. Oda sıcaklığında, 50 nm'lik gümüş nanopartiküller sentezlenirken, 60 °C'de 15 nm'lik nanopartiküller sentezlenir. Benzer şekilde asidik pH'da nanopartiküllerin büyüklüğü 45 nm arasında değişirken, pH 10'da boyut sadece 15 nm'dir. 2-20 nm gümüş nanopartiküllerin büyüklüğü bile *Verticillium* sp gibi organizmalar tarafından sentezlenebilir (Mounika, 2017).

Gümüş nanopartiküllerin hazırlanması için biyo-indirgemedede yer alan redüktazın NADH'ye bağımlı bir redüktaz olduğu sonucuna varılmıştır. Redüktaz enzimi NADH'den elektron kazanır ve onu NAD^+ 'ya okside etmektedir. Enzim daha sonra nano formda gümüş metali oluşturan gümüş iyonlarının aynı anda indirgenmesiyle oksitlenmektedir. Bazı durumlarda, nitrat bağımlı bir redüktaz, biyoredüksiyon işleminden sorumludur, oysa nanopartiküllerin hızlı hücre dışı sentezi durumunda, indirgeme birkaç dakika içinde gerçekleşir, bu nedenle, karmaşık bir elektron mekiği malzemeleri biyosentez işlemine dahil olabilmektedir (Glomm, 2005).

1.3.3.1 Biyosentezde kullanılan biyomateryaller

➤ **Bakteriler**

Birçok mikroorganizma gümüş, altın, magnezyum, kadmiyum sülfür ve silikon oksit nanopartikülleri gibi inorganik nanopartikülleri sentezleyebilir. Ortamdaki gümüş iyonları için bakteri hücresinin neden olduğu direnç, nanopartiküllerin sentezinden sorumludur (Saklani vd., 2012). *Bacillus subtilis* 168'in, ortam sıcaklığı ve basınç koşulları altında hücreleri altın klorürle (Beveridge ve Murray, 1980) inkübe ederek bakteri hücreleri içinde 5-25 nm oktahedral altın parçacıkları üretmek için $\text{Au}^3 +$

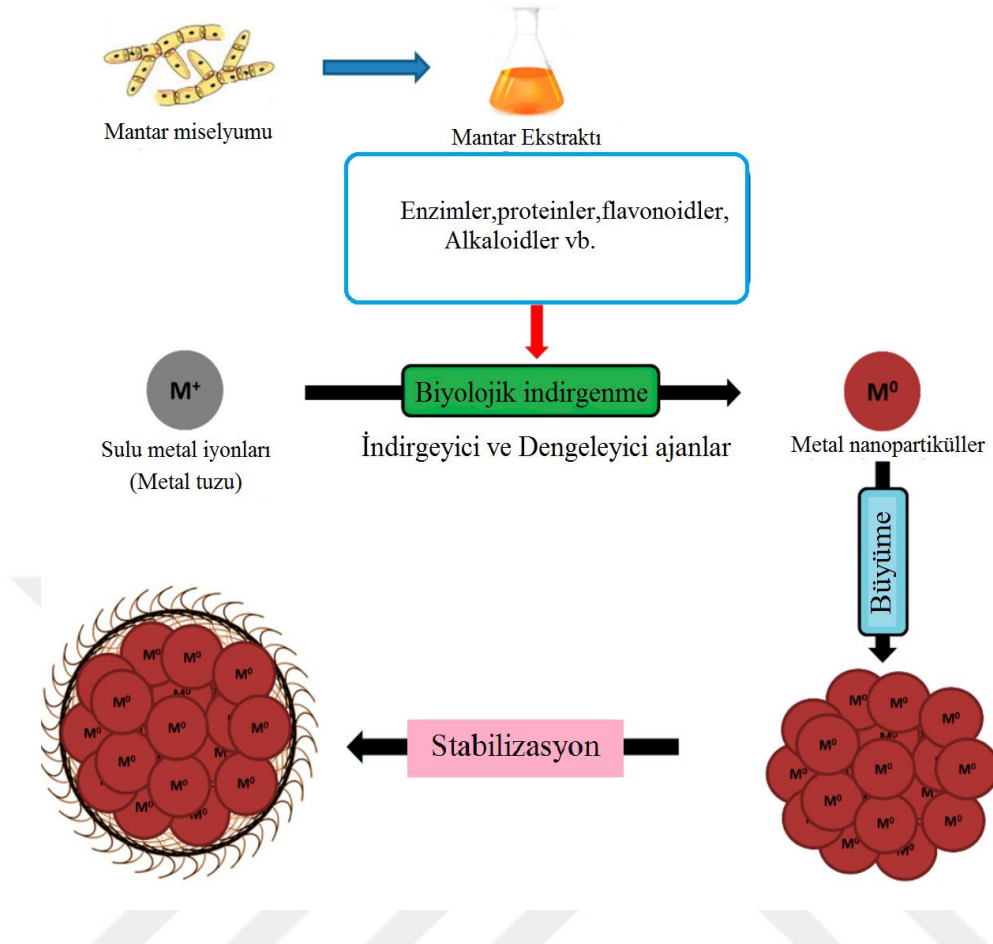
iyonlarını azaltma yeteneğine sahip olduğu daha önce bildirilmiştir. *Pseudomonas stutzeri* AG259 gümüş dirençli bakteri suşu, partikül büyüklüğünün 35 ila 46 nm arasında değiştiği hücrede bir miktar gümüş sülfür ile birlikte gümüş nanopartikülleri biriktirebilir (Slawson vd., 1992). Ayranda bulunan yaygın bir bakteri suşu olan *Lactobacillus*, standart koşullar altında iyi tanımlanmış morfolojinin hem Au hem de Ag NP'leri sentezler. Nair vd., 2002; Shahverdi vd., 2007, *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli* ve *Enterobacter cloacae*'nin kültürel süpernatantlarını kullanarak Ag'nin metalik nanoparçacıklarının sentezini bildirmiştir. Metal iyonlarının çoğu bakteriler üzerinde toksik etkiye sahiptir, bu nedenle iyonların indirgenmesi veya suda çözünmeyen komplekslerin oluşması, bakterilerin bu tür toksisiteyi yenmek için geliştirdiği bir savunma mekanizmasıdır (Sastry vd., 2003). Genel olarak organizmaların enzimlerinin biyoredüksiyon sürecinde kilit rol oynadığına inanılmaktadır, ancak bazı çalışmalar çelişkili sonuçlar göstermiştir (Fu vd., 2000), kurutulmuş *Bacillus megaterium* D01, *Lactobacillus* sp. A09, biyolojik indirgeme işlemlerinin muhtemelen enzimatik olmadığı durumlarda gümüş iyonlarını azaltabilir. Gümüş iyonlarının mikroorganizmaların hücre duvarındaki gruplarla etkileşimi sonucu gümüş iyonları indirgenmiştir. Gümüş nanoparçacıkların biyosentezi için en yaygın kabul gören mekanizma, nitratı nitrite dönüştüren nitrat redüktaz enziminin varlığıdır. Bakteri kullanılarak gümüşün in vitro sentezi sırasında, alfa-nikotinamid adenin dinükleotit fosfat indirgenmiş form (NADPH)-bağımlı nitrat redüktazın varlığı, sonraki işlem adımını ortadan kaldıracaktır, böylece indirgeme sırasında nitrat nitrite dönüştürülür ve elektron aktarılır. Gümüş iyonu, gümüş iyonunun gümüşü azaltmasına neden olur. Bu, Ag^+ 'yı Ag^0 'a etkili bir şekilde dönüştüren nitrat redüktaz gibi NADPH ve NADPH'ye bağımlı enzimleri salgıladığı bilinen *Bacillus licheniformis*'te gözlenmiştir (Pradhan, 2013).

➤ **Mantarlar**

Mantarlar, bakterilere kıyasla daha büyük miktarlarda nanopartiküller üretebilir, çünkü doğrudan nanopartiküllerin daha yüksek verimliliğine dönüşen daha büyük miktarda protein salgılayabilirler (Mohanpuria vd., 2008). Mantarlar, bakterilerle ilgili olarak en iyi nano fabrikalar olarak tanımlanabilir, çünkü hücre içi bölgedeki metal iyonlarıyla yüksek bağlanma kapasitesine sahiptirler, katı substrat fermantasyonunda kültürlenmesi kolaydır, kültür sırasında inorganik substratın yüzeyinde büyüebilirler.

katalizör olarak metallerin verimli dağılımına yol açar. Nanopartiküllerin mantarlardan hücre dışı olarak üretilmesinin avantajı, saf halde olan ve hücrel protein içermeyen büyük miktarda enzimin basit aşağı akış işlemi için uygulanmasının kolay olabilmesidir (Pradhan, 2013). Ahmad vd., 2003, parçacıkların mantar yoluyla atılan proteinler tarafından stabilize edildiği *Fusarium oxysporum* kullanılarak son derece kararlı Ag hidrosol üretiminin sentezini bildirmiştir. Bhainsa vd., 2006, *Aspergillus fumigatus* kullanılarak 5-25 nm aralığında Ag partiküllerinin hücre dışı biyosentezini bildirmiştir. Vigneshwaran vd., 2006, Ag nanopartiküllerinin biyomimetliğini, yaygın olarak Beyaz çürük mantarı olarak bilinen *Phanerochaete chrysosporium* kullanarak bildirdi. Basavaraja vd., 2008., *Fusarium semitectum* kullanılarak 10-60 nm aralığında küresel ve stabil Ag nanopartikülleri üretti. Varshney vd., 2009, yeni bir mantar türü olan *Hormoconis resinae* kullanılarak 20-80 nm aralığında Ag nanopartiküllerinin sentezini bildirdi.

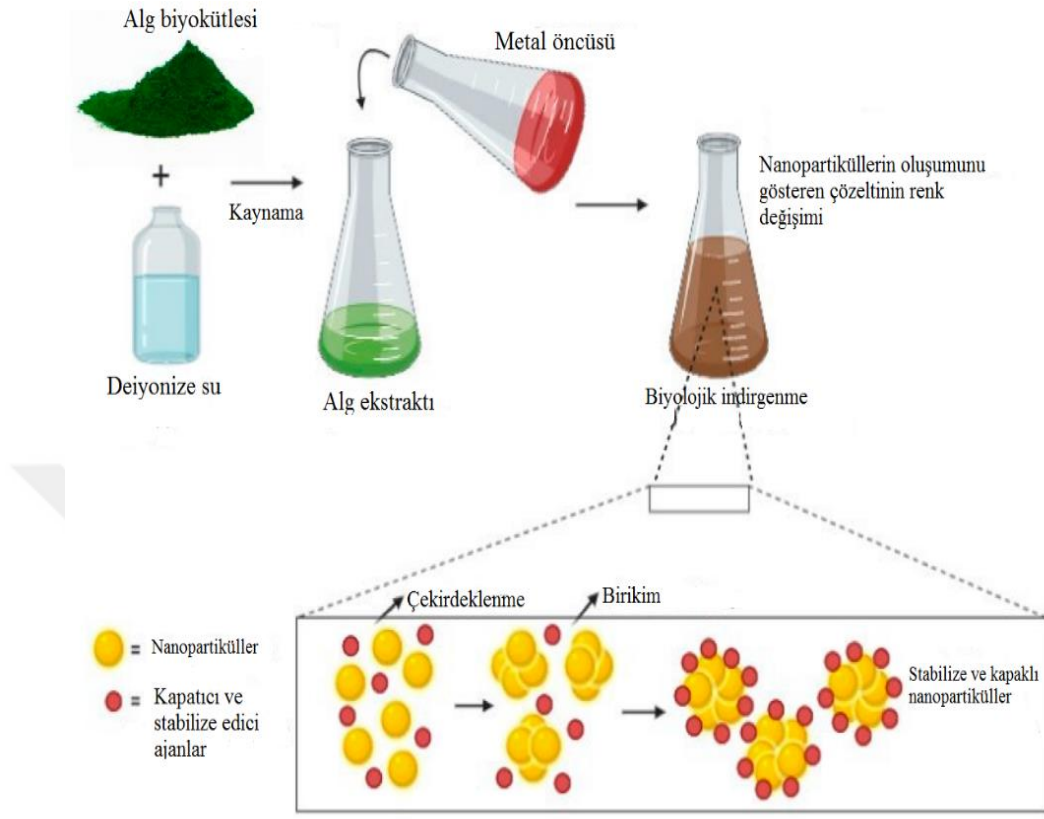
Gümüş nanopartikülün mantarlar tarafından sentezi için olası mekanizmanın aşağıdaki adımları izlediği söylenir; Ag^+ iyonlarının mantar hücrelerinin yüzeyinde yakalanması ve ardından gümüş iyonlarının mantar sisteminde bulunan enzimler tarafından azaltılmasıdır (Mukherjee vd., 2001).



Şekil 1.12 Mantar kullanılarak metal nanoparçacıkların sentezi, büyümesi ve stabilizasyonunda yer alan genel mekanizma (Rai. vd.2021)

➤ Algler

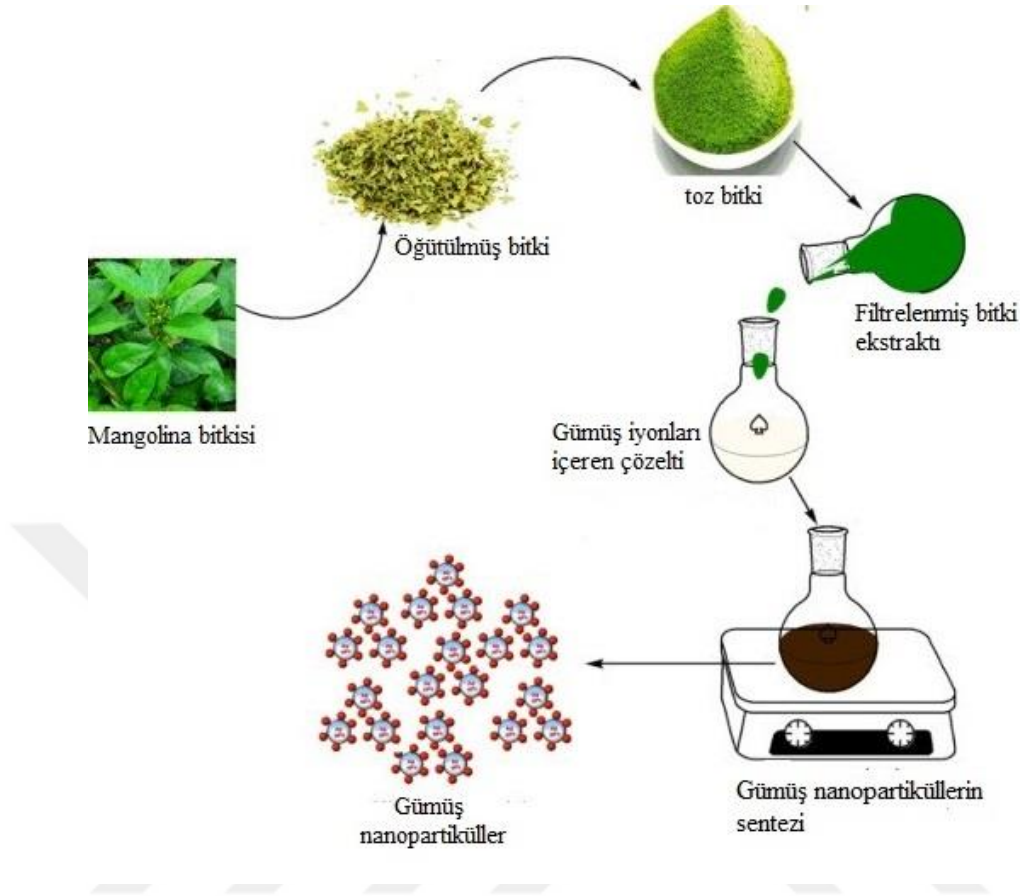
Algler, nanoteknolojideki uygulamaları için araştırılan çeşitli bir gruptur. Hosea vd., 1986, alg olan *Chlorella vulgaris* üzerinde altın nanopartiküllerinin sentezini bildirmişlerdir. Lengke vd., 2006, mavi-yeşil alg *Plectonema boryanum* kullanılarak kontrol edilen şekle sahip altın nanopartiküllerinin sulu $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2$ ve AuCl_4 çözeltileri ile muamele edilerek sentezlendiğini bildirmişlerdir. Singaravelu vd., 2007, deniz yosunu *Sargassum wightii*'de hücre dışı biyosentez yoluyla altın nanopartiküllerinin hızlı oluşumunu bildirmiştir. Scarano ve Morelli 2003, fitoplanktonik alg *Phaeodactylum tricornutum* kullanılarak fitokelatin kaplı CdS nano kristallerinin üretildiğini bildirdi. Konishi vd., 2007, sulu PtCl_6 'den 5 nm'lik platin nanopartiküllerinin, *Shewanella* algleri kullanılarak oda sıcaklığında nötr pH'da sentezlendiğini bildirdi.



Şekil 1.13 Alg ile nanopartikül sentez yöntemi (Uzair vd., 2020)

➤ **Bitkiler**

Nanoparçacıkların biyosentezi için bakteri, alg, mantar ve maya gibi çeşitli mikroorganizmalar kullanılmaktadır, ancak son zamanlarda yeni bir eğilim, yani kendiliğinden, ekonomik, çevre dostu protokolü nedeniyle nanoparçacıkların üretimi için bitkilerin kullanılması, büyük ölçekli üretim için uygun ve biyosentez işlemi için tek adımlı bir tekniktir (Huang vd., 2007). Bitkilerin aracılık ettiği nanopartiküllerin sentezi için düşünülen ana mekanizma, fitokimyasalların varlığından kaynaklanmaktadır. İyonların kendiliğinden indirgenmesinden sorumlu başlıca fitokimyasallar flavonoidler, terpenoidler, karboksilik asitler, kinonlar, aldehitler, ketonlar ve amidlerdir (Prabhu vd., 2012). *Cinnamomum camphora* yaprağı gibi nanopartiküllerin sentezindeki rolleri nedeniyle bir dizi bitki araştırılmaktadır (Huang vd., 2007)



Şekil 1.14 Bitkilerle nanopartikül sentezi (Nthunya vd., 2022)

Pistacia khinjuk stocks (Bıttım) bitkisini:

Pistacia khinjuk stocks (bıttım) bitkisi 2 - 5 m ye kadar büyüeyebilen çalı ve ağaç formu bulunan yaprak döken, dioik ve kserofit bir bitkidir (Yaltırık, 1967). Odunsu bir bitki olduğu için yapısında dikey reçine kanalları vardır.

Yapraklar imparipennat, 11-17.7 cm uzunluğunda 8–15.5 cm genişliğinde ve zarsıdır; yaprak sapı köşeli ya da yuvarlaktır. Yaprak eksenı kanatsız, yaprakçık sayısı 1–9 arasındadır. Yaprakçılar 4.5–8.5 cm uzunluğunda 1.5–4 cm genişliğinde, ortalama değeri 2.3–1, diziliş karşılıklı, altkarşılıklı, yaprakçık şekli ovattan geniş ovata kadar, yaprakçık tepesi akuminat, yaprakçık tüysüzdür; uçta bulunan yaprakçık 2.9–8.5 cm uzunluğunda, 1.2 – 4 cm genişliğinde ve çoğunlukla yanda bulunan yaprakçıktan daha büyüktür (Yaltırık , 1967).

Stamenli çiçekler bileşik salkımlı 9 cm uzunluğa kadar olabilen zayıf dallanmış, brakteler büyük ve beyaz tüylü; çiçekler koyu kırmızıdır. Pistilli çiçekler bileşik salkımlı 16 cm uzunluğa kadar olabilen, tabandan dallanmış, toplu, tüysüz olabilecek kadar çok az tüylüdür (Yaltırık, 1967).

400 – 2400 m rakım aralığında kayalık, kireçli, eğimli, kumlu ve verimli topraklarda yetişir (Al- Saghir vd., 2006)) Suudi Arabistan, Türkiye, Mısır'ın güneyinde, Afganistan, Tacikistan, Pakistan ve Nepal'in doğusunda yayılış gösterir (Al-Saghir vd., 2006).



Şekil 1.15 *P. khinjuk* Stocks (Bittım) bitkisinin coğrafik dağılışı (Rhodes ve Maxted, 2016)

1.3.3.2 Biyosentezde sekonder metabolitlerin rolü

Birkaç sekonder metabolit ve enzim, karşılık gelen iyonik bileşiklerden metalik nanopartiküllerin oluşumunu nispeten teşvik edilmiştir. İndirgeme reaksiyonu esas olarak şekerler (polisakkaritler), proteinler, organik bileşikler, pigmentler ve bitki reçineleri vb. gibi bitki biyomoleküllerini (sekonder metabolitler) içermiştir. Yeşil sentez yönteminde doğal bitki ürünleri, nanoparçacıkları indirgeme reaksiyonunda yer alır. Bitkiler özellikle polifenoller, saponinler, antioksidan enzimler, terpenoidler ve alkaloidler gibi çeşitli kimyasal bileşikler üretmek için savunma mekanizmalarına katılmaktadırlar (Kuppusamy vd., 2016). Bu sekonder metabolitler, çeşitli akut hastalıkların kontrolünde anahtar kaynaklar olarak bilinir (Dubey vd., 2010). Önerilen indirgeme reaksiyonu, ikincil metabolitlerin metalik nanopartiküllerin biyosentezi için

ana faktörler olduğunu kanıtladı. Bitki özleri C = C (Alkenil), C = N (amid), O = H (fenolik ve alkol), NH (amin), C-H ve COOH- (karboksilik grup) gibi çok sayıda fonksiyonel grup içerir. Esas olarak bitki sekonder metabolitleri mikro ve makrobiyomoleküller olabilir (Jha vd., 2009). Bu kimyasal maddeler nanopartikül üretimine tamamen katılmaktadır. Örnekler için *R. hymenosepalus* bitki özü, oda sıcaklığında nanopartiküllerin sentezini hızlı reaksiyon kinetiği ile teşvik eder. Bu nedenle, *R. hymenosepalus*'un çözücü ekstresi, gümüş nanopartikül üretimi için indirgeyici ve stabilize edici ajanlar olarak işlev gören kateşinler ve stilbenler gibi moleküller polifenoller bakımından zengindir (Awwad vd., 2013). Bitkiler, fenolikler (Moulton vd., 2010), proteinler (Sanghi vd., 2009), polisakkaritler (Huang vd., 2004; Wei vd., 2008), flavanoidler ve tanenler (Nam vd., 2008) gibi ikincil metabolitleri türetmiştir. Çevre dostu bir yöntemle nanopartiküller sentezlendi.

1.4. Gümüş Nanopartiküller

Gümüş nanopartiküller, iyi iletkenlik, kimyasal olarak kararlı, katalitik aktivite, yüzey geliştirilmiş Raman saçılması ve antimikrobiyal aktivite gibi farklı özelliklerinden dolayı nanoteknoloji alanında ilgi çekmiştir (Li vd., 2006; Chen vd., 2005; Setua vd., 2007). Gümüş, metanolün formaldehit ve etilen okside oksidasyonu için katalizör olarak yaygın şekilde kullanılır. Kolloidal yapısı nedeniyle, kısmen elektriksel iletken yüzey gerektirdiği için yüzey arttırılmış spektroskopi için substrat olarak kullanılır (Pradhan, 2013).

Çağımızda gümüş, antimikrobiyal ajan olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda, yanlış antibiyotik kullanımından kaynaklanan artan antibiyotik direnci tehdidi için gümüş nanoparçacık sentezine odaklanılıyor (Panáček vd., 2006; Sandbhy vd., 2006). Gümüş nanoparçacıkların antimikrobiyal aktivitesine dair birkaç hipotez bulunmuştur. Gümüş nanopartiküller, tiyol gruplarını inaktive eden iyonik gümüşü serbest bırakarak bakteriyel enzimi inaktive etme kapasitesine sahiptir. Bu gümüş iyonları bakteriyel DNA replikasyonunu inhibe eder, hücre sitoplazmasına zarar verir, adenosin trifosfat (ATP) seviyelerini tüketir ve son olarak hücrenin ölümüne neden olur (Feng vd., 2000). Nanopartikülün farklı özelliği, yüzey-hacim oranı olarak, gümüş nanopartiküller, gümüş iyonunun çözünmesini ve bakteriyel öldürücü etkinliğin iyileştirilmesini teşvik eden bakteri hücresi ile yüzey temasını artırır (Stobie vd.,

2008). Kimyasal indirgeme en çok gümüş nanopartikülün sentezi için kullanılır. Kimyasal indirgeme işlemi için borohidrit, sitrat, askorbat ve elementel hidrojen gibi bazı indirgeyiciler kullanılır (Guzmán vd., 2009). Sulu çözeltideki gümüş iyonunun indirgenmesiyle nano boyutlu bir kolloidal gümüş partikülü oluşmuştur. Kimyasal reaksiyon sırasında Ag^+ ile çeşitli kompleksler iyonlar, gümüş partikül (Ag^0) oluşumuna yol açar, ardından kolloidal gümüş nanopartiküllerin oluşumuna yol açan oligomerik kümeler halinde aglomerasyon izler. Eğer çözeltinin dalga boyu 380-400 nm ise daha küçük nanoparçacık oluşmaktadır. Nanoparçacık sentezinin ilk gözlemi ise sulu çözeltinin renk değişimidir. Nanoparçacık sentezinden sonraki bu bant oluşumu, çözeltideki elektronun kolektif salınımına veya uyarılmasına (yani yüzey plazmon rezonansı) bağlıdır (Ezhilarasan vd., 2011). Borohidrit, daha küçük monodispers partikül sentezleyen ancak daha büyük boyutu kontrol etmesi zor olan daha güçlü bir indirgeyicidir. Kimyasal indirgeme işleminde, en çok kolloidal partikülün aglomerasyonunu önleyen bir stabilizatör kullanılmaktadır. Kimyasal sodyum nitrat kullanılarak gümüş nanoparçacıkları sentezi için biyolojik kaynaklar (bakteri, mantar, alg, maya) gibi bitkiler kullanılmaktadır (Geethalakshmi vd., 2010). Gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi esas olarak üç aşama olarak kabul edilir; çözücü ortamın seçimi, biyolojik kaynağa bağlı indirgeyici ajanın seçimi, toksik olmayan stabilize edici ajanların seçilmesidir.

Acalypha indica yaprakları kullanılarak kimyasal indirgeme yöntemiyle 20-30 nm gümüş nanopartikül sentezlemiştir (Krishnaraj vd., 2010).

1.4.1 Gümüş nanopartiküllerin kullanım alanları



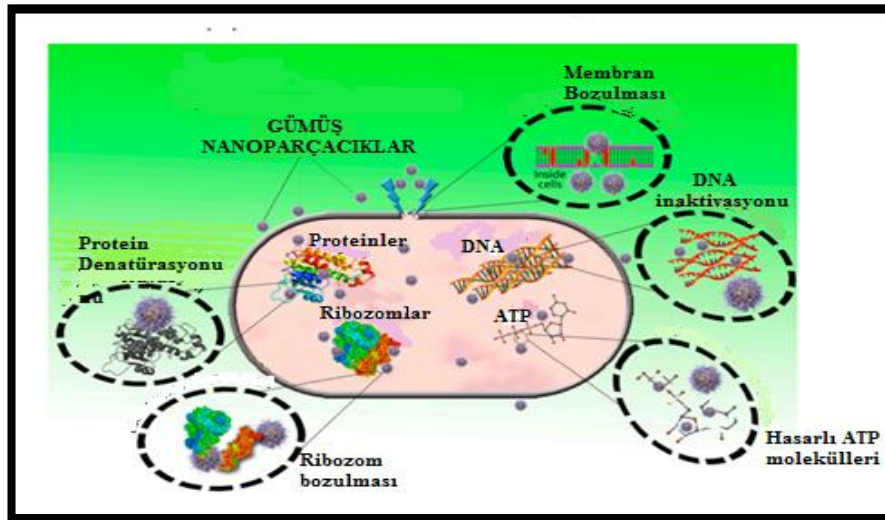
Şekil 1.16 Gümüş nanopartiküllerin kullanım alanları

1.1.1 Gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel özelliği

Nanopartiküllerle ilgili en önemli şey onların etki mekanizmalarıdır ve bu mekanizma çoğunlukla ortamın boyutuna, pH'ına ve iyonik gücüne ve ayrıca kapaklama maddesinin çeşidine bağlıdır. Ancak AgNP'lerin tam antibakteriyel mekanizması hala tam olarak bilinmemektedir ve tam olarak açıklanamamıştır. Önceki çalışmalara göre AgNP'lerin sıklıkla gümüş iyonlarını (Ag^+) serbest bırakabileceği düşünülebilir ki bu AgNP'lerin bakterisidal aktivitesinin arkasındaki mekanizmalardan biri olarak kabul edilebilir (Ahmad vd., 2020; Bapat vd., 2018). Ag^+ iyonunun nükleik asitlerle kompleksler oluşturduğu ve antibakteriyel aktiviteler göstermek için nükleik asitlerin nükleositleri ile etkileşime girdiği gösterilmiştir. Nanopartiküller, hasarlı zardan şekerlerin, proteinlerin ve nükleer maddelerin salınmasından da anlaşılacağı gibi zar geçirgenliğini değiştirmiştir (Chouhan vd., 2020). Elektrostatik çekimlerin yanı sıra kükürt proteinlerine olan yakınlık, Ag^+ iyonunun sitoplazmaya ve hücre zarına

yapışmasını arttırdı ve bakteri hücre zarının geçirgenliğini artırarak bakteri kılıflarının bozulmasına yol açtı (Khorrami vd., 2018).

Adenozin trifosfat (ATP) salınımını durdurabilen hücreler tarafından serbest Ag^+ iyonlarının üretilmesi nedeniyle reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi artar (Das vd., 2020). Bu reaktif oksijen türlerinin (ROS), DNA replikasyonu ve hücre çoğalması dahil olmak üzere DNA ile ilgili farklı sorunlara neden olabilecek deoksiribonükleik asitteki hücre zarını ve değişikliği bozmada önemli bir rol oynayabilir. Öte yandan, serbest Ag^+ iyonları, sitoplazmik ribozomal bileşenleri denatüre ederek protein sentezine etkili bir şekilde müdahale edebilir (Pareek vd., 2018). Ag^+ iyonlarının salınım yüzdesi, bakterilerin büyümesini engelleyebilir, çünkü AgNP'lerin nano ölçekli boyutu, hücre zarlarının denatürasyonunun yanı sıra bakteri hücre duvarına nüfuz etme yeteneğine sahiptir (Liao vd., 2019). Hücre zarının denatürasyonu nedeniyle bakteri hücre zarının hücre içi ve hücre dışı bileşenleri parçalanabilir ve bu da hücre lizisine neden olabilir (Ahmed vd., 2017). AgNP'lerin antibakteriyel mekanizmaları esas olarak reaksiyon ortamındaki çözünme profillerinden etkilenir ve çözünme etkinliği aynı zamanda sentez ve işleme parametrelerine de bağlıdır (Noronha vd., 2011). AgNP'lerin antibakteriyel mekanizması tam olarak açıklığa kavuşturulmamış olsa da, Şekil 1.17'de AgNP'lerin farklı antibakteriyel etkileri önerilmiştir.



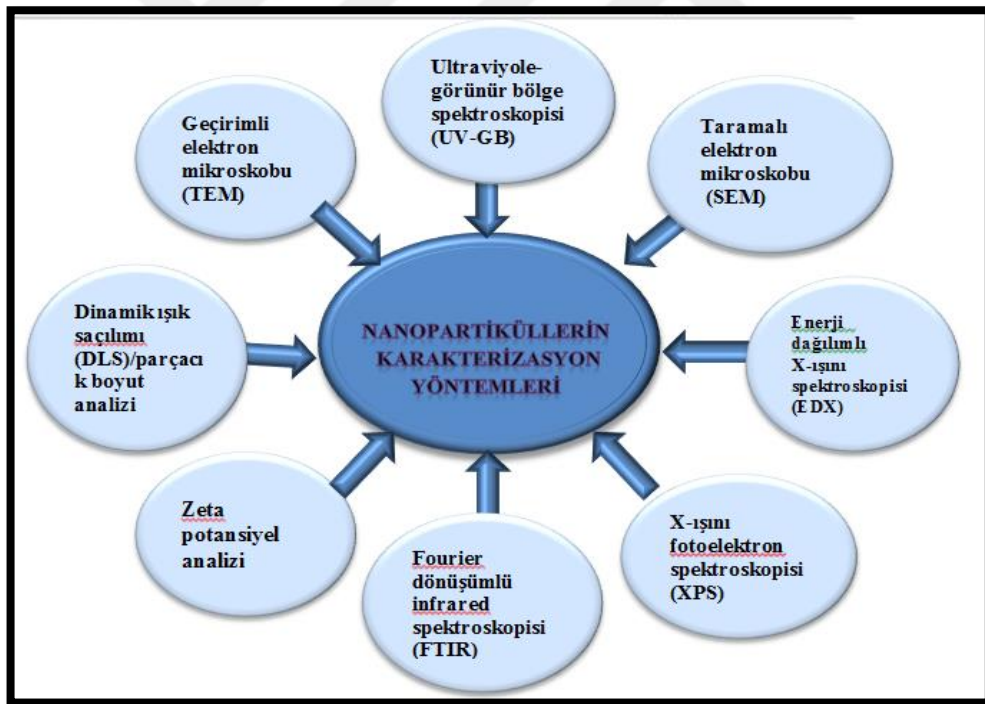
Şekil 1.17 AgNP'lerin olası antibakteriyel mekanizmaları. Hücre duvarı ve hücre zarının bozulması, reaktif oksijen türlerinin üretimi nedeniyle ATP moleküllerinin zarar görmesi, DNA inaktivasyonu, protein denatürasyonu ve ribozom bozulması

Araştırmacılar, biyosentezlenen AgNP'lerin bakteri hücre morfolojisini etkileyebileceğini ve *E. coli* ve *S. aureus*'un hücre duvarına zarar vererek hücre zarına nüfuz edebileceğini, bunun da hücre üremesini azaltabileceğini ve sonuçta hücre ölümüne yol açabileceğini öne sürdüler. FE-SEM görüntüleri, AgNP'lerin patojenik bakterilere karşı güçlü antibakteriyel mekanizmasını kanıtladı ve AgNP'lerin bir antimikrobiyal ajan olarak uygulanmasını teşvik etti (Akter vd., 2020). Başka bir çalışma, sentezlenen AgNP'lerin *S. aureus* ve *P. aeruginosa* gibi bakteri hücrelerinin yapısal işlevini değiştirdiğini göstermiştir. Önerilen AgNP'lerin bu mekanik aktiviteleri, onu *S. aureus* ve *P. aeruginosa* enfeksiyonlarına karşı çeşitli terapötik uygulamalar için etkili bir antimikrobiyal ajan olarak tanımak için umut verici bir umut yaratmaktadır (Huq vd., 2020). AgNP'lerin test edilen patojenlerin hücre membranına zarar vermenin yanı sıra hücre morfolojisini değiştirmede etkinlik gösterdiği belirtildi. AgNP'lerin ana mekanizması, bu nanopartiküllerin bakteri hücre zarı yüzeyine güçlü bir şekilde bağlanması ve DNA hasarının artması nedeniyle düzgün işlevini bozmasıdır (Du vd., 2017). AgNP'ler ayrıca hücre zarına nüfuz etme kabiliyetine sahiptir ve nüfuz ettiğinde hücre zarını potansiyel olarak kükürt aracılı proteinler ve deoksiribonükleik asit gibi fosfor aracılı komplekslerle reaksiyona girerek hücresel bileşenleri bozar (El vd., 2011). Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve TEM çalışmaları, AgNP'lerin *E. coli* ile yapışma ve etkileşime girme ve bakteri hücrelerine nüfuz etme kabiliyeti gösterdiğini göstermiştir. Bu yapışma ve etkileşim yeteneği, nanopartiküllerin toplam yüzey alanı ile ilişkilendirilen AgNP'lerin antibakteriyel aktivitesini artırır (Raffi vd., 2008). AgNP'lerin çevre dostu sentezi, ilaca dirençli patojenleri yok etmek için hem farmasötik hem de farmasötik olmayan sektörlerde çeşitli uygulamalarda çeşitli faydalı olabilir (Akter vd., 2020).

AgNP'ler, metabolik aktiviteyi azaltan ve normal hücre fonksiyonunu azaltan *V. parahaemolyticus* ve *S. typhimurium* membran bütünlüğünü değiştirerek bakteri hücrelerinin ölümüne neden olmuştur (Huq vd., 2020). Alan emisyon taramalı elektron mikroskobu analizi, AgNP'lerin hücre duvarına zarar vermekten ve tedavi edilen Gram-pozitif ve Gram-negatif patojenik bakterilerin hücre morfolojisini değiştirerek hücrelerin ölümüne yol açmaktan sorumlu olduğunu göstermiştir (Huq vd., 2021). Literatür, AgNP'lerin, protein sentezinin inhibisyonunu ve hücre duvarı sentezini

tetiklediğini, bunun da hücre ölümüyle sonuçlanan, dış hücre zarının protein bozulması ve artan ATP sızıntısı hakkında güçlü kanıtlar sağladığını göstermiştir (Park vd., 2011). Bunların dışında, AgNP'lerin boyutu ve şekli, bakteriyel hastalıklara karşı potansiyel aktiviteyi etkileyen daha geniş yüzey alanları sayesinde Ag^+ iyonlarının salınımını artırır. AgNP'lerin çözünme hızı ayrıca antimikrobiyal seviyesine müdahale eder. Çözünme hızı yüksekse, potansiyel aktivite artırılabilir (Jacob vd., 2019). Genellikle 10 nm'den küçük AgNP'lerin doğrudan hücre zarlarına nüfuz etmesi, bakteri hücrelerine girmesi ve hücre lizisini başlatması önerilmektedir (Saravanan vd., 2018). Bu nedenle, bulgu, patojenik bakterilerden korumak ve bakteriyel bulaşıcı hastalıkları tedavi etmek için alternatif bir antibakteriyel ajan olarak kullanmak için AgNP'ler hakkında anlamlı bir açıklama sağlayabilir (Huq vd., 2022).

1.2 Nanopartiküllerin Karakterizasyon Yöntemleri



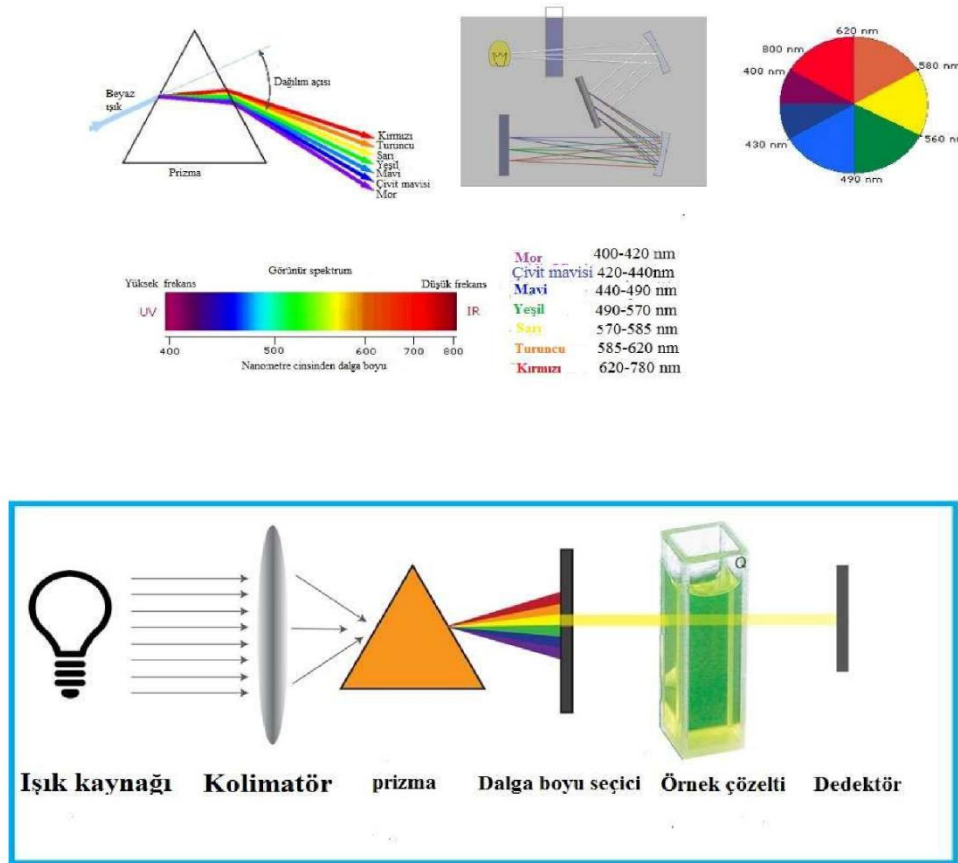
Şekil 1.18 Nanopartiküllerin karakterizasyon yöntemleri

1.5.1 Ultraviyole- görünür bölge spektroskopisi (UV-GB)

Bu yöntem, sırasıyla ultraviyole ve görünür bölge dalga boyları için bir döteryum veya tungsten lambadan, numune ve referans ışınlarından, bir dedektörden ve bir

monokromatörden oluşur (Şekil 1.19). Numuneyi UV ışığına maruz bırakmak UV spektrumunu verecektir. Numuneleri bırakmak için küvetler kullanılır ve numuneleri ışık yolunda etkileşime girmek için cihazın içinde tutulur. Küvet olarak cam, plastik, silika veya kuvars hücreler kullanılabilir. Plastik ve cam küvetler 310 nm'nin altındaki dalga boylarını emer, bu nedenle bu dalga boyunun altındaki absorbans çalışmaları için kullanılamazlar. Bu nedenle, 180 nm üzerindeki dalga boylarına karşı şeffaf oldukları için ultraviyole aralığında absorpsiyon ölçümleri için kuvars küvetler kullanılır (Titus, 2019).

Ultraviyole- görünür bölge spektroskopisi (UV-GB)



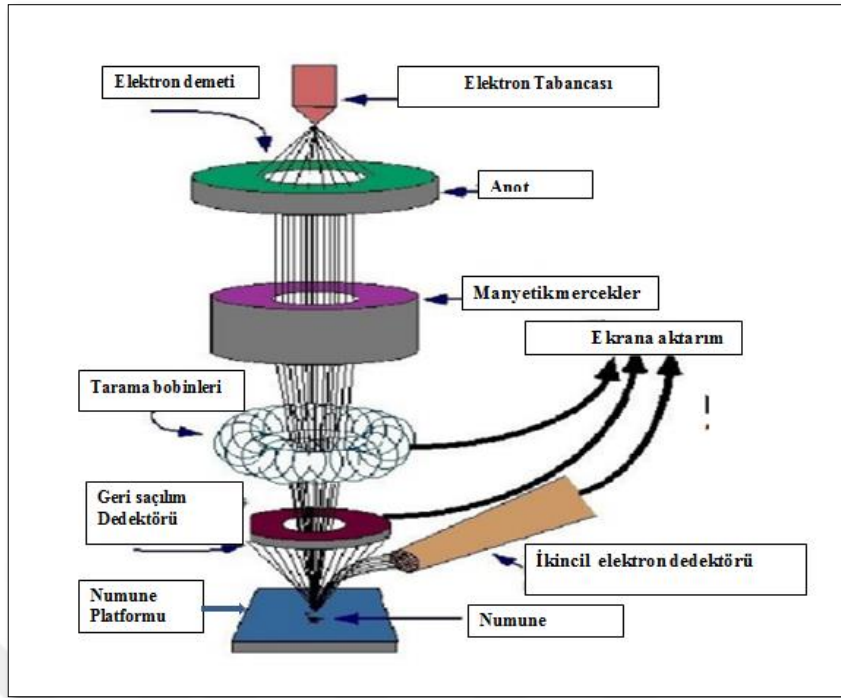
Şekil 1.19 Ultraviyole- görünür bölge spektroskopisi (UV-GB)

1.2.1 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Taramalı elektron mikroskobunda (SEM), bir optik mikroskopta olduğu gibi, bir ışık ışını yerine numuneye doğru bir elektron ışını yönlendirilir (joshi vd., 2008). Yüksek konsantrasyonlu bir elektron ışını, cihazın tepesinde bulunan bir elektron tabancasından vurulur. İki ana elektron tabancası tipi, elektronları atomdan koparan güçlü bir elektrik alanı üreten alan emisyon tabancaları ve filamanın elektronlar akana kadar ısıtıldığı termiyonik tabancalardır (Titus, 2019).

SEM, numunenin yüzeyini yüksek enerjili elektron ışınlarıyla tarar (Goldstein vd., 1981). Bu nedenle, SEM, büyütülmüş bir görüntü oluşturmak için ışık dalgaları kullandıkları için geleneksel ışık mikroskoplarından farklıdır SEM'de, elektron ışını numuneye çarptığında yüzey ile etkileşime girer. Gelen elektron ışını numuneye çarptığında, X ışınları ve üç tip elektron yayılır; geri saçılmış (veya birincil) elektronlar, ikincil elektronlar ve Auger elektronları. SEM, birincil veya geri saçılmış ve ikincil elektronları kullanır. Yüksek çözünürlüklü görüntüler, ikincil elektronlar kullanılarak yaklaşık 1–5nm ayrıntılarını ortaya çıkaran SEM tarafından üretilir. Element bileşimlerini tanımlamak için, karakteristik X ışınları EDX olarak bilinen bir teknikle kullanılır. Bu teknikte görüntüyü oluşturmak için geri saçılmış elektronlar da kullanılır (Titus , 2019).

SEM'in çalışmasıyla ilgili şematik bir diyagram Şekil 1.20'de gösterilmiştir. Elektron kolunu tarama bobinlerine sahiptir ve elektron ışını bunların içinden son merceğe geçirilir. Bu, kirişi dikey ve yatay yönlerde saptırır, böylece yüzeylerin dikdörtgen alanı üzerinde tarama yapılabilir. Sinyaller elektronik cihazlar yardımıyla algılanır ve yükseltilir, bunları bir katot ışını tüpünde görüntü olarak görüntüler. Raster tarama mikroskopla senkronize edilir. Görüntülenen görüntü, numunenin taranan alanından yayılan sinyal yoğunluğunun dağılım haritasıdır.



Şekil 1.20 Taramalı elektron mikroskobunun şematik görünüm (Temiz, 2022)

1.5.3 Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX)

Bu teknik, yüzeye yakın elemanları analiz ederek numunenin genel bir haritalamasını verir ve element oranını farklı konumlarda tahmin eder (Titus, 2019).

1.5.4 X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS)

XPS, bir malzemenin elementel bileşimini tahmin etmek için yararlı olan kantitatif bir spektroskopik yüzey analiz tekniğidir (Korin vd., 2017). Ultra yüksek vakum altında, X-ışınları ile ışınlanmış bir malzeme (yüzeydeki elementlerin çekirdek orbitallerinden elektron emisyonuna yol açar) analiz edilir. Kinetik enerji ölçümleri ve malzeme yüzeyinden kaçan elektron sayısını XPS spektrum sağlar. Elektronların bağlanma enerjisi kinetik enerjiden hesaplanabilir ve bu, yüzey elemanlarının oksidasyon durumunu yansıtır (Baer vd., 2010). Elektron sayıları elementin oranını yansıtır. Elektronu bir çekirdek orbitalinden uyarmak için kullanılan X-ışınının enerjisi, denklemi kullanarak bilinen bir miktar olduğu için bağlanma enerjisi hesaplanabilir;

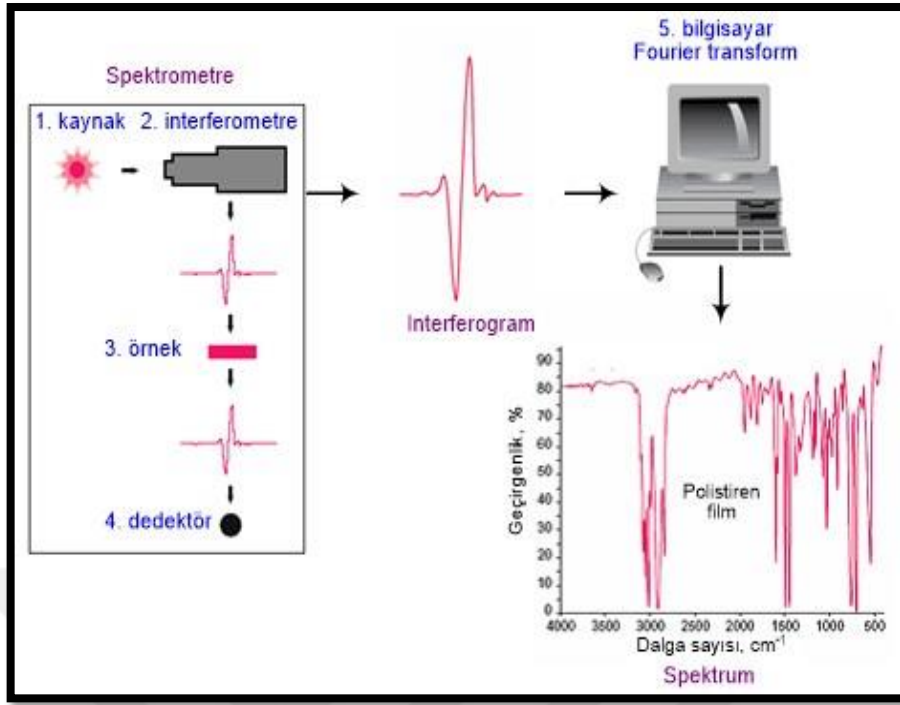
$E_{\text{bağlanma}} = E_{\text{foton}} - E_{\text{kinetik}} - \Phi$ $E_{\text{bağlanma}}$, yayılan elektronun enerjisidir; E_{foton} , kullanılan X-ışını foton enerjisidir; E_{kinetik} , yayılan elektronun kinetik enerjisidir; ve Φ işittir. XPS, numunedeki kirleticileri tespit etmek için de kullanılabilir.

1.5.5 Fourier dönüşümlü infrared spektroskopisi (FTIR)

FTIR analizi, numuneleri taramak için kızılötesi ışık kullanan organik, inorganik ve polimerik malzemelerin tanımlanması için kullanılır. Absorpsiyon bantlarının karakteristik modelindeki değişiklikler, malzeme bileşimindeki bir değişikliği açıkça gösterir. FTIR, bilinmeyen malzemeleri tanımlamak ve karakterize etmek, bir malzemedeki kirleticileri tespit etmek, katkı maddeleri bulmak ve ayrışma ve oksidasyonu tanımlamak için kullanışlıdır (Titus, 2019).

Ftir'ın şematik bir diyagramı Şekil 1.21'de gösterilmiştir. Tipik bir FTIR spektrometresi, bir kaynak, numune hücresi, dedektör, amplifikatör, A/D dönüştürücü ve bir bilgisayar içerir. Kaynaklardan gelen radyasyon, interferometreden geçtikten sonra dedektöre ulaşır. Sinyal, A / D dönüştürücü ve amplifikatör tarafından yükseltilir ve dijital bir sinyale dönüştürülür, ardından sinyal Fourier dönüşümünün gerçekleştirildiği bilgisayara aktarılır.

Yaklaşık $10.000\text{--}100\text{ cm}^{-1}$ 'lik kızılötesi radyasyon, emilen radyasyonun bir kısmı ve bir kısmı içinden geçerek numuneden gönderilir. Emilen radyasyon, numune tarafından titreşim veya dönme enerjisine dönüştürülür. Dedektörde elde edilen sonuç sinyali, genellikle numunelerin moleküler parmak izini temsil eden $4000\text{ ila }400\text{ cm}^{-1}$ arasında bir spektrumdur. Her molekülün benzersiz bir parmak izi vardır, bu da ftir'yi kimyasal tanımlama için paha biçilmez bir araç haline getirir (Taha , 2013).



Şekil 1.21 Bir Fourier transform spektroskopik analiz şeması (Beşergil)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Gümüş Nanopartikül Biyosentezi Çalışmaları

Huang ve arkadaşları tarafından gümüş nanoparçacıkların, *Cinnamomum camphora*'nın güneşte kurutulmuş yaprak özütü kullanılarak sentezlenebileceğini göstermiştir. Ekstrede bulunan poliol bileşenleri ve suda çözünür heterosiklik bileşenlerin, gümüş iyonlarının indirgenmesinden ve oluşan gümüş nanopartiküllerin stabilizasyonundan sorumlu olduğu bildirildi (Huang vd., 2007).

Li ve arkadaşları tarafından gümüş nanoparçacıkların sentezinde *Capsicum annum* (biber) yaprağı ekstresi kullanılmıştır. Ekstrakttaki fenolik asitlerin gümüş iyonlarının indirgenmesinde ve oluşan gümüş nanopartiküllerin stabilizasyonunda rol oynadığı bildirilmiştir (Li vd., 2007).

Vilchis-Nestor ve arkadaşları tarafından *Camellia sinensis* (Yeşil çay) yaprağı ekstresi, gümüş nanoparçacıkları sentezlemek için kullanılmıştır. Ekstrede bulunan fenolik asit tipi moleküllerin gümüş iyonlarının indirgenmesinden ve oluşan nanopartiküllerin stabilizasyonundan sorumlu olduğu tahmin edilmektedir (Vilchis-Nestor vd., 2008).

Bar ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada *Jatropha curcas*'ın lateksindeki curcain adı verilen bir enzimin, hazırlanan gümüş nanopartiküllerin stabilizasyonundan sorumlu olduğunu göstermiştir (Bar vd., 2009).

Jain ve arkadaşları tarafından *Carica papaya*'nın (Pawpaw) meyve özü, gümüş nanoparçacıkları sentezlemek için kullanılmıştır. Gümüş iyonlarının gümüş nanoparçacıklara indirgenmesinden proteinlerin ve diğer ligandların varlığının sorumlu olduğu bildirilmiştir (Jain ve vd., 2009).

Gregory ve arkadaşları tarafından *Allium sativum* (Sarımsak) özütünün gümüş iyonlarını gümüş nanoparçacıklara indirgediği bildirilmiştir (Gregory vd., 2012).

Patma ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, *Citrus* limon'un yaprak özü, yaprak parçalarının suda 5 ila 10 dakika kaynatılmasıyla hazırlanmıştır. Elde edilen süzöntü, karanlıkta oda sıcaklığında gümüş nitrat ile tepkimeye bırakılmıştır.. AgNP'lerin sentezi bir saat sonra gözlemlendi. Terpenoidler, polisakkaritler ve proteinler gibi fitokimyasallar tarafından stabilize edilmiş heterojen, iyi dağılmış AgNP'lerin sentezi rapor edilmiştir (Padma vd., 2012).

Manal ve arkadaşları tarafından portakal kabuğu özütünde bulunan flavonoidler gümüş iyonlarının gümüş nanoparçacıklara indirgenmesinde rol oynayan amino ve karboksi gruplarını içerdiği bildirilmiştir (Manal vd., 2014).

Nisha ve arkadaşları tarafından nar meyve kabuğu ekstresindeki amino asitlerin, gümüş iyonlarının gümüş nanoparçacıklara indirgenmesinden sorumlu olduğunu göstermiştir (Nisha vd., 2015).

Anil ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada karbonhidratlardaki fonksiyonel gruplar ve ayrıca ilişkili proteinlerin, Ag^{+} 'nın Ag^0 'ya indirgenmesinde rol oynayabildiği ve bu fitokimyasalların, fonksiyonel grupları aracılığıyla metal tuzları ile etkileşime girip ve nano ölçekli partiküllerin indirgenmelerini kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Anil vd, 2015).

Bahsedilen çalışmalar, tarımsal atıkların potansiyel olarak nanoparçacıkların sentezinde kullanılabileceğini göstermektedir, ancak protokolleri ve sentez yöntemlerini standart hale getirmek için çok fazla araştırma gerekmektedir. Nanoparçacık üretimi beklentisiyle tarımsal atıkların kullanılması, çevre ve ekonominin gelişimi açısından sürdürülebilir kalkınmaya yol açacaktır.

2.2 Antimikrobiyal Aktivite Çalışmaları

Lok ve arkadaşları tarafından yaptıkları literatür araştırmasına göre AgNP'lerin antibakteriyel etkisi, bakteri dış zarının zarar görmesinden kaynaklanmaktadır (Lok vd., 2006).

Pal ve arkadaşları tarafından AgNP'lerin şekle bağlı antibakteriyel aktivitesini bildirmiştir (üç farklı formda: küresel, çubuk şekilli ve kesik üçgen). Bulgularına göre, kesik üçgen nanopartiküller, yüksek atom yoğunluklu yüzeyleri nedeniyle daha reaktifti ve bu nedenle daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdi (Pal vd., 2007).

Hernández-Sierra ve arkadaşları tarafından AgNP'ler, ZnO ve Au'nun *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) üzerindeki bakterisidal aktivitesinin karşılaştırmalı araştırmasını bildirmiştir. Sonuçları, AgNP'lerin *S. mutans* kontrol etmek için en yüksek aktiviteyi sergilediğini gösterdi. AgNP'lerin *S. mutans*'ın neden olduğu diş çürüklerinde yaygın olarak kullanılabileceğini öne sürdüler (Hernández-Sierra vd., 2008).

Egger ve arkadaşları tarafından Ag iyonlarının disülfid veya sülfhidril enzim gruplarıyla etkileşime girdiği ve bunun sonucunda hücre ölümüne neden olan metabolik süreçlerin bozulmasına yol açtığı da gösterilmiştir (Egger vd., 2009).

Egger ve arkadaşları tarafından AgNP'lerin antimikrobiyal uygulaması, çeşitli enjeksiyonla kalıplanmış plastik ürünlerde, tekstillerde ve kaplamalarda yaygın olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Egger vd., 2009).

Jo ve arkadaşları tarafından, boyut küçültmenin AgNP'lerin antimikrobiyal etkisi üzerindeki etkisini araştırdı. *Bipolaris-sorokiniana* ve *Magnaporthe grisea*'yı kontrol etmek için AgNP'leri kullandılar. Benzer şekilde, AgNP'lerin, nadiren spor üreten toprak kaynaklı mantarlar gibi farklı tipteki patojenler üzerindeki etkinliğini de değerlendirdiler. Sonuçlarına göre, AgNP'ler (20 ila 30 nm) bitki dokusuna daha iyi nüfuz edebilir ve kolonize olabilir. AgNP'lerin spor üreten mantar bitki patojenlerini kontrol etmede kullanım için büyük bir potansiyele sahip olduğunu öne sürdüler.

Nanoparçacıkların sentetik mantar öldürücülerden daha az toksik olabileceğini öne sürüldü (Jo vd., 2009).

Krishnaraj ve arkadaşları tarafından *Acalypha indica*'nın yaprak özütü kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin yüksek bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Krishnaraj vd., 2010).

Allahverdiyev ve arkadaşları tarafından AgNP'lerin ilaca dirençli bakterilere karşı potansiyel antimikrobiyal ajanlar olduğu da gösterilmiştir (Allahverdiyev vd., 2011).

Anamika ve arkadaşları tarafından *Moringa oleifera* yaprak özütü kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Anamika vd., 2012).

Zinjarde tarafından yapılan çalışmaya göre AgNP'ler literatüre göre antimikrobiyal ajanlar olarak kullanılan en yaygın uygulanan inorganik nanopartiküllerdir (Zinjarde, 2012).

Johnson ve arkadaşları ; Oseni ve arkadaşları gümüş nanoparçacıkların sentezinde çok sayıda bitki özü kullanılmasına rağmen, atılan tarımsal atıkların gümüş nanoparçacıkları sentezleme potansiyelini araştırmak için çok az çalışma yapılmıştır. *Citrullus lanatus* (Karpuz) kabuğu genellikle tarımsal atık olarak atılır. *Citrullus lanatus* kabuğunun polifenoller, tanenler, alkaloidler, flavonoidler ve saponinler gibi fitokimyasallar içerdiği bildirilmiştir (Johnson vd., 2012; Oseni vd., 2013).

Yun. ve arkadaşlarına göre bazı araştırmacılar, AgNP'lerin bakteri zarında yapısal parçalanmaya neden olabileceğini ve ardından hücreyi parçalayabileceğini varsaymaktadır (Yun vd., 2013).

Malarkodi ve arkadaşları tarafından AgNP'lerin biyomedikal uygulamaya sahip olduğu bildirilmiştir (Malarkodi vd., 2014).

Mie ve arkadaşları tarafından, sentezlenen AgNP'lerinin (19 nm) antibakteriyel aktivitesini disk difüzyon yöntemini kullanarak sekiz mikroorganizmaya karşı test etti. Çalışma sonuçları, AgNP'lerin Gram-negatif bakterilere karşı potansiyel antibakteriyel aktivite gösterdiğini ortaya koydu. Böylece yazarlar, sentezlenen AgNP'lerin farmasötik ve biyomedikal endüstrilerinde uygulanabileceğini öne sürüldü (Mie vd., 2014).

Besinis ve arkadaşları tarafından AgNP'lerin *S. mutans* üzerindeki antibakteriyel etkisini araştırdı. Onların sonuçları, AgNP'lerin *S. mutans*'a karşı antibakteriyel etkisinin klorheksidine göre daha üstün olduğunu gösterdi (Besinis vd., 2014).

Zarei ve arkadaşları tarafından AgNP'lerin dört gıda kaynaklı patojene, yani *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* (E. coli), *Salmonella typhimurium* (S. typhimurium) ve *Vibrio parahaemolyticus*'a karşı antibakteriyel etkisini değerlendirildi. Elde edilen sonuçlara göre, AgNP'ler bahsedilen patojenler üzerinde büyük antibakteriyel etkiye sahipti. AgNP'lerin gıda ile ilgili ortamlarda ekipman ve yüzeylerin temizlenmesi ve dezenfeksiyonu için iyi bir alternatif olabileceği sonucuna vardılar. Parçacık boyutunu küçültmenin yanı sıra nanoparçacıkların şekle bağlı özellikleri de araştırmacılar tarafından araştırılmıştır (Zarei vd., 2014).

Bera ve arkadaşları tarafından floresan AgNP'lerin (1-5 nm) Gram pozitif (*Staphylococcus epidermidis* ve *Bacillus megaterium*) ve Gram negatif bakterilere (*Pseudomonas aeruginosa*) karşı boyut ve şekle bağlı antimikrobiyal aktivitesini araştırdı. Partiküllerin şeklinin ve boyutunun aktivitelerini kontrol ettiğini vurguladılar. Bu araştırmalara göre, daha küçük parçacıklar hücre duvarına kolayca nüfuz etti ve gelişmiş antimikrobiyal aktivite gösterdi. Yazarlar, bu AgNP'lerin klinik yara örtüsü, biyoyapıştırıcılar, biyofilmler ve biyomedikal malzemelerin kaplanması gibi farklı amaçlar için kullanılabileceğini öne sürdüler (Bera vd., 2014).

Bahrami ve arkadaşları tarafından *Staphylococcus aureus*'a (*S. aureus*) karşı antimikrobiyal etkilerini değerlendirmek için Ag-Au alaşımı nanoparçacıkları hazırladı. Ag-Au alaşımı nanoparçacıklarının antibakteriyel aktivitesi, penisilin G ve piperasilin ile birleştirildiğinde yoğunlaştı. Yazarlar, Ag-Au alaşımı

nanoparçacıklarının antibiyotiklerin kombinasyon tedavisinde adjuvan olarak kullanılabileceğini öne sürdüler (Bahrami vd., 2014).



3. MATERİYAL VE METOT

3.1 Kullanılan Bitkinin Temini

Gümüş nanoparçacıkların sentezini için Siirt ilinde doğal şartlarda yetişen erkek ve dişi bittim bitkisine (*P. khinjuk* Stocks.) ait kök ve yapraklar materyal kaynağı olarak kullanılmak üzere Ağustos-Ekim aylarında toplanmıştır.



Şekil 3.1 *Pistacia khinjuk* stocks (Bittim) bitkisinin dişi ve erkek bireylerine ait kök ve yaprak örnekleri

3.2 Kullanılan Kimyasallar

Gümüş nitrat çözeltisinin hazırlanması; 0,01 M Gümüş nitrat çözeltisi; 1,6987 g gümüş nitrat (AgNO_3 , M.A. ;169,87 g/mol) hassas terazide tartıldı ve 1000 mL balon jojeye aktarıldı daha sonra üzerine bir miktar distile su eklendi ve voltekslendi. Tamamen çözüldükten sonra hacmi 1000 mL' ye tamamlandı.

3.3 Kullanılan Cihazlar

Tablo 3.1’de Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar verilmiştir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan alet ve cihazlar

Cihazın Adı	Markası
FT-IR	Perkin Elmer 400
UV-Vis Spektrofotometre	Agilent Cary 60
Zetasizer	Malvern Nano ZS90
SEM	QUANTA 400F
TEM	FEI 120kV CTEM
Etüv	Memmert
XPS	PHI 5000 Versa Probe
Ultra Saf Su Cihazı	Sartorius Arium Comfort
Sonikatör	Sonics
Ultrasonik Banyo	WiseClean
Manyetik Karıştırıcı-Isıtıcı	IKA C-MAG HS 7
Derin dondurucu	Vestel Buzdolabı ve Dondurucu
Mikropipetler	Eppendorf
Vorteks	Isolab
Hassas Terazî	Denver Instrument

3.4 Bitki Ekstraktının Hazırlanması

Bıttım bitkisinin erkek ve dişi bireylerine ait kök ve yaprakları toz ve kirden arındırılmak için distile su ile 5 kez yıkandı. Daha sonra oda koşullarında laboratuvarında kurutma kağıdı üzerinde kurumaya bırakıldı. Kuruduktan sonra bitki örnekleri havanda öğütülerek küçük parçalara ayrıldı. Öğütülen her bir bitki örneğinden 5 g hassas terazide tartılıp 100 mL distile suda 30 dakika boyunca 75 °C ve 500 rpm manyetik karıştırıcıda inkübasyona bırakıldı. Daha sonra filtre kağıdı ile süzme işlemi yapıldı. Elde edilen bitki ekstraktları gümüş nanoparçacıkların biyosentezinde kullanılmak üzere +4 °C’de buzdolabında muhafaza edildi.

3.5 Fitokimyasal Testte Kullanılan Çözeltiler

Ferrik klorür çözeltisi: 15 g ferrik klorür heksahidrat , 100 mL damıtılmış su içinde çözülmüştür.

Kurşun asetat çözeltisi: 10 g kurşun asetat, 100 mL damıtılmış su içinde çözülmüştür.

Amonyak çözeltisi: %25 amonyak çözeltisi kullanıldı.

Hacimce %10'luk Tannik asit çözeltisi:10 g tannik asit 100 mL damıtılmış su içinde çözülmüştür.

2N HCl: HCl den 16,58 mL alınıp üzerine damıtılmış su eklenerek 100 mL ye tamamlanır.

3.6 Fitokimyasal Test Metodu

3.6.1 Alkaloidler

Tannik asit testi: Asitleştirilmiş özütler, %10 tannik asit çözeltisi ile sarı renkli çökelti verir ve alkaloidlerin bulunduğunu gösteren devetüyü rengi oluşur. Bu da alkaloidlerin var olduğunu göstermektedir (Shaikh vd., 2020; Ray vd., 2013).

3.6.2 Flavonoidler

Kurşun asetat testi: 1 mL bitki özütüne, birkaç damla %10 luk kurşun asetat çözeltisi ile muamele edilir ve sarı bir çökelti oluştuğu gözlemlenir. Bu da flavonoidlerin var olduğunu göstermektedir (Shaikh vd., 2020; Silva vd., 2017; Tiwari vd., 2011; Sing ve Kumar, 2017).

3.6.3 Fenoller

Ferrik klorür testi: Bitki özütü birkaç damla %5 Ferrik klorür çözeltisi ile muamele edilir ve koyu yeşil/mavimsi siyah rengin oluşması fenollerin varlığını gösterir (Shaikh vd., 2020; Tiwari vd.,2011; Raman, 2006).

3.6.4 Tanenler

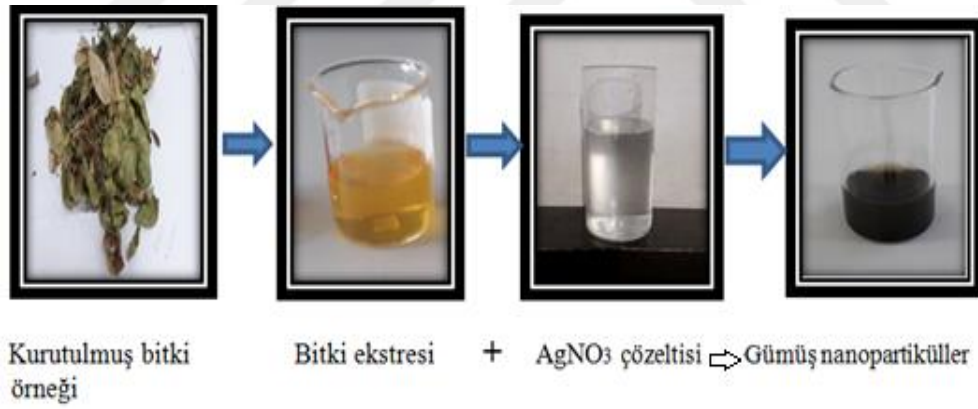
Braymer testi: 1mL bitki özütü 3mL damıtılmış su ve 3 damla %10 Ferrik klorür çözeltisi ile karıştırılır. Mavi-yeşil rengin oluşması tanenlerin varlığını göstermektedir (Shaikh vd., 2020; Sing ve Kumar, 2017; Uma vd., 2017).

3.6.5 Antosiyaninler

HCl testi: 2 mL bitki özütüne 2 mL 2N HCl ve birkaç mL amonyak damlatılır. Pembe-kırmızı çözelti amonyak ilavesinden sonra mavi-mor renge dönüşüyorsa antosiyaninlerin varlığını gösterir (Shaikh vd., 2022; Savithramma vd.,2011; Obouayeba vd., 2015).

3.7 *Pistacia khinjuk* Stocks (Bıttım) Bitkisinden AgNP Sentezi

AgNP'lerin sentezi için 1:9 oranı olacak şekilde 1 mL bitki ekstraktından 9 mL 0,01 M gümüş nitrat (AgNO_3) çözeltisine yavaş yavaş eklenmiştir. Örnekler alüminyum folyo ile ışık görmeyecek şekilde kapatılarak, 25°C'de manyetik karıştırıcıda 500 rpm'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi boyunca renk değişimi gözlemlenmiştir (Şekil 3.6). Bu renk değişimi gümüş iyonlarının AgNP'lere dönüşümünün bir göstergesi olarak kabul edilmiştir. Daha sonra elde edilen AgNP'ler steril tüplere aktarılmış ve ışık görmeyecek şekilde alüminyum folyo ile kapatılarak oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2 *Bıttım* (*Pistacia khinjuk* stocks) bitkisinden gümüş nanopartikül sentezi

3.8 Antimikrobiyal Aktivite

Sentezlenen AgNP'lerin insan sağlığına zararlı iki patojenik bakteriye, yani *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* karşı bakterisit aktiviteyi belirlemek için biyolojik çalışmalar yapılmıştır. Mueller-Hinton agar (MHA) kuyu difüzyon yöntemi,

gümüş NP'lerin antibakteriyel aktivitesini araştırmak için kullanıldı. *S. Aureus* ve *E. coli*, 25 µL spor süspansiyonu (10–100 spore/mL) katılaşmadan önce steril bir Muller Hinton besiyerine hızlı bir şekilde ilave edildi, ardından steril petri kaplarına döküldü ve pamuklu çubukla yayıldı. Sterilize edilmiş kuyucuk (6 mm) alınarak içine 50 µL nanopartikül solüsyonu damlatılarak petri kabında muhafaza edilmiştir. Petri kabı streç film ile kapatılmış ve 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. Kuyucuk çevresinde inhibisyon bölgeleri tespit edilmiş ve ölçülmüştür.

Gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktiviteleri Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi bünyesinde hizmet veren Merkez Laboratuvarında incelenmiştir.

3.9 UV-Vis Spektrofotometre Cihazı

AgNP'lerin optik özelliği, bir UV-Vis spektrofotometresi (Agilent Cary 60) kullanılarak belirlendi. Bittim (*Pistacia khinjuk stocks.*) bitkisinin erkek ve dişi bireylerine ait yaprak ve kök ekstraktlarına 0.01 M AgNO₃ eklendikten sonra AgNP solüsyonu oluşturulmuş ve bu solüsyon spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir. Kör referans olarak 1mL bitki ekstratı (dişi ve erkek bireylerine ait kök ve yaprak ekstratları) ve 9 mL saf su karıştırılarak kullanılmıştır. Spektrofotometrik ölçümler 350 nm ile 650 nm arasında alınmıştır.

Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrofotometre (UV-Vis) analizleri Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi bünyesinde bulunan Agilent Cary 60 cihazı ile yapılmıştır.

3.10 FTIR Cihazı

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR) analizleri, Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi bünyesinde bulunan Perkin Elmer 400 FT-IR Spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır.

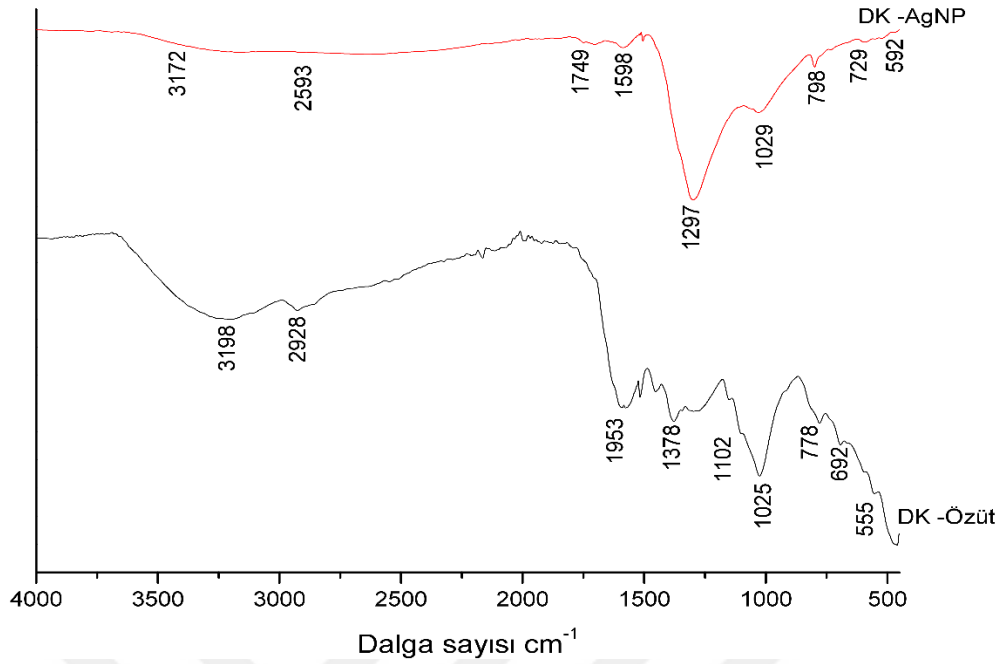
3.11 SEM, TEM, ZETASIZER Ve XPS Cihazı

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), Geçirmeli elektron mikroskobu (TEM), Zeta potansiyel ölçümü ve parçacık boyut dağılımı(Zetasizer), X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) analizleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Merkezi Laboratuvarında yaptırılmıştır.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 FTIR Analizi

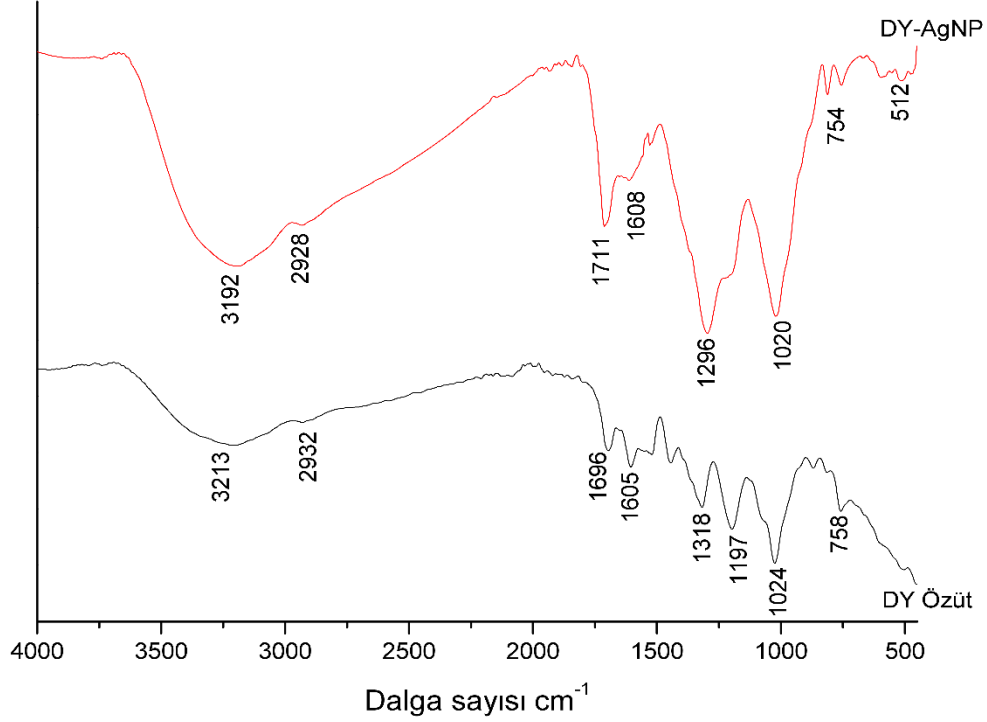
Dişi kök sulu ekstresinde ve dişi kök sulu ektresi ile sentezlenen AgNP'lerdeki fonksiyonel grupların belirlenmesi için alınan ATR-FTIR spektrumları Şekil 4.1'de gösterilmiştir. 3198 ve 3172 cm^{-1} 'deki tipik absorpsiyon bantları, serbest bir fonksiyonel grupla ($-\text{OH}$) (Vanaja vd., 2013) fenol ve alkolün varlığını göstermiştir. Genel olarak Şekil 4.1'de gösterildiği gibi OH grubunun geniş infrared bantları, NH germe bandı ile kaplanmıştır (Suresh vd., 2016). Absorpsiyon bantları, lipidlerde alkanların (metil ve metilen grupları) varlığını yansıtarak 2928 ve 2593 cm^{-1} 'de (Vanaja vd., 2013) asimetrik germe bantlarını gösterir. Ekstraktın OH ve CO işlevselliği, nanopartiküllerin indirgenmesinde ve stabilize edilmesinde önemli bir rol oynar (Sre vd., 2015). 1593 ve 1589 cm^{-1} 'deki güçlü bantlar, öncelikle numunelerdeki amid gruplarının varlığıyla ilişkili CONH gerilmesine karşılık gelirken, 1456 cm^{-1} 'deki bant N-H bükülme titreşim bandını temsil eder. Yaklaşık 1025 ve 1029 cm^{-1} 'deki pikler, numunelerde C-C ve C-O-bağları olduğunu gösterir. Ekstrakt ve nanoparçacıkların spektrumundaki 1378, 1297, 798, 778, 729, 692, 592 ve 555 cm^{-1} 'deki diğer ana IR absorpsiyon bantları eterler, esterler, karbonil (polioller) veya aromatik bileşikler ve alkil halojenürler gibi çeşitli fonksiyonel grupları temsil eder ve kararlı gümüş nanopartiküllerin sentezi sırasında indirgeyici ve sınırlayıcı ajanlar olarak görev yaparlar. Dişi kök sulu ekstresinin FT-IR spektrumu ile biyosentezlenmiş nanoparçacıkların FT-IR'si arasında, FT-IR bantlarının çoğunun konumunda yalnızca büyük bir değişiklik gözlemlenir. İşlevselliklerin FT-IR bantlarının konumundaki bu küçük değişiklik, spektrum, dişi kök sulu ekstresi kullanılarak nanoparçacık sentezini desteklemektedir (Khan vd., 2021).



Şekil 4.1 Diş kök ekstresi ve DK-AgNP'lere ait FTIR spektrumu

Diş yaprak sulu ekstresinde ve diş yaprak sulu ekstresi ile sentezlenen AgNP'lerdeki fonksiyonel grupların belirlenmesi için alınan ATR-FTIR spektrumları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Diş yaprak sulu ekstresinde 3213, 2932, 1696, 1520, 1318, 1197, 1024 ve 868 cm^{-1} 'de görülen bantlar, AgNP'lere ait FTIR spektrumunda 3192, 2928, 1711, 1608, 1527, 1296, 1020 ve 812 cm^{-1} 'de görülmektedir. Diş yaprak sulu ekstresinin ve diş yaprak sulu ekstresi ile sentezlenen AgNP'lerin FTIR spektrumunda sırasıyla 3213 ve 3192 cm^{-1} 'de görülen geniş bandlar alkollerin ve polifenoliklerin hidroksil fonksiyonel grubuna karşılık gelmektedir. 3192 cm^{-1} 'deki geniş -OH gerilme bandı, Ag^+ 'nın Ag^0 'a indirgenmesi için sorumlu fenolik bileşiklerde fonksiyonel hidroksil grubunun (-OH, -COOH) varlığını doğrulamaktadır (Dubey vd., 2010; Hamelian vd., 2020; Syrine vd., 2020). AgNP'ün sentezlenmesi sonrasında azalan bant yoğunluğu (-OH gerilme bandı) ve indirgeme işlemi sırasında görülen küçük bir kayma -OH gruplarının azaldığını göstermektedir. Sentezlenen AgNP'lere ait spektrum incelendiğinde nanopartikülleri sararak onların kararlı olmasını sağlayan maddeler 3192, 1608 ve 1020 cm^{-1} 'de absorpsiyon pikleri vererek varlığını göstermektedir (Çiftçi, 2019; Golabiazar vd., 2019). 3192 cm^{-1} 'de görülen pik fenolik veya amid N-H gruplarına, 1608 cm^{-1} 'de görülen pik -OH gerilme bandı olup, bitkinin ekstresinde bulunan glikozit veya diğer (C-O-C) gruplarına ait 1020 cm^{-1} 'de gözlemlenen son önemli piktir. Triterpenoidler, alkaloidler, flavonoidler gibi farklı kimyasal sınıflarda

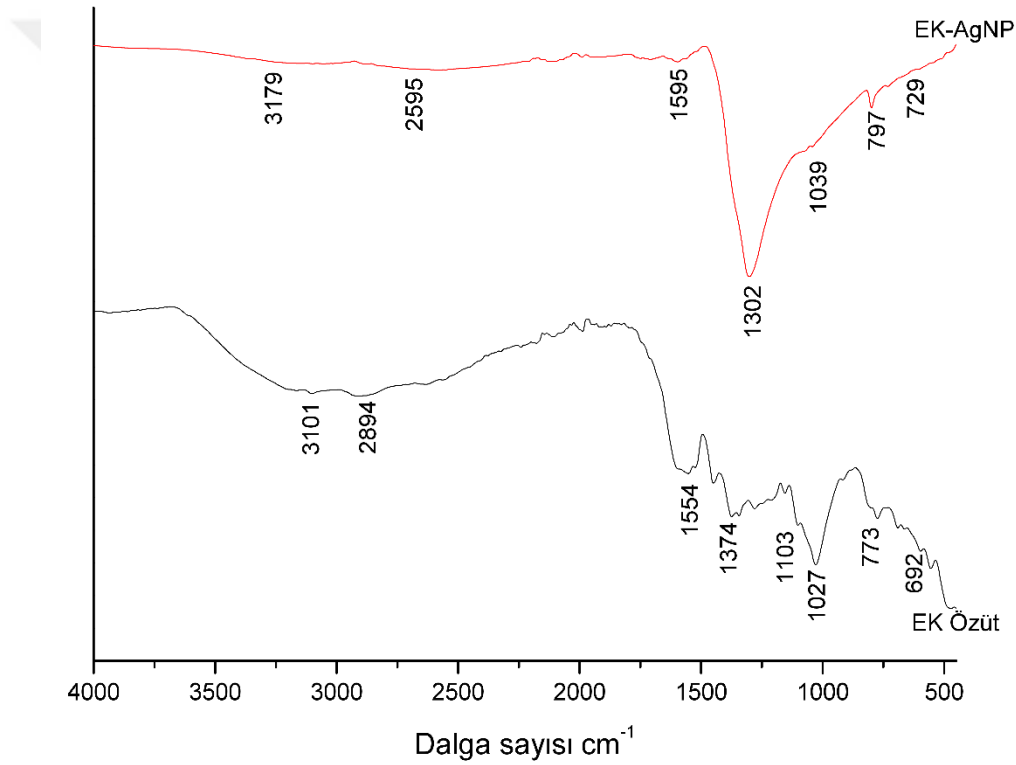
bulunan C-O, N-H ve C-N gibi ana fonksiyonel gruplar ile bitki ekstresinde var olan proteinler, pigmentler ve polifenoller biyolojik olarak Ag^+ 'in AgNP sentezlenmesi sırasında indirgenmesi için kullanılmaktadır (Mukherjee vd., 2008; Marimuthu vd., 2011; Çiftçi, 2019; Khiya vd., 2021).



Şekil 4.2 Dişi yaprak ekstresi ve DY-AgNP'lere ait FTIR spektrumu

Erkek kök sulu ekstresinde ve erkek kök sulu ekstresi ile sentezlenen AgNP'lerdeki fonksiyonel grupların belirlenmesi için alınan ATR-FTIR spektrumları Şekil 4.3'te gösterilmiştir. 3101 ve 3179 cm^{-1} 'deki tipik absorpsiyon bantları, serbest bir fonksiyonel grupla ($-OH$) (Vanaja vd., 2013) fenol ve alkolün varlığını göstermiştir. Genel olarak Şekil 4.3'te gösterildiği gibi OH grubunun geniş infrared bantları, NH germe bandı ile kaplanmıştır (Suresh vd., 2016). Absorpsiyon bantları, lipidlerde alkanların (metil ve metilen grupları) varlığını yansıtarak 2894 ve 2595 cm^{-1} 'de (Vanaja vd., 2013) asimetrik germe bantlarını gösterir. Ekstraktın OH ve CO işlevselliği, nanopartiküllerin indirgenmesinde ve stabilize edilmesinde önemli bir rol oynar (Sre vd., 2015). 1554 ve 1595 cm^{-1} 'deki güçlü bantlar, öncelikle numunelerdeki amid gruplarının varlığıyla ilişkili CONH gerilmesine karşılık gelirken, 1449 cm^{-1} 'deki bant N-H bükülme titreşim bandını temsil eder. Yaklaşık 1027 ve 1039 cm^{-1} 'deki pikler, numunelerde C-C ve C-O-bağları olduğunu gösterir. Ekstrakt ve

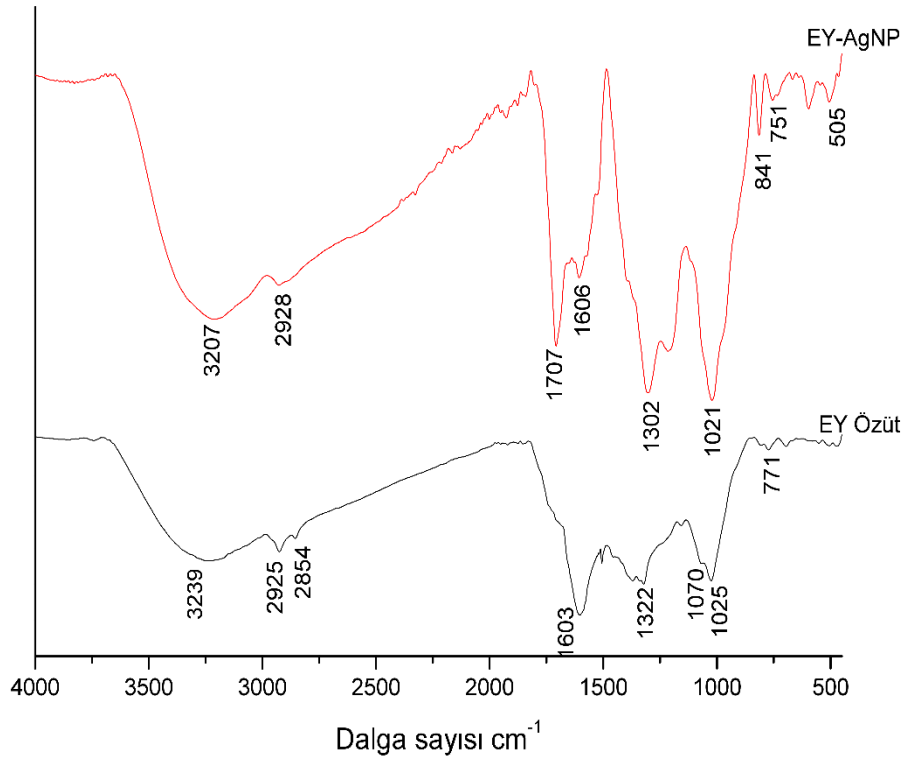
nanoparçacıkların spektrumundaki 1374, 1280, 797, 773, 729, 692 ve 597 cm^{-1} 'deki diğer ana IR absorpsiyon bantları eterler, esterler, karbonil (polioller) veya aromatik bileşikler ve alkil halojenürler gibi çeşitli fonksiyonel grupları temsil eder ve kararlı gümüş nanopartiküllerin sentezi sırasında indirgeyici ve sınırlayıcı ajanlar olarak görev yaparlar. Dişi kök sulu ekstresinin FT-IR spektrumu ile biyosentezlenmiş nanoparçacıkların FT-IR'si arasında, IR bantlarının çoğunun konumunda yalnızca büyük bir değişiklik gözlemlenir. İşlevselliklerin IR bantlarının konumundaki bu küçük değişiklik, spektrum, dişi kök sulu ekstresi kullanılarak nanoparçacık sentezini desteklemektedir (Khan vd., 2021).



Şekil 4.3 Erkek kök ekstresi ve EK-AgNP'lere ait FTIR spektrumu

Erkek yaprak sulu ekstresinde ve erkek yaprak sulu ekstresi ile sentezlenen AgNP'lerdeki fonksiyonel grupların belirlenmesi için alınan ATR-FTIR spektrumları Şekil 4.4 'te gösterilmiştir. Dişi yaprak sulu ekstresinde 3239, 2925, 1603, 1507, 1322, 1154, 1025 ve 809 cm^{-1} 'de görülen bantlar, AgNP'lere ait FTIR spektrumunda 3207, 2928, 1707, 1606, 1527, 1302, 1021 ve 814 cm^{-1} 'de görülmektedir. Dişi yaprak sulu ekstresinin ve dişi yaprak sulu ekstresi ile sentezlenen AgNP'lerin FTIR spektrumunda

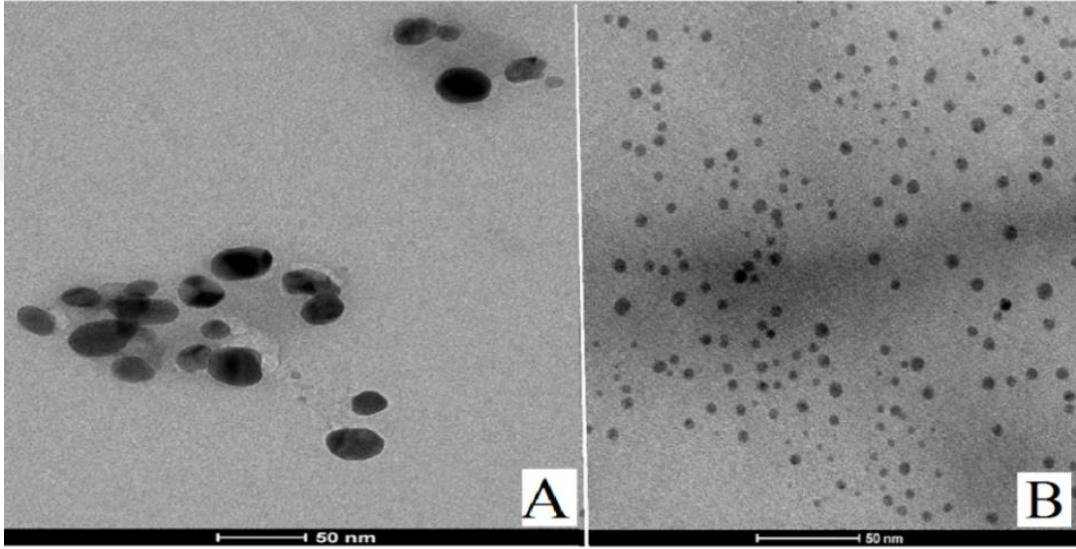
sırasıyla 3239 ve 3207 cm^{-1} 'de görülen geniş bandlar alkollerin ve polifenoliklerin hidroksil fonksiyonel grubuna karşılık gelmektedir. 3207 cm^{-1} 'deki geniş -OH gerilme bandı, Ag^+ 'nın Ag^0 'a indirgenmesi için sorumlu fenolik bileşiklerde fonksiyonel hidroksil grubunun (-OH, -COOH) varlığını doğrulamaktadır (Dubey vd., 2010; Hamelian vd., 2020; Syrine vd., 2020). AgNP'ün sentezlenmesi sonrasında azalan bant yoğunluğu (-OH gerilme bandı) ve indirgeme işlemi sırasında görülen küçük bir kayma -OH gruplarının azaldığını göstermektedir. Sentezlenen AgNP'lere ait spektrum incelendiğinde nanopartikülleri sararak onların kararlı olmasını sağlayan maddeler 3207, 1606 ve 1021 cm^{-1} 'de absorpsiyon pikleri vererek varlığını göstermektedir (Çiftçi, 2019; Golabiazar vd., 2019). 3207 cm^{-1} 'de görülen pik fenolik veya amid N-H gruplarına, 1606 cm^{-1} 'de görülen pik -OH gerilme bandı olup, bitkinin ekstresinde bulunan glikozit veya diğer (C-O-C) gruplarına ait 1021 cm^{-1} 'de gözlemlenen son önemli piktir. Triterpenoidler, alkaloidler, flavonoidler gibi farklı kimyasal sınıflarda bulunan C-O, N-H ve C-N gibi ana fonksiyonel gruplar ile bitki ekstresinde var olan proteinler, pigmentler ve polifenoller biyolojik olarak Ag^+ 'in AgNP sentezlenmesi sırasında indirgenmesi için kullanılmaktadır (Mukherjee vd., 2008; Marimuthu vd., 2011; Çiftçi, 2019; Khiya vd., 2021).



Şekil 4.4 Erkek yaprak ekstresi ve EY-AgNP'lere ait FTIR spektrumu

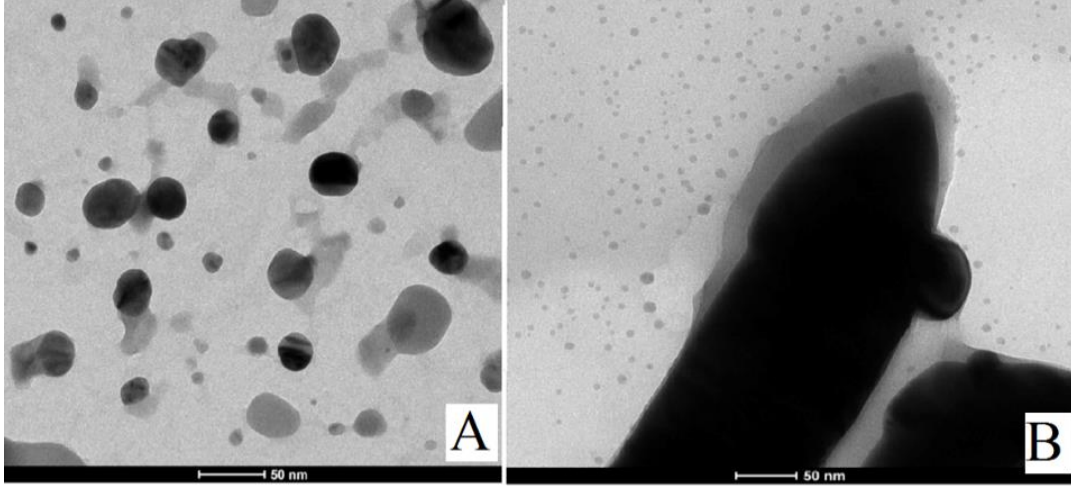
4.2 TEM Analizi

DK-AgNP'lerin şekli, boyutunu ve morfolojilerini gösteren TEM görüntüleri Şekil 4.5'te verilmiştir. DK-AgNP'leri içeren süspansiyon santrifüjleme yapılarak, süpernatant ve pelet kısımları birbirinden ayrılmıştır. Şekil 4.5 (A) pelet kısmından ve Şekil 4.5(B)'de süpernatanttan alınan TEM görüntüleridir. Şekil 4.5(A)'da görüntülerinden parçacıkların 1-33 nm arasında ve Şekil 4.5(B)'de ise nanoparçacıkların ≤ 5 nm olduğu tespit edilmiştir.



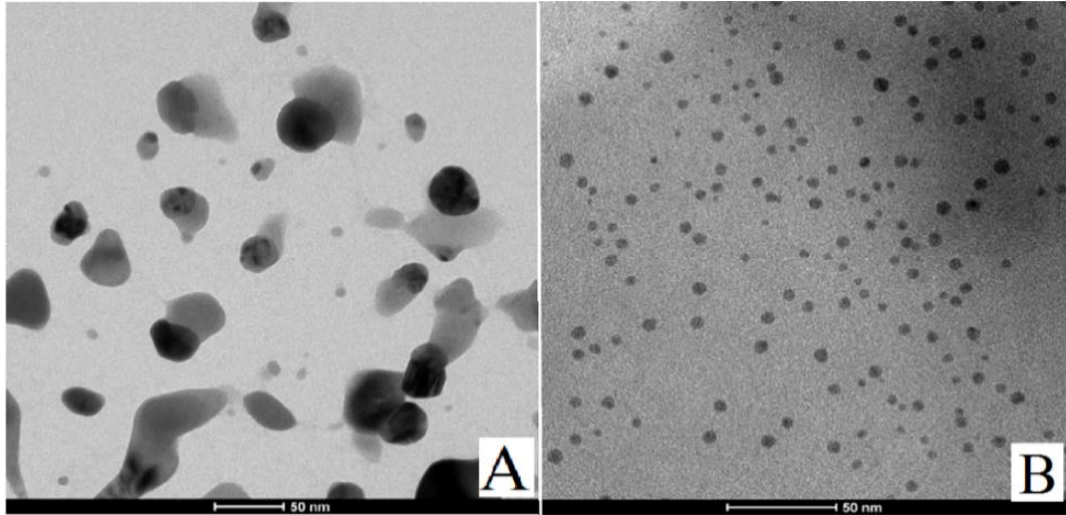
Şekil 4.5 (A) peletten (tortu) ve (B) süpernatanttan alınan DK-AgNP'lerin 50 nm skalada TEM görüntüleri.

DY-AgNP'lerin şekli, boyutunu ve morfolojilerini gösteren TEM görüntüleri Şekil 4.6'da verilmiştir. DY-AgNP'leri içeren süspansiyon santrifüjleme yapılarak, süpernatant ve pelet kısımları birbirinden ayrılmıştır. Şekil 4.6 (A)'da pelet kısmından ve Şekil 4.6 (B) 'de süpernatanttan alınan TEM görüntüleridir. Şekil 4.6 (A)'da görüntülerinden parçacıkların 1-40 nm arasında ve Şekil 4.6 (B)'de ise nanoparçacıkların ≤ 5 nm olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 (A) peletten (tortu) ve (B) süpernatanttan alınan DY-AgNP'lerin 50 nm skalada TEM görüntüleri.

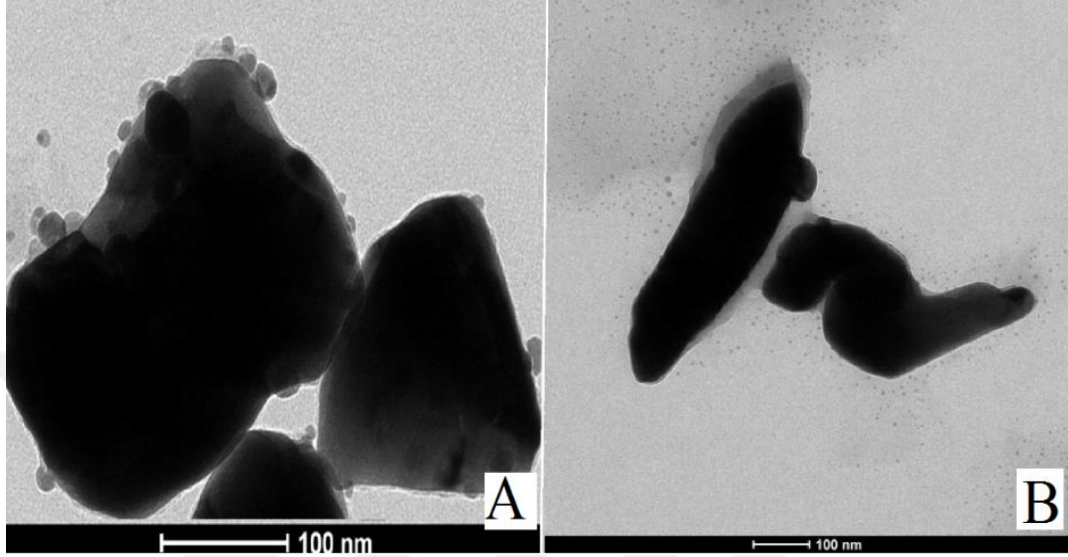
EK-AgNP'lerin şekli, boyutunu ve morfolojilerini gösteren TEM görüntüleri Şekil 4.7'de verilmiştir. EK-AgNP'leri içeren süspansiyon santrifüjleme yapılarak, süpernatant ve pelet kısımları birbirinden ayrılmıştır. Şekil 4.7 (A)'da pelet kısmından ve Şekil 4.7 (B)'de süpernatanttan alınan TEM görüntüleridir. Şekil 4.7 (A)'da görüntülerinden parçacıkların 1-40 nm arasında ve Şekil 4.7 (B)'de ise nanoparçacıkların ≤ 5 nm olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.7 (A) peletten (tortu) ve (B) süpernatanttan alınan EK-AgNP'lerin 50 nm skalada TEM görüntüleri

EY-AgNP'lerin şekli, boyutunu ve morfolojilerini gösteren TEM görüntüleri Şekil 4.8 'de verilmiştir. EY-AgNP'leri içeren süspansiyon santrifüjleme yapılarak,

süpernatant ve pelet kısımları birbirinden ayrılmıştır. Şekil 4.8 (A)'da pelet kısmından ve Şekil 4.8 (B)'de süpernatanttan alınan TEM görüntüleridir. Şekil 4.8 (A)'da görüntülerinden parçacıkların 1-60 nm arasında ve Şekil 4.8 (B)'de ise nanoparçacıkların ≤ 5 nm olduğu tespit edilmiştir.

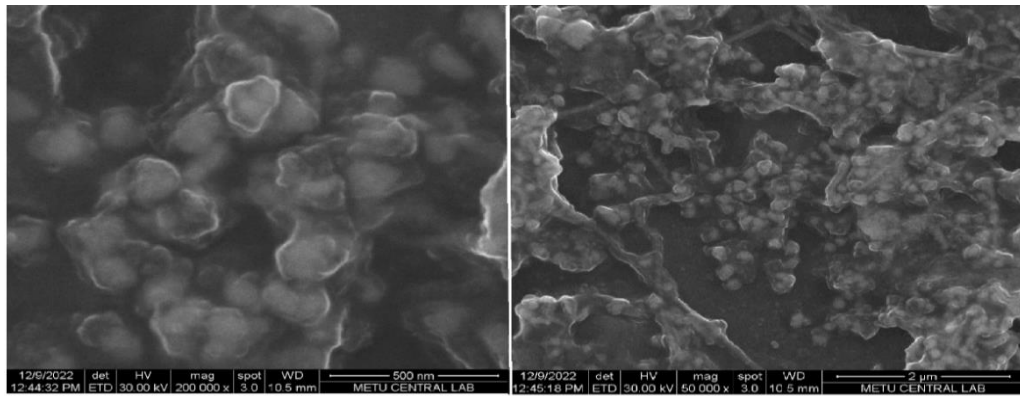


Şekil 4.8 (A) peletten (tortu) ve (B) süpernatanttan alınan EY-AgNP'lerin 100 nm skalada TEM görüntüleri.

4.3 SEM Analizi

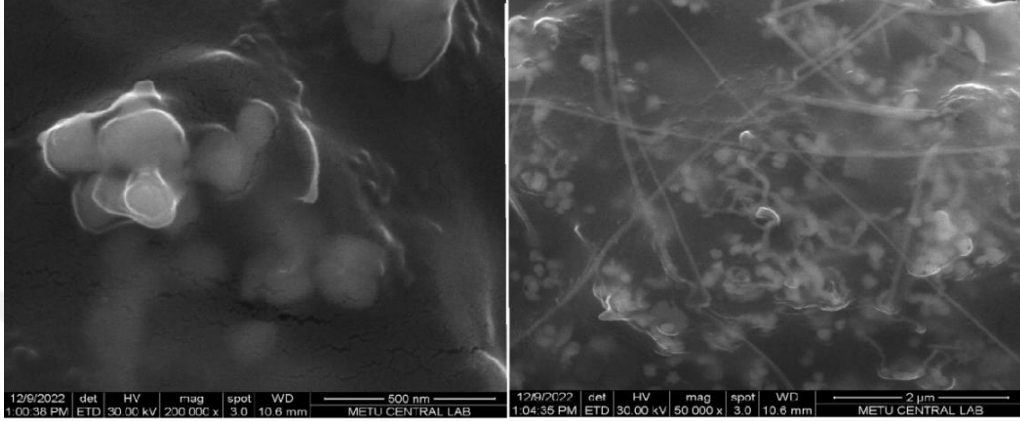
SEM, gümüş nanopartiküllerin morfolojisi ve boyut detayları hakkında daha fazla bilgi sağlamıştır. Gümüş nanopartiküllerin çap boyutlarının, aglomerasyondan dolayı büyüdüğü gözlemlenmiştir.

DK-AgNP'lere ait 500 nm ve 2 μ m büyütme skalasındaki SEM görüntüleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Şekilden, sentezlenen Ag'lerin bitki özütü ile kaplandığı, aglomeratların küresel şekilli olduğu görülmektedir.



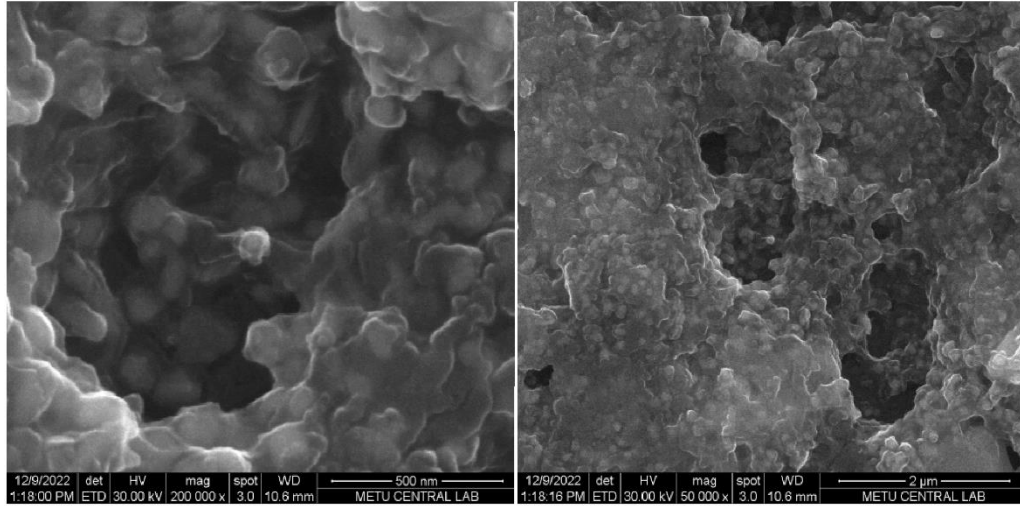
Şekil 4.9 DK-AgNP'lere ait SEM görüntüsü

DY-AgNP'lere ait 500 nm ve 2 μ m büyütme skalasındaki SEM görüntüleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekilden, sentezlenen Ag'lerin bitki özütü ile kaplandığı, aglomeratların küresel şekilli olduğu görülmektedir. Görüntüdeki iplikçiklerin yaprağın özütlenmesi sırasında yapısından kaynaklı olarak özüte geçtiği düşünülmektedir.



Şekil 4.10 DY-AgNP'lere ait SEM görüntüsü

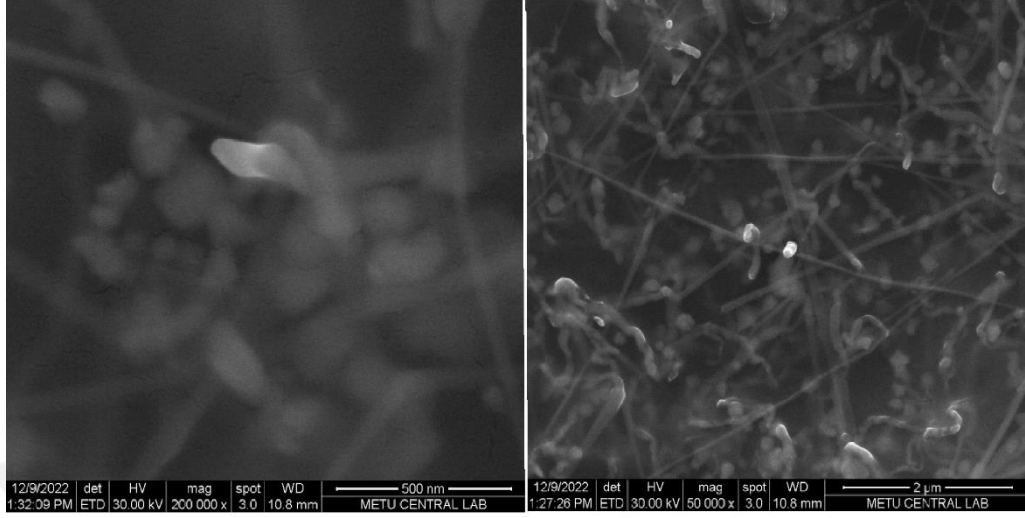
EK-AgNP'lere ait 500 nm ve 2 μ m büyütme skalasındaki SEM görüntüleri Şekil 4.11'de verilmiştir. Şekilden, sentezlenen Ag'lerin bitki özütü ile kaplandığı, aglomeratların küresel şekilli olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11 EK-AgNP'lere ait SEM görüntüsü

EY-AgNP'lere ait 500 nm ve 2 μ m büyütme skalasındaki SEM görüntüleri Şekil 4.12'de verilmiştir. Şekilden, sentezlenen Ag'lerin bitki özütü ile kaplandığı, aglomeratların küresel şekilli olduğu görülmektedir. Görüntüdeki iplikçiklerin

yaprağın özütlenmesi sırasında yapısından kaynaklı olarak özüte geçtiği düşünülmektedir.



Şekil 4.12 EY-AgNP'lere ait SEM görüntüsü

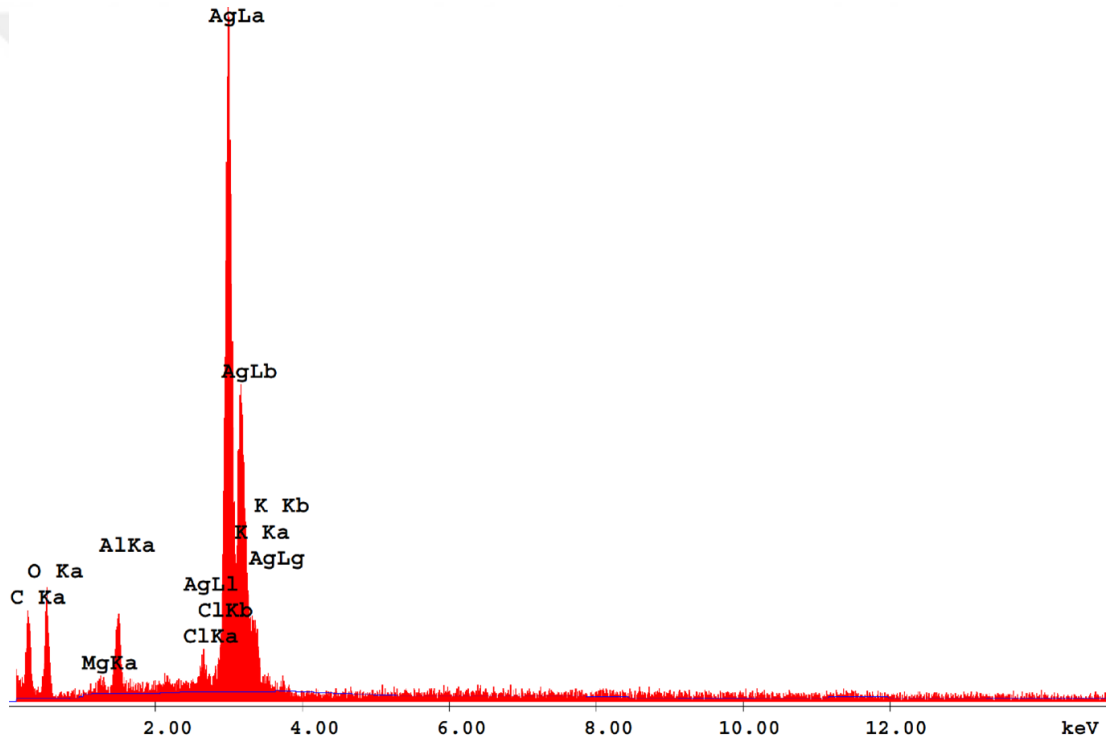
4.4 EDX Analizi

Enerji yayımlı X-ışını analizi (EDX) numunedeki elementel bileşimini tanımlamada kullanılan bir yöntemdir. EDX analizi numune üzerine gönderilen taramalı elektron demeti numunenin iç yörüngelerinden elektron koparır. Kararlılığı sağlamak için dış yörüngelerdeki elektron, enerji kaybederek bu boşluğu doldururken kaybedilen enerji o numuneye özgü karakteristik X-ışını olarak yayılır ve hangi enerji kabuğundan yayımlandığı ile ilgili bilgi verir. Metalik gümüş nanopartiküllerin, yüzey plazmon rezonansı nedeniyle genellikle 3 keV'de tipik olarak güçlü bir sinyal zirvesi gösterdiği literatürde belirtilmiştir (Anandalakshmi vd., 2016; Okaiyeto vd., 2019).

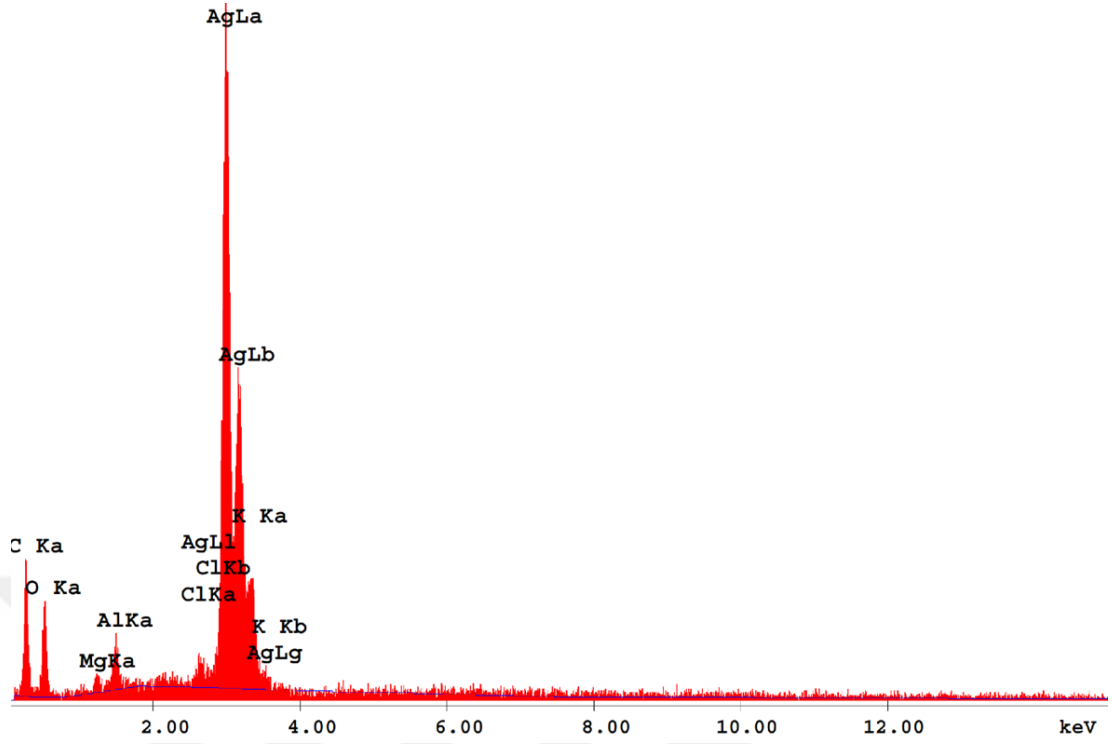
Sentezlenen DY-AgNP, EY-AgNP, DK-AgNP ve EK-AgNP'lerin enerji dağılım spektrumu (EDX) analizlerine ait spektrumlar Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir. DY-AgNP, EY-AgNP, DK-AgNP ve EK-AgNP'lerin karakterizasyonu ile ilgili EDX analizi sonuçları incelendiğinde Ag'a ait karakteristik X-ışınlarının 2,4 – 3,6 keV (kilo elektron volt) aralığında güçlü bir emilim yayımlandığı görülmüş olup ve örneklerden birbirine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

DY-AgNP, EY-AgNP, DK-AgNP ve EK-AgNP'lerin EDX değerlendirmesi sonucunda Ag, Mg, Al, Cl, O ve C elementlerinin varlığı belirlenmiş olup, Ag elementi dışındakilerin varlığının Bittım (*P. khinjuk* stocks) ekstraktından kaynaklandığı doğrulanmıştır (Tablo 4.1) Yapılan benzer çalışmalarda Cl varlığının bitki

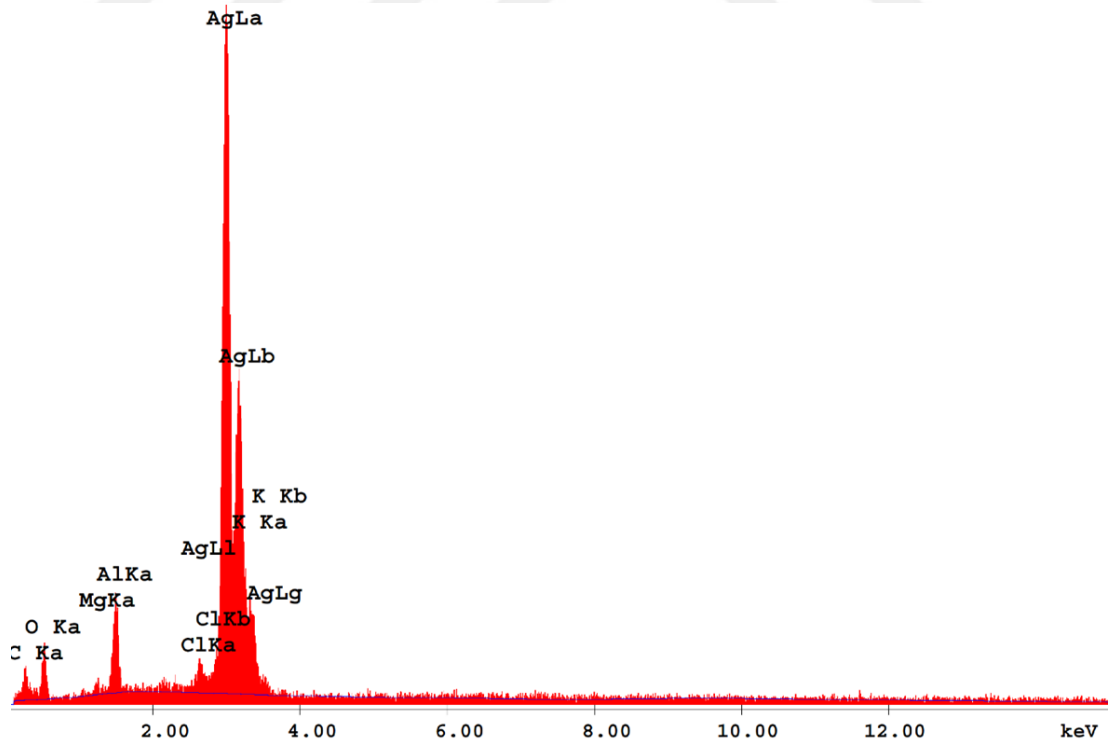
ekstraktından kaynaklandığı bildirilmiştir (Devi, Ahmaruzzaman, & Begum, 2016; Kota, Dumpala, Anantha, Verma, & Kandepu, 2017). Devi vd., (2016) Momordica charantia (MC) yaprak ekstraktı kullanarak gümüş nanopartikül sentezledikleri çalışmanın EDX spektrumunda 2,7 keV’de bulunan Cl’ün kaynağını, indirgeyici ajan olarak kullandıkları MC yaprak ekstraktı olarak göstermişlerdir. Okaiyeto vd., (2019) yaptığı benzer çalışmada EDX spektrumunda 2,7 keV’de yüksek bir Cl (%9,52) zirvesi görülmüştür. Cl’ün nanopartikül sentezi için kullandıkları *Oedera genistifolia* bitki ekstraktından kaynaklandığını bildirmişlerdir.



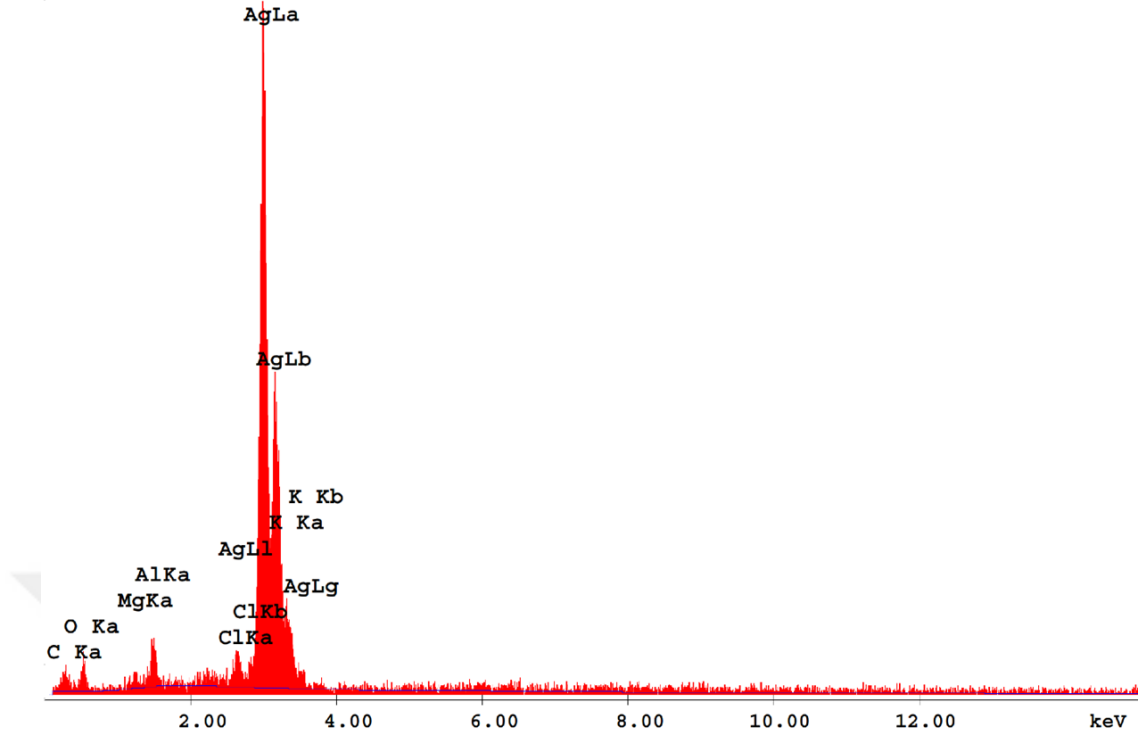
Şekil 4.13 *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) dişi yapraktan sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu



Şekil 4.14 *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) erkek yapraktan sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu



Şekil 4.15 *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) dişi kökten sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu



Şekil 4.16 *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) erkek kökten sentezlen AgNP lerin EDX spektrumu

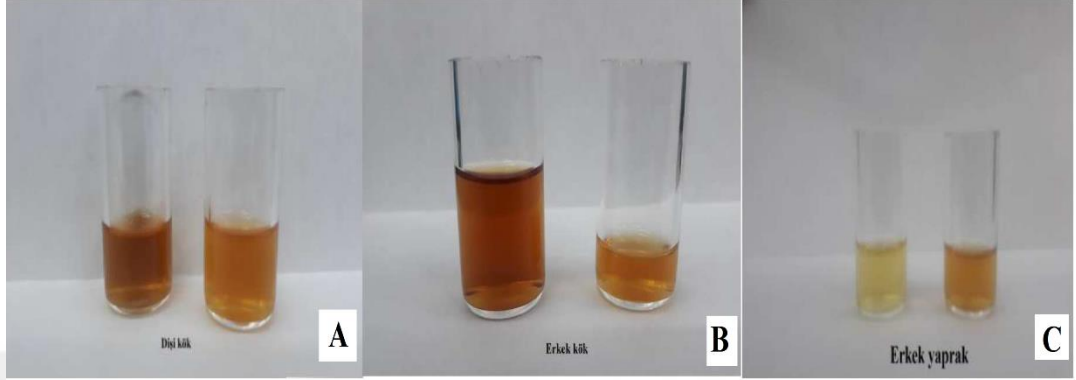
Tablo 4.1 DK-AgNP , DY-AgNP, EK-AgNP ve EY-AgNP'lerin nanoparçacıkların EDX analiz sonuçları (n:3 için Xort±s)

Nanopartiküller	Elementlerin ağırlıkça yüzdeleri (%)					
	C	O	Mg	Al	Cl	Ag
DK-AgNP	8,21±0,35	13,54±1,03	1,16±0,15	5,13±0,77	0,08±0,05	71,29±1,99
DY -AgNP	19,7±1,84	23,66±1,72	1,01±0,06	3,53±1,36	0,08±0,05	51,52±1,98
EK-AgNP	6,29±0,84	10,25±1,16	1,87±0,33	5,36±2,21	0,34±0,03	75,39±3,15
EY-AgNP	23,48±0,44	21,70±0,74	1,21±0,16	2,52±1,32	0,21±0,10	49,22±1,53

4.5 Fitokimyasal Test Analizi

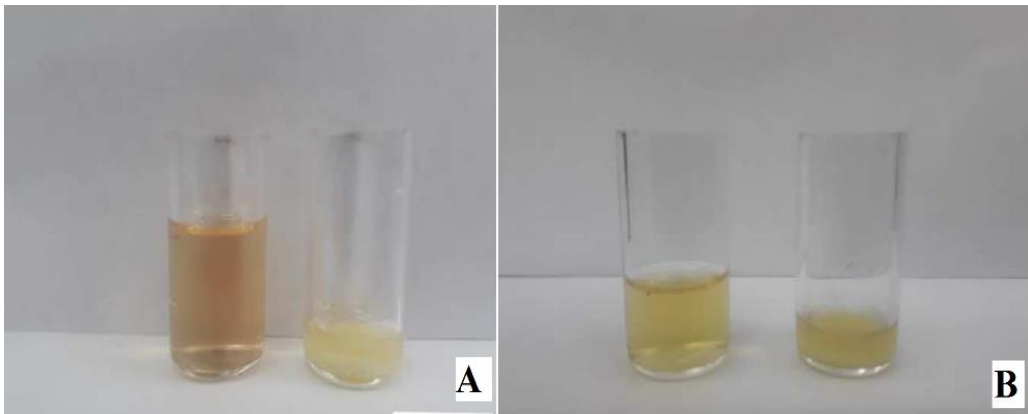
Tannik asit testine göre asitleştirilmiş özler, %10 tannik asit çözeltisi eklendi ve alkaloitlerin bulunduğunu gösteren devetüyü rengi oluşmuştu. Bu da alkaloitlerin var olduğunu göstermektedir (Shaikh vd., 2020;Ray vd., 2013). *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) bitkisinin kök ve yaprak organlarının erkek ve dişi bireylerinde alkanoidlerin

varlığı ile ilgili sonuçlar, Şekil 4.17 ve Tablo 4.2’de verilmiştir. Bittım bitkisinin erkek kök, dişi kök ve erkek yaprak sulu ekstraktında alkaloidlerin var olduğu ve dişi yaprakta ise var olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.17 *P. Khinjuk* stocks (Bittım) Dişi kök (A),erkek kök (B) ve erkek yaprakta (C) alkaloidlerin varlığı

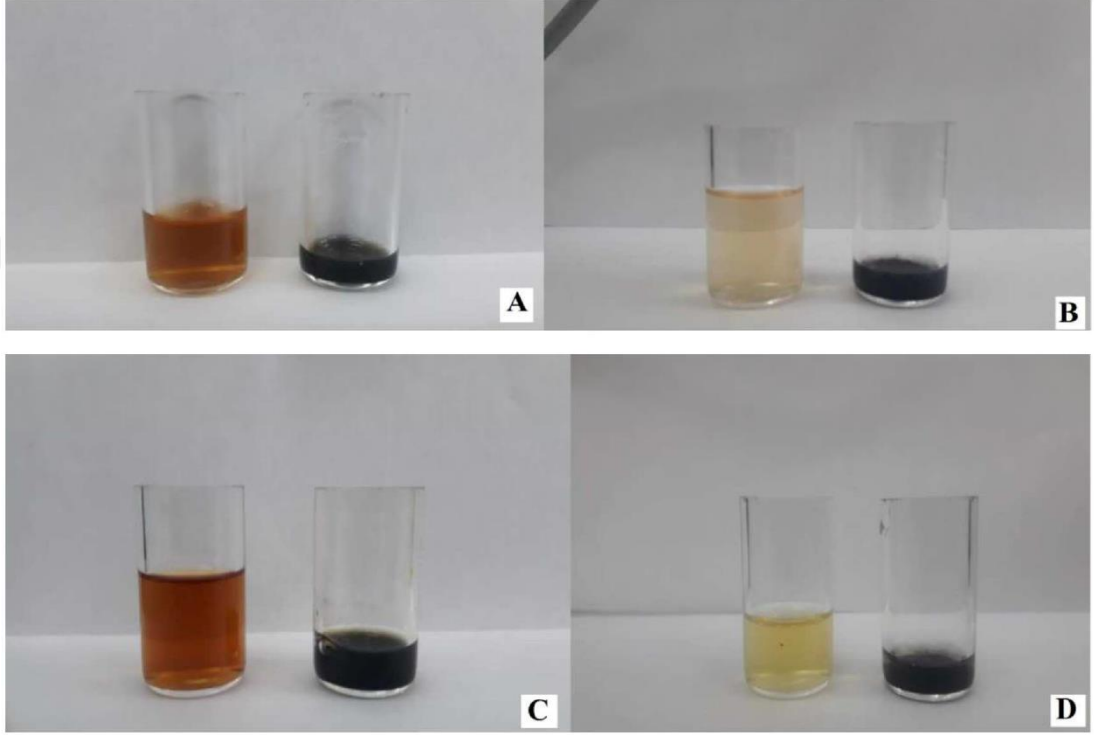
Kurşun asetat testine göre, 1 mL bitki özütü, birkaç damla %10 luk kurşun asetat çözeltisi ile muamele edilmiş ve sarı bir çökelti oluştuğu gözlenmiştir. Bu da flavonoidlerin var olduğunu göstermektedir (Shaikh vd., 2020; Silva vd., 2017; Tiwari vd., 2011; Sing ve Kumar , 2017). *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) bitkisinin kök ve yaprak organlarının erkek ve dişi bireylerinde flavonoidlerin varlığı ile ilgili sonuçlar, Şekil 4.18 ve Tablo 4.2’de verilmiştir. Flavonoidlerin erkek yaprak ve dişi yaprakta var olduğu, dişi kök ve erkek kökte ise var olmadığı gözlenmiştir



Şekil 4.18 *P. Khinjuk* stocks (Bittım) Dişi yaprak (A) ve erkek yaprakta (B) flavonoidlerin varlığı

Ferrik klorür testine göre, bitki özütü birkaç damla %5 Ferrik klorür çözeltisi ile muamele edilmiş ve Koyu yeşil/mavimsi siyah rengin oluşması fenollerin varlığını

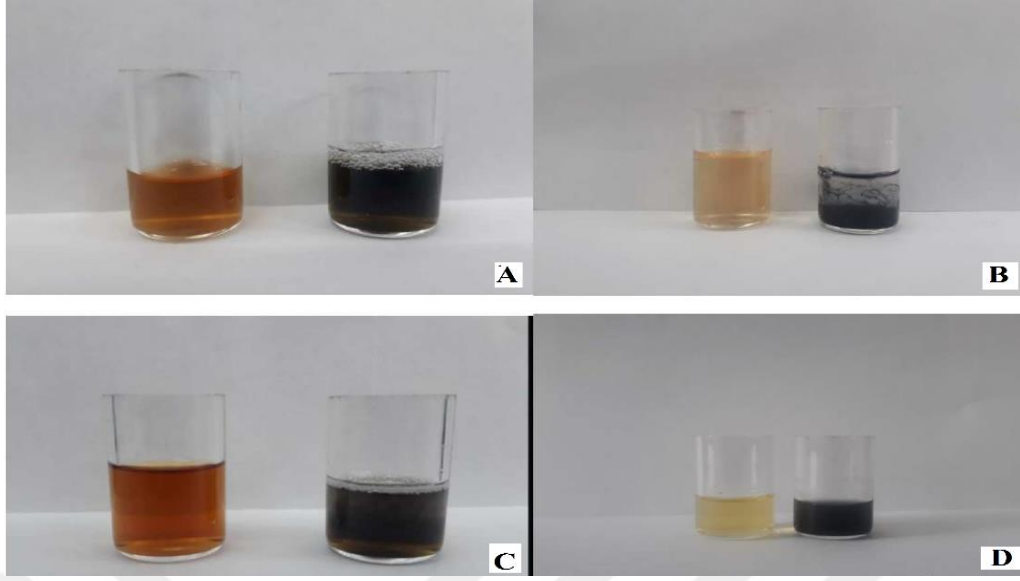
göstermiştir (Shaikh vd., 2020; Tiwari vd., 2011; Raman, 2006). *Pistacia khinjuk* stocks (Bıttım) bitkisinin kök ve yaprak organlarının erkek ve dişi bireylerinde flavonoidlerin varlığı ile ilgili sonuçlar, Şekil 4.19 ve Tablo 4.2’de verilmiştir. Fenollerin tespitinde kullanılan ferrik klorür testinde erkek ve dişi kök, erkek ve dişi yaprakta fenollerin varlığı tespit gözlemlenmiştir.



Şekil 4.19 *P. Khinjuk* stocks (Bıttım) Dişi kök (A), dişi yaprak (B), erkek kök (C) ve erkek yaprakta (D) fenollerin varlığı

Braymer testine göre 1mL bitki özütü 3mL damıtılmış su ve 3 damla %10 Ferrik klorür çözeltisi ile karıştırıldı. Mavi-yeşil rengin oluşması tanenlerin varlığını göstermektedir (Shaikh vd., 2020; Sing ve Kumar, 2017; Uma vd., 2017). *Pistacia khinjuk* stocks (Bıttım) bitkisinin kök ve yaprak organlarının erkek ve dişi bireylerinde tanenlerin varlığı ile ilgili sonuçlar, Şekil 4.20 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tanenlerin tespitinde kullanılan braymer testinde erkek kök, dişi kök, erkek yaprak ve dişi yaprakta tanenlerin varlığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.20 P. *khinjuk* stocks (Bıttım) Dişi kök (A), dişi yaprak (B), erkek kök (C) ve erkek yaprakta (D) tanenlerin varlığı

HCl testi: 2 mL bitki özüne 2 mL 2N HCl ve birkaç mL amonyak damlatıldı. Pembe-kırmızı çözelti amonyak ilavesinden sonra mavi-mor renge dönüşüyorsa antosiyaninlerin varlığını gösterir (Shaikh vd., 2022; Savithramma vd.,2011; Obouayeba vd., 2015).

Pistacia khinjuk stocks (Bıttım) bitkisinin kök ve yaprak organlarının erkek ve dişi bireylerinde antosiyaninlerin varlığı ile ilgili sonuçlar, Tablo 4.2’de verilmiştir. Antosiyaninlerin tespitinde kullanılan HCl testinde *Pistacia khinjuk* stocks (Bıttım) bitkisinin kök ve yaprak organlarının erkek ve dişi bireylerinin özütlerinde antosiyaninlerin var olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.2 *Pistacia khinjuk* stocks (Bıttım) bitkisinin yaprak ve kök organlarının dişi ve erkek birey ekstrelerinin ön fitokimyasal taraması

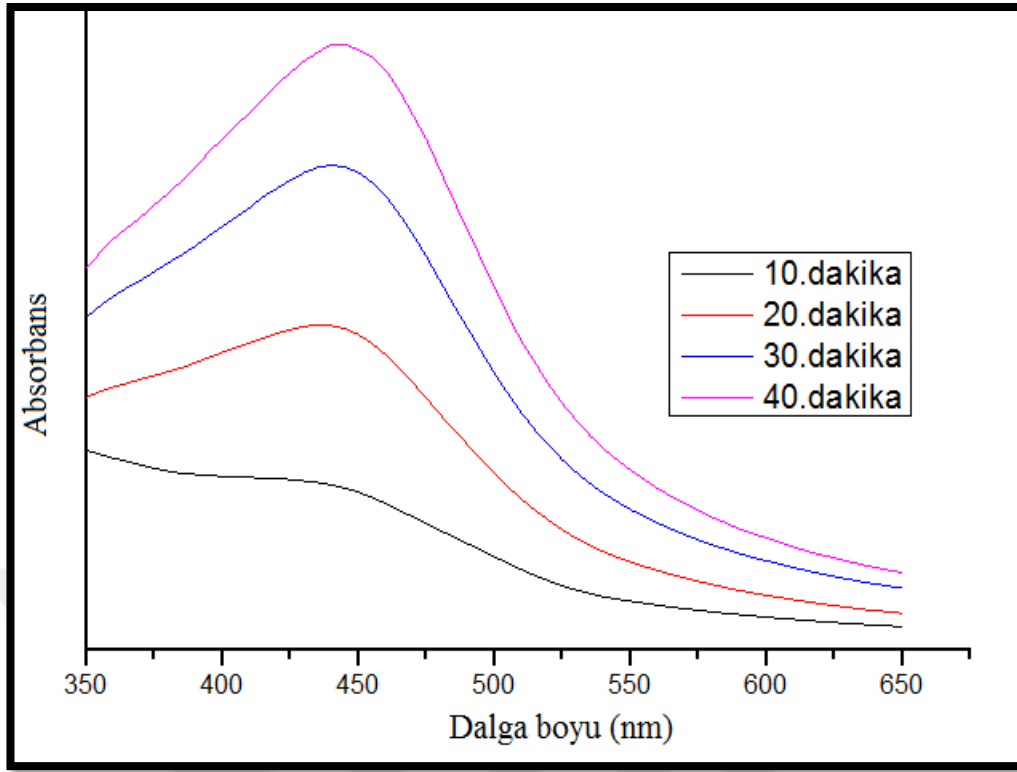
Sekonder Metabolitler	Test	Erkek Kök	Dişi Kök	Erkek Yaprak	Dişi Yaprak
Alkaloidler	Tannik asit testi	+	+	+	-
Flavonoidler	Kurşun asetat testi	-	-	+	+
Fenoller	Ferrik klorür testi	+	+	+	+
Tanenler	Braymer testi	+	+	+	+
Antosiyaninler	HCl testi	-	-	-	-

+: VAR -: YOK

4.6 UV-Vis Spektroskopisi Analizi

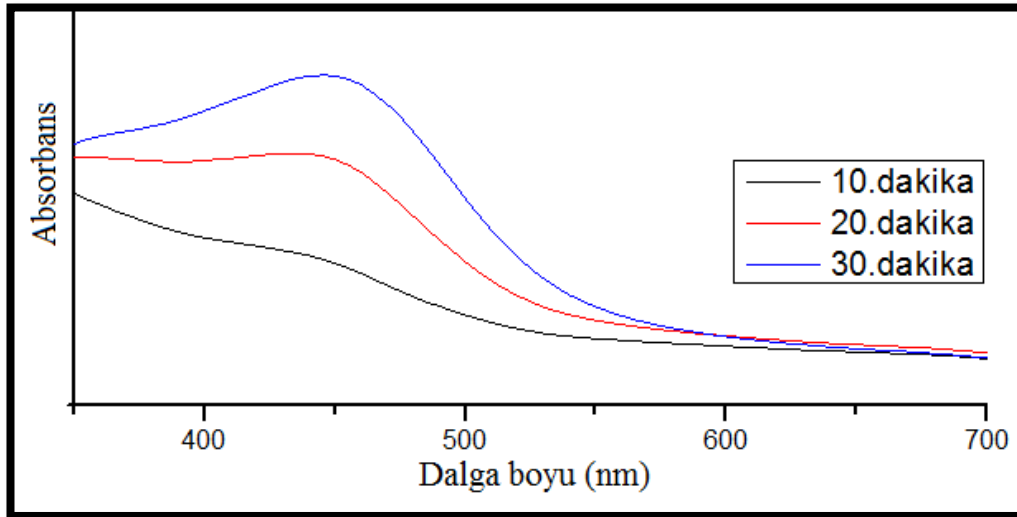
AgNP'lerin oluşumu için gereken optimum süreler tespit etmek için, DY, DK, EY ve EK özütleri ile AgNO₃ çözeltisi, 25°C'de 500 rpm de, karanlık ortamda, manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak, belli zaman aralıklarında numuneler alınmış ve absorpsiyon spektrum değerleri ölçülmüştür. Süreye bağlı renk değişimi gözlenmiş ve karışımın rengi açık kahverengiden koyu kahverengiye dönmüştür. Reaksiyon karışımının rengindeki bu değişiklik, gümüş nanoparçacıkların oluşumu için birincil kanıt olarak alınmıştır (Rajakumar vd., 2011). Gümüş nanoparçacıklar, büyük ölçüde nanoparçacıkların morfolojisine bağlı olan Yüzey Plazmon Rezonansı (LSPR) ile doğrudan ilişkili ilginç optik özellikler sergilemektedir. Huang ve Yang'a (2004) göre AgNP'lerin tipik bir plazmon rezonans bandı, 400-450 nm aralığında bir absorpsiyon bandı ile doğrulanır. UV-Vis spektrumlarından görülebileceği gibi, AgNP'lerin oluşumu, bu pikin genişliği, oluşan AgNP'lerin çoklu dağılımının bir göstergesi olarak alınmıştır (Veerasamy vd., 2011). Elde edilen pikin absorpsiyonunun, Bittım (*P. khinjuk* stocks) ekstraktları ile gümüş nitrat çözeltileri arasındaki reaksiyon süresinin artmasıyla arttığı bulunmuştur. Bu pikin genişliği, oluşan AgNP'lerin çoklu dağılımının bir göstergesi olarak alınmıştır (El-Chaghabay vd., 2011). Reaksiyon süresi arttıkça daha fazla gümüş nanopartikül oluşur. Oluşan gümüş nanopartiküllerin kararsızlığından dolayı, gümüş nanopartiküllerin optimum süreden sonra aglomerasyonu daha büyük partikül boyutlarına neden olduğu için optimum bir süre gerekir (Veerasamy vd., 2011).

DK-AgNP'lere ait UV-Vis spektrumları, Şekil 4.21'de verilmiştir. Maksimum absorpsiyon 445 nm'de ve absorpsiyon geniş bir dalga boyu aralığında meydana gelmiştir. DK-AgNP'lerin oluşumu için gereken optimum süre 40 dakika olarak optimize edilmiştir.



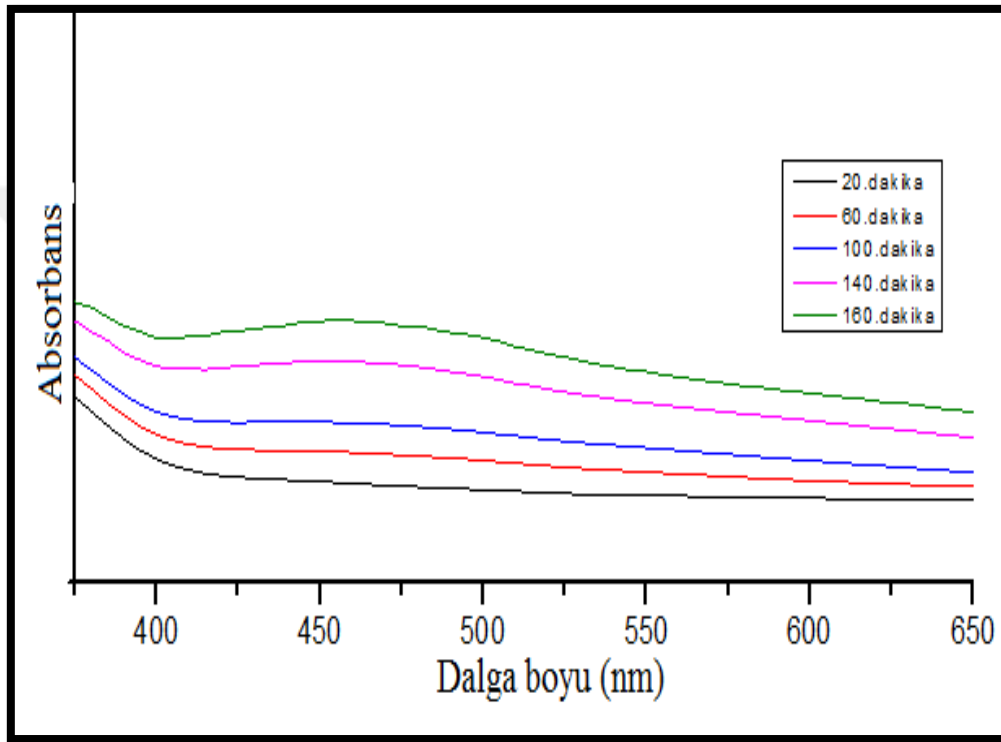
Şekil 4.21 DK-AgNP'lerin oluşumuna ait UV-Vis spektrumu

EK-AgNP'lerin oluşumu ile ilgili UV-Vis spektrumları, Şekil 4.22'de verilmiştir. Maksimum absorpsiyon 449 nm'de ve absorpsiyon geniş bir dalga boyu aralığında meydana gelmiştir. EK-AgNP'lerin oluşumu için gereken optimum süre 30 dakika olarak optimize edilmiştir.



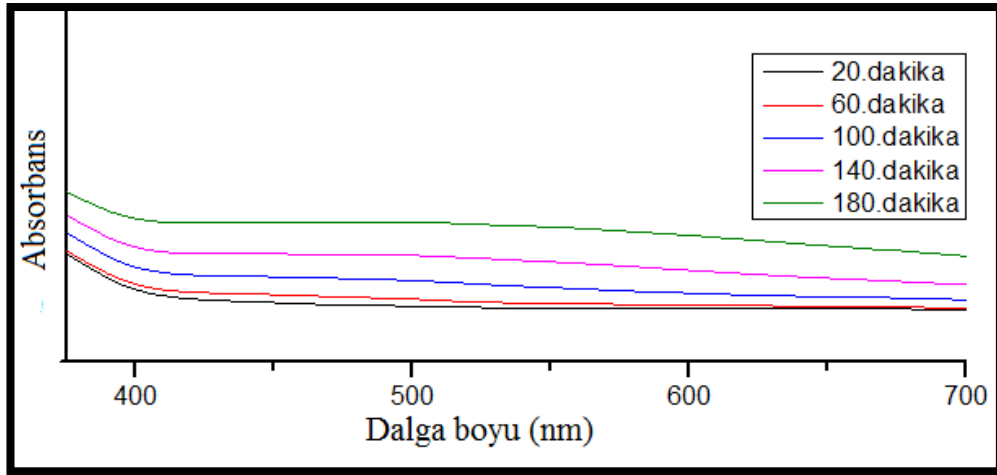
Şekil 4.22 EK-AgNP'lerin oluşumuna ait UV-Vis spektrumu

DY-AgNP'lerin oluşumu ile ilgili UV-Vis spektrumları, Şekil 4.23 'te verilmiştir. Maksimum absorpsiyon 460 nm'de ve absorpsiyon geniş bir dalga boyu aralığında meydana gelmiştir. UV-vis spektroskopisi analizinde 20, 60, 100, 140 ve 160 dakika zaman aralıklarında alınan numunelerde gümüş nanoparçacıklarının oluşumu gözlenmiştir. DY-AgNP'lerin oluşumu için gereken optimum süre 160 dakika olarak belirlenmiştir. Eren ve Baran, (2019), pistacia vera (fıstık) yaprak özütü ile AgNP'ler sentezledikleri çalışmalarında, 460 nm'de belirgin geniş pik belirlemişlerdir.



Şekil 4.23 DY-AgNP'lerin oluşumuna ait UV-Vis spektrumu

EY-AgNP'lerin oluşumu ile ilgili UV-Vis spektrumları, Şekil 4.24'te verilmiştir. Maksimum absorpsiyon 460 nm'de ve absorpsiyon geniş bir dalga boyu aralığında meydana gelmiştir. UV-vis spektroskopisi analizinde 20, 60, 100, 140 160 ve 180 dakika zaman aralıklarında alınan numunelerde gümüş nanoparçacıklarının oluşumu gözlenmiştir. EY-AgNP'lerin oluşumu için gereken optimum süre 180 dakika olarak belirlenmiştir.

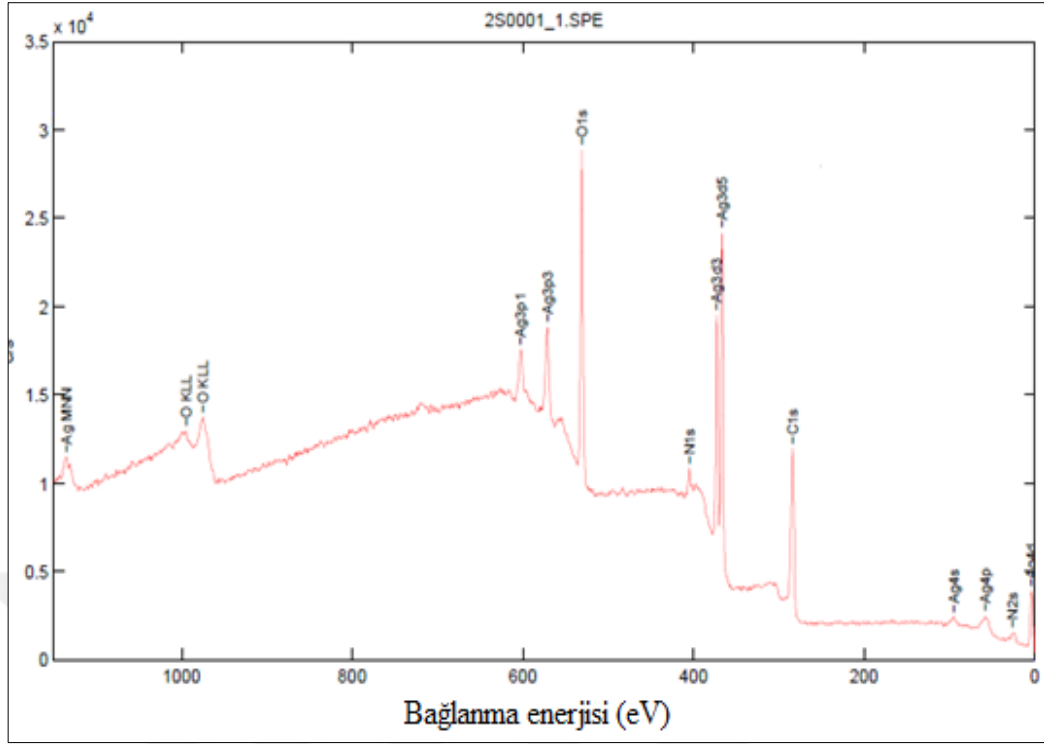


Şekil 4.24 EY-AgNP'lerin oluşumu ile ilgili UV-Vis spektrumları

4.7 XPS Analizi

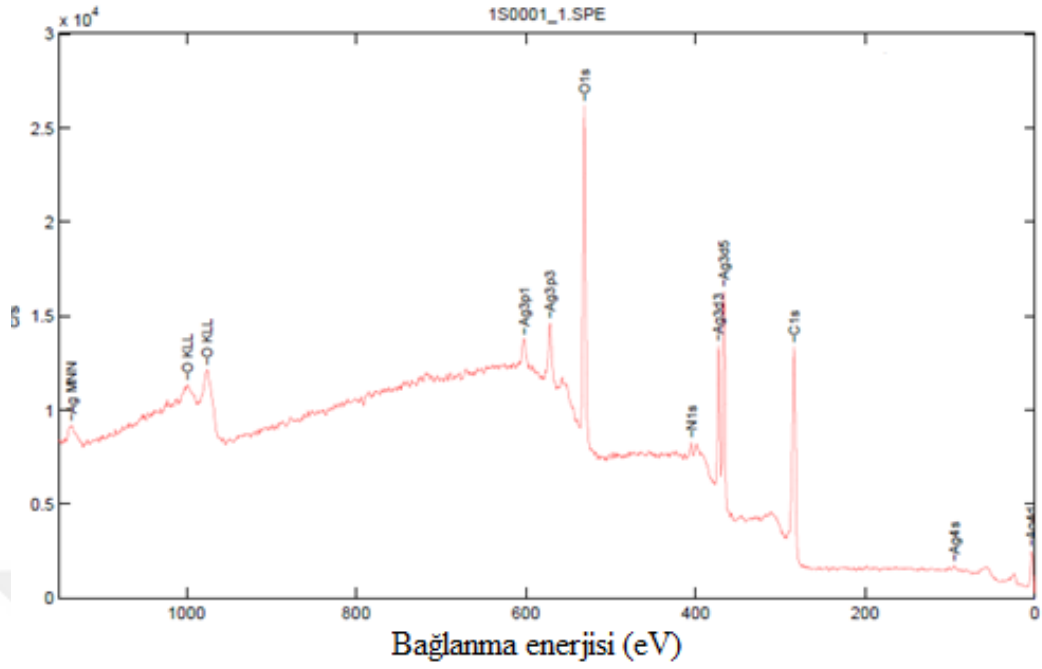
XPS analizi nanopartikül sentezindeki metal-molekül etkileşiminin kimyasal ve elektronik yapısının açıklanmasında detaylı bilgi elde edilmesine imkan sunmaktadır. XPS ile elde edilen genel çözünürlükte spektrumlar karakterize edilip bu spektrumlarda gözlenen kimyasal bağlar yapının aydınlatılmasında kullanılmıştır. AgNP'lerin karakterizasyonu ile ilgili XPS analizi sonuçlarının birbirine benzerlik göstermesi nedeniyle DK ve EK ekstresi kullanılarak hazırlanan AgNPs'in sentezlendiğini gösteren genel çözünürlükte XPS spektrumları Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Şekil 4.25'te DK-AgNPs'a ait genel spektrumunda görüldüğü gibi C (1s), O (1s), N (1s) ve Ag (3d) atomları sırasıyla %55,9 , %35,5, %2,4 ve %6,1 ağırlıkta bulunmuştur. AgNP'ler için Ag⁰'ın 3d₅ spinlerindeki elektronlara ait karakteristik bağlanma enerjilerindeki piklerin AgNP'lerin başarıyla sentezlendiğini göstermektedir. Bu karakteristik pikler diğer biyoekstrelerle sentezlenen AgNP'lerin XPS spektrumlarında da elde edilmiştir (Senapati vd., 2005).



Şekil 4.25 DK-AgNPs'a ait XPS genel tarama spektrumu

Şekil 4.26'da EK-AgNPs'a ait genel spektrumunda görüldüğü gibi C (1s), O (1s), N (1s) ve Ag (3d) atomları sırasıyla %60,8, %34,8, %1,1 ve %3,2 ağırlıkta bulunmuştur. AgNP'ler için Ag^0 'ın 3d₅ spinlerindeki elektronlara ait karakteristik bağlanma enerjilerindeki piklerin AgNP'lerin başarıyla sentezlendiğini göstermektedir. Bu karakteristik pikler diğer biyoekstrelerle sentezlenen AgNP'lerin XPS spektrumlarında da elde edilmiştir (Senapati vd., 2005).



Şekil 4.26 EK-AgNPs'a ait XPS genel tarama spektrumu

4.8 Parçacık Boyutu Dağılımı Ve Zeta Potansiyel Analizi

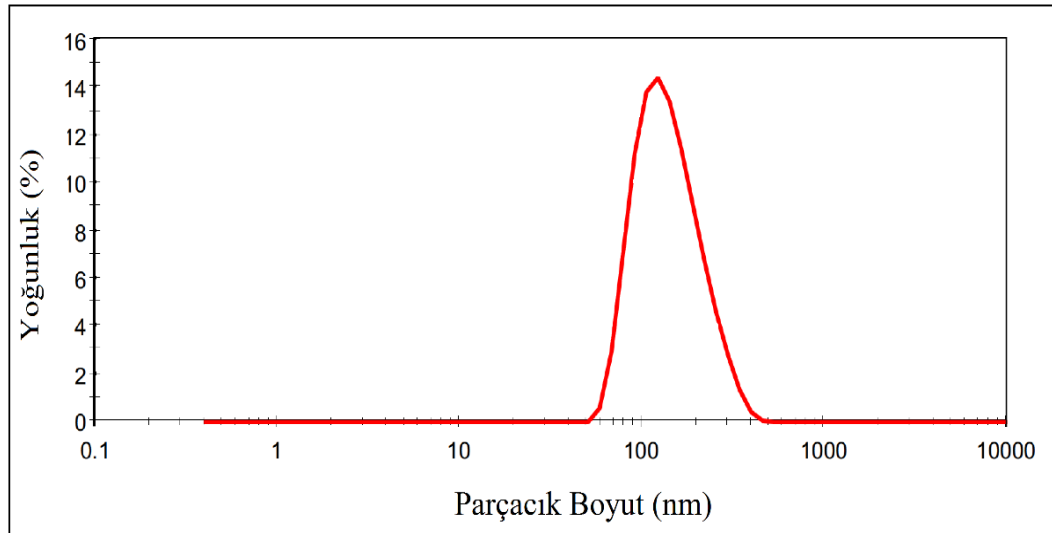
Şekil 4.27, Şekil 4.29, Şekil 4.31 ve Şekil 4.33'te sırasıyla EK-AgNP, DK-AgNP, DY-AgNP ve EY-AgNP'lara ait Zeta Sizer analiz sonuçlarını içeren grafikler verilmiştir. Grafiklerdende görüldüğü gibi SEM görüntülerinden elde edilen parçacık boyutları TEM görüntülerindekilere göre çok daha büyüktür. Dolayısıyla nanoparçacıkların tane boyutunu belirlemede TEM ölçümleri kullanılmıştır. Nanopartiküller, yüksek yüzey enerjileri nedeniyle kararsızdırlar. Kararlı hale gelebilmek için yüzey enerjilerini azaltma eğilimindedirler (Panigrahi, 2013). Bu nedenle parçacıklar kendilerini stabilize etmek için topaklaşmaya/agregasyona uğrarlar. Şekil 4.28, Şekil 4.30, Şekil 4.32 ve Şekil 4.34'te sırasıyla EK-AgNP, DK-AgNP, DY-AgNP ve EY-AgNP'lara ait Zeta potansiyel sonuçlarını içeren grafikler verilmiştir. Nanoparçacıkların yüzeyinde onları kararlı kılan bazı potansiyel yükler vardır. Zeta potansiyeli (Yüzey potansiyeli) bir formun/yapının kararlılığı ile doğrudan ilişkilidir (Panigrahi, 2013). Tablo 4.3'te Zeta potansiyel değerleri ile nanoparçacıkların kararlılıkları arasındaki ilişki verilmiştir.

Pistacia khinjuk (Bıttım) Dişi ve Erkek kısımlarının özütleri kullanılarak sentezlenen AgNP'lara ait parçacık boyut dağılımı ve zeta potansiyel değerleri (n:3 için $X_{ort} \pm s$) Tablo 4.4'te verilmiştir.

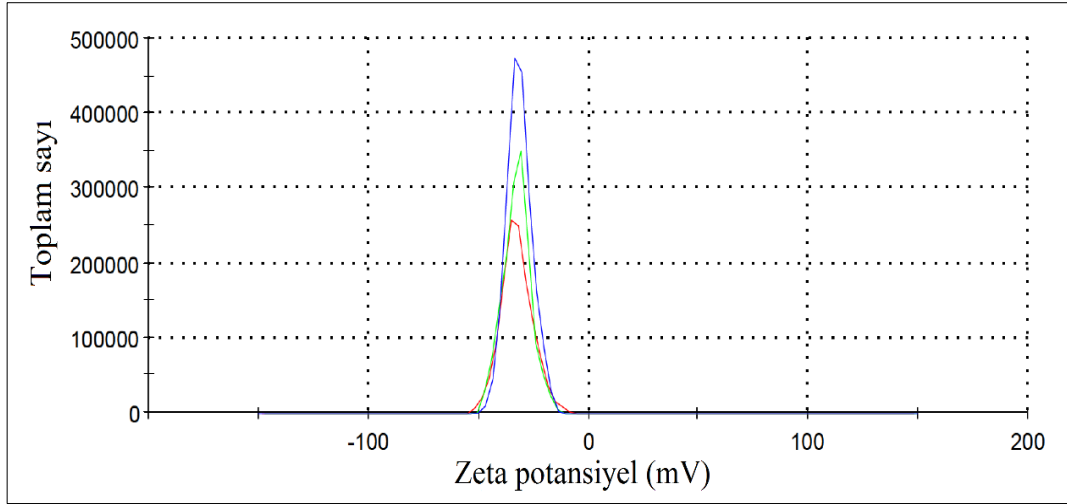
Tablo 4.3 Nanopartiküllerin kararlılığı ile zeta potansiyel arasındaki ilişki

Zeta potansiyel (mV)	Kolloidin kararlılık davranışı
0'dan ± 5 'e	Hızlı pıhtılaşma veya flokülasyon
± 10 ila ± 30	Başlangıç istikrarsızlığı
± 30 'dan ± 40 'a	Orta kararlılık
± 40 ila ± 60	İyi stabilite
± 61 'den fazla	Mükemmel stabilite

Şekil 4.27'de EK-AgNPs için aglomerat boyutunu gösteren Zeta sizer grafiği verilmiştir. Grafiğe göre AgNPs için parçacık boyutu yaklaşık olarak 150,1 nm civarında olduğu görülmüştür. Şekil 4.28'de EK-AgNPs için Zeta potansiyel grafiği verilmiştir ve Zeta potansiyel değeri $-32,16 \pm 0,543$ mV olarak ölçülmüştür.

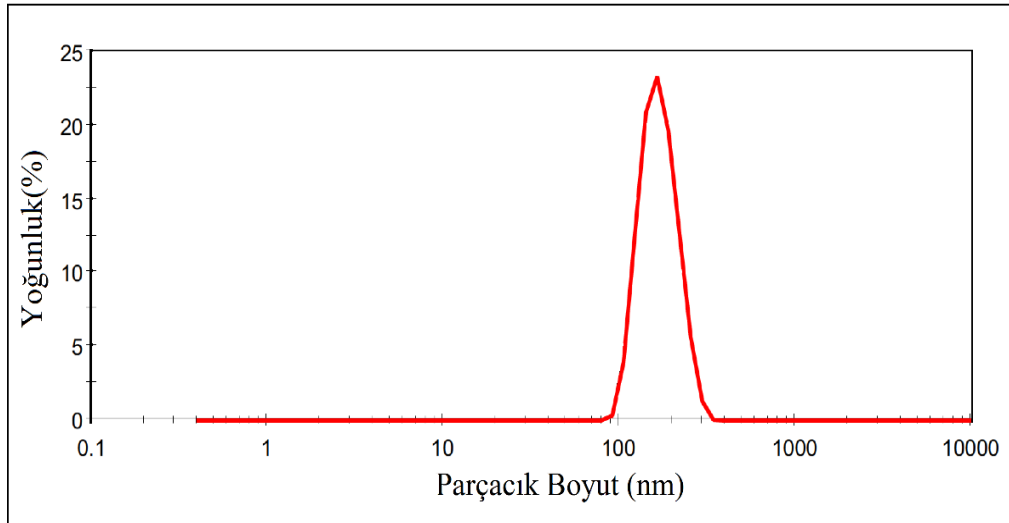


Şekil 4.27 EK-AgNP'ler için hidrodinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği

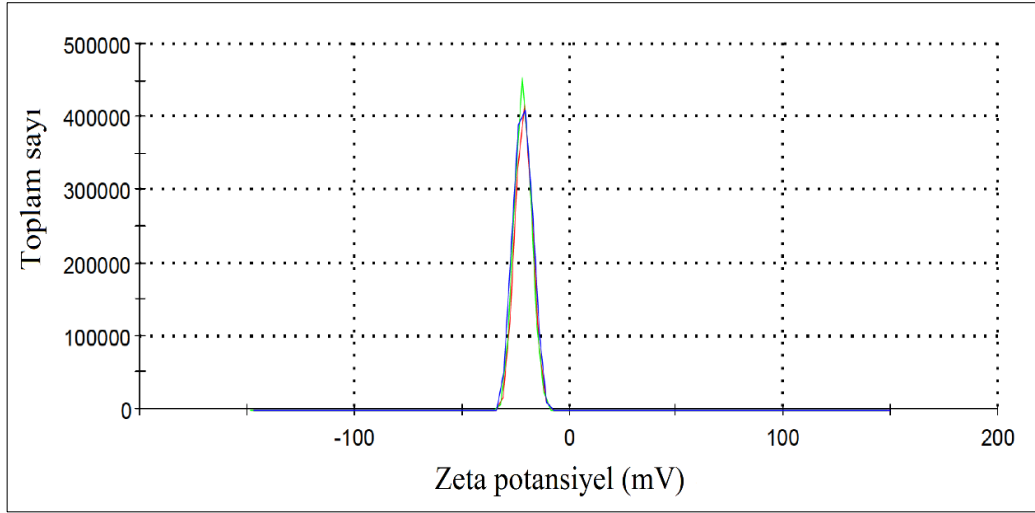


Şekil 4.28 EK-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği

Şekil 4.29'da DK-AgNPs için aglomerat boyutunu gösteren Zeta sizer grafiği verilmiştir. Grafiğe göre AgNPs için parçacık boyutu yaklaşık olarak 213,5 nm civarında olduğu görülmüştür. Şekil 4.30'da DK-AgNP için Zeta potansiyel grafiği verilmiştir ve Zeta potansiyel değeri $-21,36 \pm 0,188$ mV olarak ölçülmüştür.

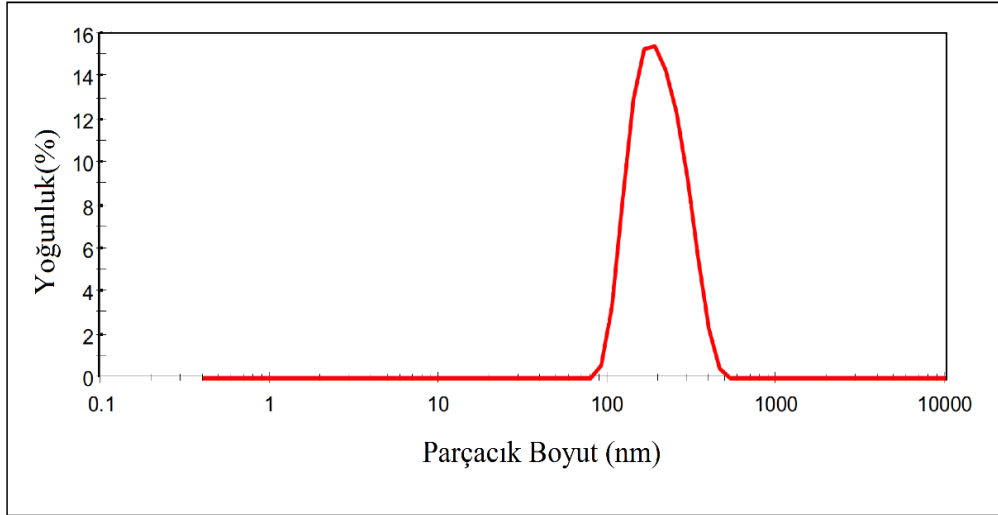


Şekil 4.29 DK-AgNPs'm hidrokinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği

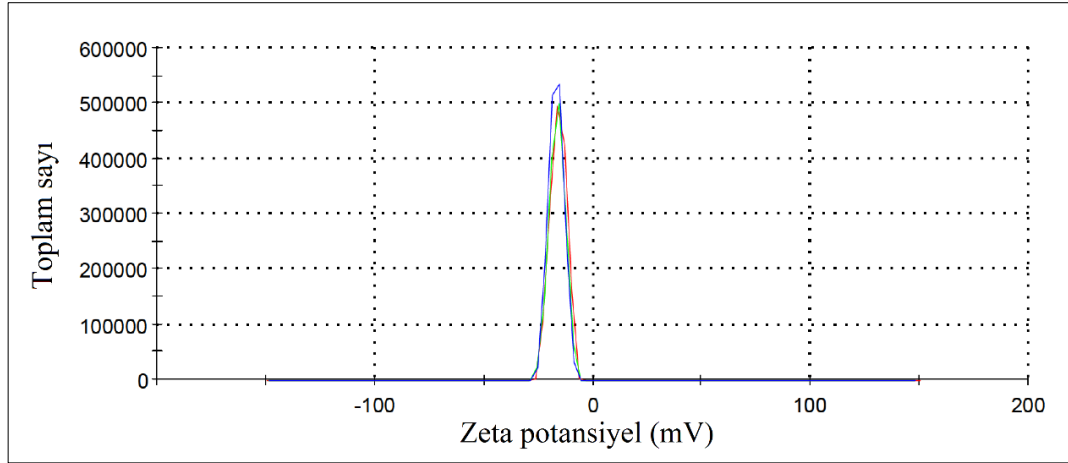


Şekil 4.30 DK-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği

Şekil 4.31'de DY-AgNPs için aglomerat boyutunu gösteren Zeta sizer grafiği verilmiştir. Grafiğe göre AgNPs için parçacık boyutu yaklaşık olarak 213,8 nm civarında olduğu görülmüştür. Şekil 4.32'de DY-AgNP için Zeta potansiyel grafiği verilmiştir ve Zeta potansiyel değeri $-16,3 \pm 0,408$ mV olarak ölçülmüştür.

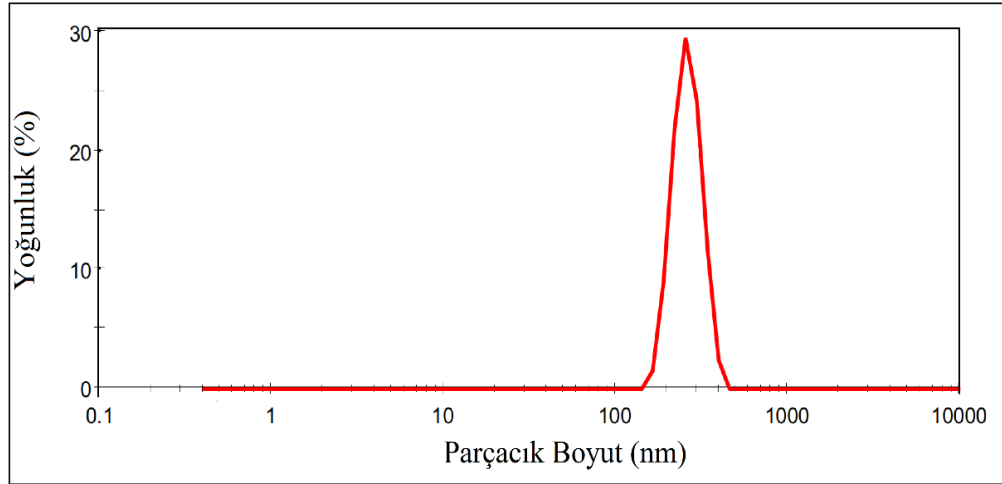


Şekil 4.31 DY-AgNPs'm hidrokinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği

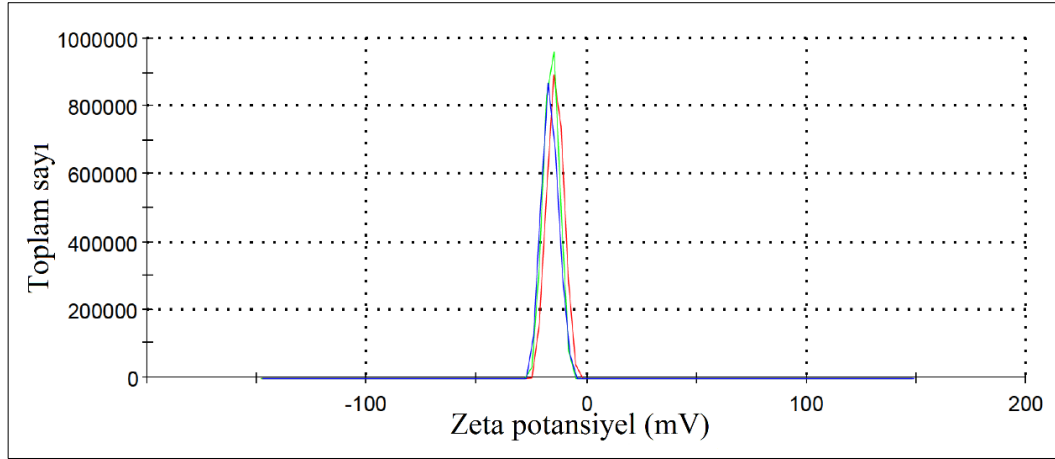


Şekil 4.32 DY-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği

Şekil 4.33'te EY-AgNPs için aglomerat boyutunu gösteren Zeta sizer grafiği verilmiştir. Grafiğe göre AgNPs için parçacık boyutu yaklaşık olarak 488,3 nm civarında olduğu görülmüştür. Şekil 4.34 'de EY-AgNP için Zeta potansiyel grafiği verilmiştir ve Zeta potansiyel değeri $-15,7 \pm 1,019$ mV olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.33 EY-AgNP'ların hidrodinamik aglomerat boyut dağılımı grafiği



Şekil 4.34 EY-AgNP'lerin zeta potansiyel ölçüm grafiği

Tablo 4.4'te EK-AgNP, DK-AgNP, DY-AgNP ve EY-AgNP'lara ait parçacık boyut dağılımı ve zeta potansiyel analiz sonuçları verilmiştir.

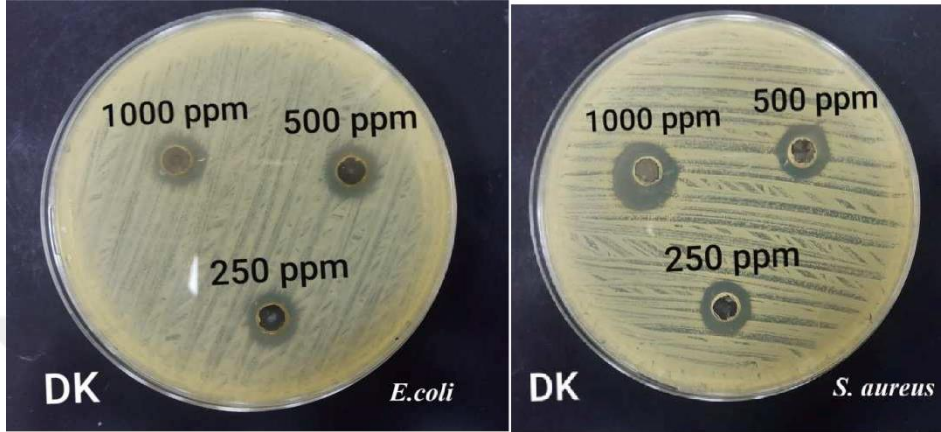
Tablo 4.4 *Pistacia khinjuk* stocks (Bıttım) Dişi ve Erkek kısımlarının özütleri kullanılarak sentezlenen AgNP'lara ait parçacık boyut dağılımı ve zeta potansiyel değerleri (n:3 için $X_{ort} \pm s$)

Nanopartiküller		Parçacık agregasyon boyutu dağılımı (nm)	Zeta potansiyel (mV)
Dişi kök	AgNP	213,5	-21,36±0,188
Erkek kök	AgNP	150,1	-32,16±0,543
Dişi Yaprak	AgNP	213,8	-16,3±0,408
Erkek yaprak	AgNP	488,3	-15,7±1,019

4.9 Antimikrobiyal Aktivite Ölçümü

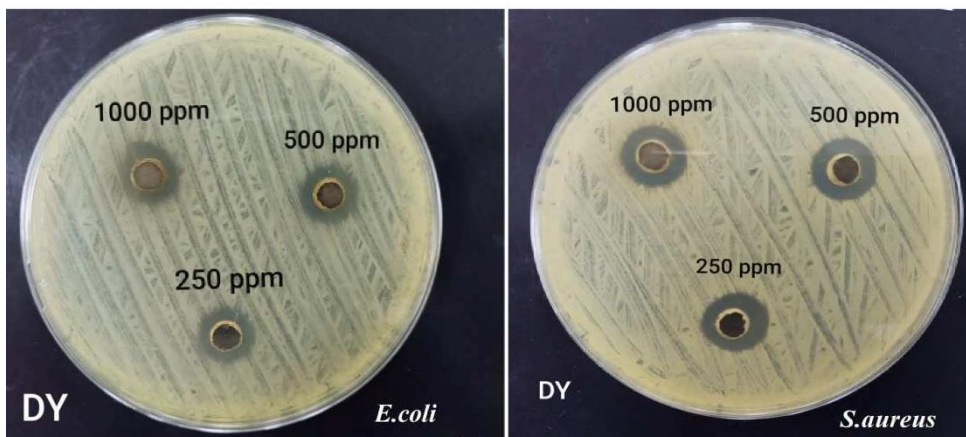
Bıttım bitkisinden sentezlenen nanopartiküllerin *Staphylococcus Aureus* (*S. aureus*), ve *Escherichia coli* (*E. coli*) olmak üzere iki bakteri türüne karşı antimikrobiyal davranışı incelendi. Bu amaçla, bu bakteriler agar üzerinde büyütülmüş ve çok temiz agar plakalarında açılan kuyucuklara farklı derişimlerde (1000 ppm, 5000 ppm ve 250 ppm) gümüş nanopartiküller eklenmiştir. Sonuçların teyidi ve elde edilen sonuçların doğrulanması ve karşılaştırma yapabilmek adına bitkinin dişi kök, dişi yaprak, erkek kök ve erkek yaprak kısımlarından elde edilen özütler kullanılarak sentezlenen nanopartiküller kullanılmış ve dijital cetvel kullanılarak inhibisyon bölgesi hassas bir şekilde ölçülmüştür. Tablo 4.5 bitkinin farklı kısımlarından sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal etkisini göstermektedir.

DK-AgNP'ların, *Staphilococcus Auresus* (*S. aureus*) ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi Şekil 4.35' te gösterilmiştir. *E. coli* için dişi kök kısımdan sentezlenen AgNP'ler kullanıldığında inhibisyon zonu 10,8 mm, *S.aureus* için dişi kök kısımdan sentezlenen NP'ler kullanıldığında ise 11,9 mm'dir.



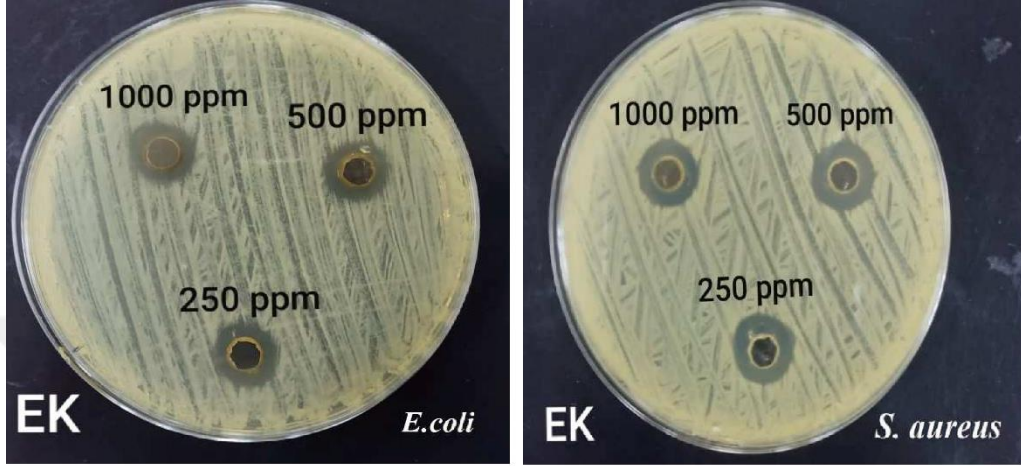
Şekil 4.35 DK-AgNP'lerin *Staphilococcus Auresus* (*S. aureus*),ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi

DY-AgNP'ların, *Staphilococcus Auresus* (*S. aureus*) ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi Şekil 4.36'da gösterilmiştir. *E. coli* için DY-AgNP'ler kullanıldığında inhibisyon zonu 11,1 mm, *S.aureus* için DY-AgNP'ler kullanıldığında ise 12,4 mm'dir.



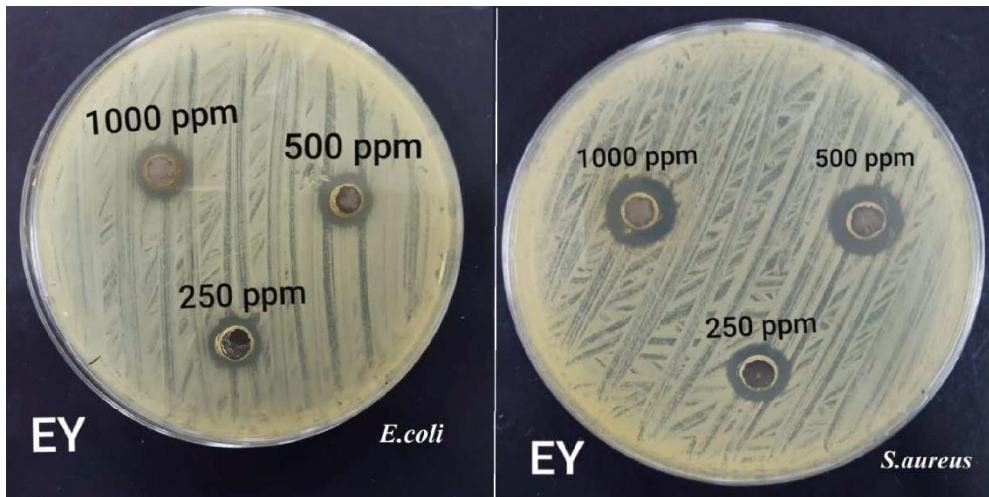
Şekil 4.36 DY-AgNP'lerin *Staphilococcus Auresus* (*S. aureus*),ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi

EK-AgNP'ların, *Staphylococcus Aureus* (*S. aureus*) ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi Şekil 4.37'de gösterilmiştir. *E. coli* için EK-AgNP'ler kullanıldığında inhibisyon zonu 11,3 mm, *S.aureus* için EK-AgNP'ler kullanıldığında ise 12,4 mm'dir.



Şekil 4.37 EK-AgNP'lerin *Staphylococcus Aureus* (*S. aureus*),ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi

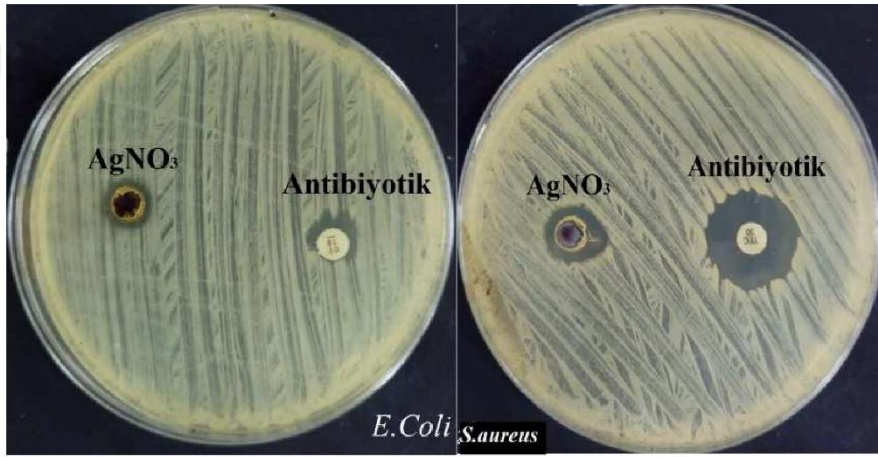
EY-AgNP'ların, *Staphylococcus Aureus* (*S. aureus*) ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi Şekil 4.38'de gösterilmiştir. *E. coli* için EY-AgNP'ler kullanıldığında inhibisyon zonu 10,6 mm, *S.aureus* için EY-AgNP'ler kullanıldığında ise 12,2 mm'dir.



Şekil 4.38 EY-AgNP'lerin *Staphylococcus Aureus* (*S. aureus*),ve *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerindeki inhibitor etkisi

Bu çalışmada, *E. coli* için CT(Colistin) antibiyotiği ve *S.aureus* için ise TEC(Teikoplanin) antibiyotiği kullanılmıştır. CT(Colistin) ve TEC(Teikoplanin) antibiyotiklerinin sırasıyla *Escherichia coli* (*E. coli*) ve *Staphilococcus Auresus* (*S. aureus*) üzerindeki inhibitor etkisi Şekil 4.39’da verilmiştir.

Ayrıca her iki bakteri ortamına $AgNO_3$ çözeltisi eklenmiştir. *E.coli* için kullanılan antibiyotiğin oluşturduğu inhibisyon zonu 8,5 mm, *S.aureus* için kullanılan antibiyotiğin oluşturduğu inhibisyon zonu 17,4 mm dir. $AgNO_3$ çözeltisinin *E.coli* bakterisinde oluşturduğu inhibisyon zonu 9 mm, *S.aureus* bakterisinde oluşturduğu inhibisyon zonu ise 11 mm dir. Şekil 4.43 ‘te gösterilmiştir.



Şekil 4.39 *Staphilococcus Auresus* (*S. aureus*),ve *Escherichia coli* (*E. coli*) bakterilerinde $AgNO_3$ ve antibiyotiklerin inhibitör zoonu üzerindeki etkisi

Bu sonuçlara dayanarak, bitkinin farklı kısımlarından elde edilen nanopartiküller için maksimum inhibisyon bölgesi kaydedildi.

Oluşan zoon çaplarını farklı olmasının nedeni bitkinin farklı kısımlarından sentezlenen gümüş partiküllerden kaynaklanmaktadır. Bitkinin farklı bölgelerinden elde edilen nanopartiküller karşılaştırıldığında bu bölgelerdeki sekonder metabolitler farklı özellikte olduğundan, bu nedenle farklı bölgelerden sentezlenen nanopartiküller çevreye, bakteriye ve enfeksiyon bölgesine maruz kalır. Böylece, erkek kök bitkinin diğer bölgelerinden sentezlenen nanoparçacıklara kıyasla daha güçlü antimikrobiyal davranış sergiledi. Zeta sizer ve zeta potansiyel değerlerine bakıldığında erkek kök nanopartiküllerin en kararlı olduğu ve en az aglomerasyona uğradığı görülmüştür. Antimikrobiyal aktivite sonuçları bunu desteklemektedir.

Tablo 4.5 *Pistacia khinjuk* stocks (Bıttım) dişi ve erkek bireylerine ait kök ve yapraktan biyosentez yöntemiyle sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitesi (n:3 için Xort±s)

AgNPS	Konsantrasyon	E.coli (mm)	S. aureus (mm)
Dişi yaprak	1000 ppm	10,83±0,601	11,80±0,424
	500 ppm	11,13±0,124	12,43±0,518
	250 ppm	10,73±0,094	12,03±0,684
Dişi kök	1000 ppm	10,26±0,094	11,96±0,286
	500 ppm	10,83±0,125	11,93±0,531
	250 ppm	10,73±0,082	11,70±0,565
Erkek yaprak	1000 ppm	10,63±0,124	12,26±0,309
	500 ppm	10,33±0,094	12,13±0,262
	250 ppm	9,76±0,478	11,13±0,124
Erkek kök	1000 ppm	11,10±0,082	12,30±0,668
	500 ppm	10,66±0,249	12,46±0,694
	250 ppm	11,30±0,294	12,46±0,612
AgNO₃ çözeltisi		9	11
CT(Colistin) Antibiyotik		8,5	-
TEC(Teikoplanin) Antibiyotik		-	17,4

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, *Pistacia khinjuk* (Bittım) bitkisinin yaprak ve kök organlarının erkek ve dişi bireylerine ait ekstraktların, AgNP biyosentezinde kullanılmaları ve aralarındaki biyosentez performans farklılıklarını ortaya koymak amacı ile yapılmıştır.

I. AgNP'lerin sentezi, *Pistacia khinjuk* (Bittım) erkek ve dişi bireylerine ait yaprak ve kök ekstraktları kullanılarak hızlı, ucuz ve çevre dostu bir yöntemle gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen nanopartiküller küresel şekle sahiptir. EDX analizinin ortaya koymuş olduğu gibi kristaldır ve boyutları TEM analizinde gösterildiği gibi dişi kök AgNP'ler küre şeklinde ve tahmini boyutları 1-33 nm, dişi yaprak AgNP'ler küre şeklinde ve tahmini boyutları 1-40 nm, erkek kök AgNP'ler küre şeklinde ve tahmini boyutları 1-40 nm ve erkek yaprak AgNP'ler ise küre şeklinde ve tahmini boyutları 1-60 nm'dir. AgNP'lerin oluşumunu izlemek için UV-VIS spektrofotometre kullanılmıştır. Absorbanslarının 445 ila 460 nm arasında olduğu gösterilmiştir. Maksimum absorpsiyonda dalga boyu değişimi, nanopartiküllerin boyut veya morfolojisindeki farklılıktan etkilenmiştir. *Pistacia khinjuk* (Bittım) bitkisinin erkek bireylerine ait kök ekstraktları kullanılarak sentezlenen AgNP'ler 449 nm'de emilim yaparken, *Pistacia khinjuk* (Bittım) erkek bireylerine ait yaprak ekstraktları kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin emilimi 460 nm, *Pistacia khinjuk* stocks (Bittım) dişi bireylerine ait kök ekstraktları kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin emilimi 445 nm ve *Pistacia khinjuk* (Bittım) dişi bireylerine ait yaprak ekstraktları kullanılarak sentezlenen AgNP'lerin emilimi ise 460 nm'dir.

II. Çalışma, farklı bitki kısımlarının (kök ve yaprak) dişi ve erkek bireylerinden hazırlanan bitki ekstraktlarının, önemli ölçüde farklı boyutlardaki AgNP'lerin sentezine aracılık etme yeteneğine sahip olduğunu doğrulamaktadır. AgNP'lerin aynı koşullarda sentezlenmesi için geçen süre bitkinin farklı kısımlarında (kök ve yaprak) değişmektedir.

III. *Pistacia khinjuk* (Bittım) bitkisinin yaprak ve kök organlarının erkek ve dişi bireylerine ait ekstraktlarının, AgNP biyosentezinde kullanılmalarıyla aralarındaki biyosentez performans farklılıklarını ortaya koymak için analiz sonuçları değerlendirilmiştir. SEM görüntüleri oldukça faydalı bilgiler sunmuştur. Dişi ve erkek bireylerin yaprak ve kök SEM görüntüleri karşılaştırıldığında, dişi ve erkek bireylerin yaprak özütlerinde çapı 30 nm ila 80 nm aralığında değişen iplikçikler tespit edilmiştir. Bu iplikçikler, dişi ve erkek bireylerin köklerinde tespit edilmemiştir. İplikçiklerin

boyutlarının küçük olması nedeniyle santrifüjleme ve süzme işlemlerinde özütten arındırılmamıştır. Aynı zamanda dişi ve erkek bireylerinin yaprak özütlerinde bulunan iplikçiklerden dolayı, UV-Vis spektrofotometrik olarak Ag'ye ait yüzey plazmon rezonans bandının (400-450 nm) takibi sağlıklı bir şekilde yapılamamıştır.

IV. Yapılan antimikrobiyal çalışma sonucunda *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerinin, sentezlenen DY-AgNP, EY-AgNP, DK-AgNP ve EK-AgNP'lere duyarlı olduğu kanıtlanmıştır. *E. coli* bakterisine karşı en yüksek antimikrobiyal aktiviteyi EK-AgNP ($12,46 \pm 0,694$) göstermiştir. Ayrıca DY-AgNP, EY-AgNP, DK-AgNP ve EK-AgNP'lerin *E.coli* bakterisine duyarlı olan antibiyotiğe CT (colistin) oranla daha yüksek inhibisyon bölgesine sahip olduğu kanıtlanmıştır ve CT antibiyotiğine alternatif olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. *S.aureus* bakterisine duyarlı TEC (Teikoplanin) ($17,4$ mm) antibiyotiğine alternatif olarakta EK-AgNP'ler ($12,46 \pm 0,6944$ mm) kullanılabilir.

V. Bu çalışmada *Pistacia khinjak* (Bıttım) bitkisinin aynı organının erkek ve dişi birey ekstraktlarının sentez kapasiteleri SEM, TEM, Zeta Sizer ve Zeta Potansiyel analiz sonuçları değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. EK-AgNP'lerin yaklaşık $150,1$ nm aglomerat boyutu ve $-32,16 \pm 0,543$ mV potansiyele ve DK-AgNP'lerin ise $213,5$ nm aglomerat boyutu ve $-21,36 \pm 0,188$ mV potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. EK-AgNP'lerin, DK-AgNP'lere göre daha iyi bir kararlılık ve aglomerasyona sahip olduğunu tespit edilmiştir. DY-AgNP'ler, $213,8$ nm aglomerat boyutu ve $-16,3 \pm 0,408$ mV potansiyele ve EY-AgNP'ler, $488,3$ nm aglomerat boyutu ve $-15,7 \pm 1,019$ mV potansiyele sahip olduğu ve DY-AgNP'lerin, EY-AgNP'lere göre daha iyi bir kararlılık ve aglomerasyon boyutu sergilemiştir.

VI. Çalışma, basit, ucuz ve çevre dostu yöntemlerle hazırlanan ve ölçeği büyütülebilen bu toksik olmayan AgNP'lerin tıbbi kullanım için yeni ilaçların formüle edilmesinde kullanılabileceğini kanıtlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdulla-Al-Mamun, M., Kusumoto, Y., & Muruganandham, M. (2009). Simple new synthesis of copper nanoparticles in water/acetonitrile mixed solvent and their characterization. *Materials Letters*, 63(23), 2007-2009. DOI:10.1016/j.matlet.2009.06.037
- Abdullah, E. R. E. N., & Baran, M. F. (2019). Fıstık (*Pistacia vera* L.) yaprağından gümüş nanopartikül (AgNP)'lerin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitesinin incelenmesi. *Türkiye tarımsal araştırmalar dergisi*, 6(2), 165-173. <https://doi.org/10.19159/tutad.493006>
- Abou El-Nour, K. M., Eftaiha, A. A., Al-Warthan, A., & Ammar, R. A. (2010). Synthesis and applications of silver nanoparticles. *Arabian journal of chemistry*, 3(3), 135-140. DOI:10.1016/j.arabjc.2010.04.008
- Ahmad, A., Mukherjee, P., Senapati, S., Mandal, D., Khan, M. I., Kumar, R., & Sastry, M. (2003). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Fusarium oxysporum*. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 28(4), 313-318. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(02\)00174-1](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(02)00174-1)
- Ahmad, S. A., Das, S. S., Khatoon, A., Ansari, M. T., Afzal, M., Hasnain, M. S., & Nayak, A. K. (2020). Bactericidal activity of silver nanoparticles: A mechanistic review. *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 756-769. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.09.002>
- Ahmed, K. B. R., Nagy, A. M., Brown, R. P., Zhang, Q., Malghan, S. G., & Goering, P. L. (2017). Silver nanoparticles: Significance of physicochemical properties and assay interference on the interpretation of in vitro cytotoxicity studies. *Toxicology in Vitro*, 38, 179-192. DOI: 10.1016/j.tiv.2016.10.012
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B. L., & Ikram, S. (2016). A review on plants extract mediated synthesis of silver nanopartikülse for antimicrobial applications: a green expertise. *Journal of advanced research*, 7(1), 17-28. DOI: 10.1016/j.jare.2015.02.007
- Akter, S., & Huq, M. A. (2020). Biologically rapid synthesis of silver nanoparticles by *Sphingobium* sp. MAH-11T and their antibacterial activity and mechanisms investigation against drug-resistant pathogenic microbes. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 48(1), 672-682. DOI:10.1080/21691401.2020.1730390
- Alivisatos, A. P. (1996). Perspectives on the physical chemistry of semiconductor nanocrystals. *The Journal of Physical Chemistry*, 100(31), 13226-13239. <https://doi.org/10.1021/jp9535506>
- Allahverdiyev, S., Abamor, Bagirova., and Rafailovich, M. (2011). Antimicrobial effects of TiO₂ and Ag₂O nanoparticles against drug-resistant bacteria and

leishmania parasites. *Future Microbiology*, 6: 933–940. DOI: 10.2217/fmb.11.78

Al-Saghir, M.G., Porter, D.M., 2012, Taxonomic Revision of the Genus Pistacia L. (Anacardiaceae), *American Journal of Plant Sciences*, 3;12-32. DOI:10.4236/ajps.2012.31002

Anamika, M., Sanjukta, C., Prashant, R. and Geeta, W. (2012). Evidence based green synthesis of nanoparticles. *Advanced Materials Letters*, 3: 519-525. DOI:10.5185/amlett.2012.icnano.353

Anandalakshmi, K., Venugobal, J., & Ramasamy, V. (2016). Characterization of silver nanoparticles by green synthesis method using Pedalium murex leaf extract and their antibacterial activity. *Applied Nanoscience*, 6(3), 399-408. <https://doi.org/10.1007/s13204-015-0449-z>

Anbalagan, K., Mohanraj, S., & Pugalenth, V. (2015). Rapid phytosynthesis of nano-sized titanium using leaf extract of Azadirachta indica. *International Journal of ChemTech Research*, 8(4), 2047-2052.

Andrievskii, R. A. (1994). The synthesis and properties of nanocrystalline refractory compounds. *Russian Chemical Reviews*, 63(5), 411. 10.1070/RC1994v063n05ABEH000094

Ankanna, S. T. N. V. K. V. P., Prasad, T. N. V. K. V., Elumalai, E. K., & Savithramma, N. (2010). Production of biogenic silver nanoparticles using Boswellia ovalifoliolata stem bark. *Dig J Nanomater Biostruct*, 5(2), 369-372.

Anker, J. N., Hall, W. P., Lyandres, O., Shah, N. C., Zhao, J., & Van Duyne, R. P. (2008). Biosensing with plasmonic nanosensors. *Nature materials*, 7(6), 442-453. <https://doi.org/10.1038/nmat2162>

Antonietti, M., & Göltner, C. (1997). Superstructures of functional colloids: chemistry on the nanometer scale. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 36(9), 910-928. <https://doi.org/10.1002/anie.199709101>

Athanassiou, E. K., Grass, R. N., & Stark, W. J. (2006). Large-scale production of carbon-coated copper nanoparticles for sensor applications. *Nanotechnology*, 17(6), 1668. DOI :10.1088/0957-4484/17/6/022

Awwad, A. M., Salem, N. M., & Abdeen, A. O. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using carob leaf extract and its antibacterial activity. *International journal of Industrial chemistry*, 4(1), 1-6. DOI:10.1186/2228-5547-4-29

- Baer, D. R., & Engelhard, M. H. (2010). XPS analysis of nanostructured materials and biological surfaces. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena*, 178, 415-432. <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2009.09.003>
- Bahrami, K., Nazari, P., Nabavi, M., Golkar, M., Almasirad, A. and Shahverdi, R.(2014). Hydroxyl capped silver–gold alloy nanoparticles: characterization and their combination effect with different antibiotics against *Staphylococcus aureus*. *Nanomedicine Journal*, 1: 155–161.DOI: 10.7508/NMJ.2014.03.005
- Baker, C., Pradhan, A., Pakstis, L., Pochan, D. J., & Shah, S. I. (2005). Synthesis and antibacterial properties of silver nanoparticles. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 5(2), 244-249. DOI: 10.1166/jnn.2005.034
- Balaji, D. S., Basavaraja, S., Deshpande, R., Mahesh, D. B., Prabhakar, B. K., & Venkataraman, A. (2009). Extracellular biosynthesis of functionalized silver nanoparticles by strains of *Cladosporium cladosporioides* fungus. *Colloids and surfaces B: biointerfaces*, 68(1), 88-92. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2008.09.022
- Banerjee, A. N., Krishna, R., & Das, B. (2008). Size controlled deposition of Cu and Si nano-clusters by an ultra-high vacuum sputtering gas aggregation technique. *Applied Physics A*, 90(2), 299-303. DOI:10.1007/s00339-007-4271-7
- Bapat, R. A., Chaubal, T. V., Joshi, C. P., Bapat, P. R., Choudhury, H., Pandey, M., ... & Kesharwani, P. (2018). An overview of application of silver nanoparticles for biomaterials in dentistry. *Materials Science and Engineering: C*, 91, 881-898. DOI: 10.1016/j.msec.2018.05.069
- Bar, H., Bhui, D. K., Sahoo, G. P., Sarkar, P., Pyne, S., & Misra, A. (2009). Green synthesis of silver nanoparticles using seed extract of *Jatropha curcas*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 348(1-3), 212-216 DOI:10.1016/j.colsurfa.2009.07.021.
- Bar, H., Bhui, D., Sahoo, P., Sarkar, P., Pyne, S. and Ajay, M. (2009). Green synthesis of silver nanoparticles using extract of *Jatropha curcas*. *Colloid and Surfaces*, 339:134-139. DOI:10.1016/j.colsurfa.2009.02.008
- Basavaraja, S., Balaji, S. D., Lagashetty, A., Rajasab, A. H., & Venkataraman, A. (2008). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Fusarium semitectum*. *Materials Research Bulletin*, 43(5), 1164-1170. <https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2007.06.020>
- Behera, S., & Nayak, P. L. (2013). In vitro antibacterial activity of green synthesized silver nanoparticles using jamun extract against multiple drug resistant bacteria. *World J Nano Sci Tech*, 2(1), 62-65. DOI: 10.5829/idosi.wjnst.2013.2.1.211311

- Bera, R., Mandal, S. and Retna, C. (2014). Antimicrobial Activity of Fluorescent Ag Nanoparticles. *Letters in Applied Microbiology*, 58: 520–526. DOI: 10.1111/lam.12222
- Besinis, A., DePeralta, T. and Handy, R. (2014). The antibacterial effects of silver, titanium dioxide and silica dioxide nanoparticles compared to the dental disinfectant chlorhexidine on *Streptococcus mutans* using a suite of bioassays, *Nanotoxicology*, 8: (1–16. DOI: 10.3109/17435390.2012.742935
- Beveridge, T. J., & Murray, R. G. (1980). Sites of metal deposition in the cell wall of *Bacillus subtilis*. *Journal of bacteriology*, 141(2), 876-887. doi: 10.1128/jb.141.2.876-887.1980
- Bhainsa, K. C., & D'souza, S. F. (2006). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus *Aspergillus fumigatus*. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 47(2), 160-164. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2005.11.026
- Bindhani, B. K., & Panigrahi, A. K. (2014). Green synthesis and characterization of gold nanoparticles using leaf extracts of *Withania somnifera* (Linn.)(Ashwagandha). *Int. J. Mater. Sci. Appl*, 3(6), 279-284. doi: 10.11648/j.ijmsa.20140306.11
- Boddolla, S., & Thodeti, S. (2018). A review on characterization techniques of nanomaterials. *International Journal of Engineering, Science and Mathematics*, 7(1), 169-175.
- Bruss, A. J., Gelesky, M. A., Machado, G., & Dupont, J. (2006). Rh (0) nanoparticles as catalyst precursors for the solventless hydroformylation of olefins. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 252 (1-2), 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2006.02.063>
- Burda, C., Chen, X., Narayanan, R., & El-Sayed, M. A. (2005). Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes. *Chemical reviews*, 105(4), 1025-1102. <https://doi.org/10.1021/cr030063a>
- Chandran, S. P., Chaudhary, M., Pasricha, R., Ahmad, A., & Sastry, M. (2006). Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using *Aloe vera* plant extract. *Biotechnology progress*, 22(2), 577-583. DOI: 10.1021/bp0501423
- Chen, Y., Wang, C., Liu, H., Qiu, J., & Bao, X. (2005). Ag/SiO₂: a novel catalyst with high activity and selectivity for hydrogenation of chloronitrobenzenes. *Chemical Communications*, (42), 5298-5300. DOI:10.1039/b509595f
- Chouhan, S., & Guleria, S. (2020). Green synthesis of AgNPs using *Cannabis sativa* leaf extract: Characterization, antibacterial, anti-yeast and α -amylase inhibitory activity. *Materials Science for Energy Technologies*, 3, 536-544. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.05.004>
- Cioffi, N., Torsi, L., Ditaranto, N., Tantillo, G., Ghibelli, L., Sabbatini, L., ... & Traversa, E. (2005). Copper nanoparticle/polymer composites with antifungal

- and bacteriostatic properties. *Chemistry of Materials*, 17(21), 5255-5262. <https://doi.org/10.1021/cm0505244>
- Colvin, V. L., Schlamp, M. C., & Alivisatos, A. P. (1994). Light-emitting diodes made from cadmium selenide nanocrystals and a semiconducting polymer. *Nature*, 370(6488), 354-357. DOI:10.1038/370354a0
- Cuenya, B. R. (2010). Synthesis and catalytic properties of metal nanoparticles: Size, shape, support, composition, and oxidation state effects. *Thin Solid Films*, 518(12), 3127-3150. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2010.01.018>
- Çiftçi, F. (2019). *Cotinus coggygria scop. ve pistacia vera l. bitkileri kullanarak gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal özelliklerinin incelenmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Daniel, M. C., & Astruc, D. (2004). Gold nanoparticles: assembly, supramolecular chemistry, quantum-size-related properties, and applications toward biology, catalysis, and nanotechnology. *Chemical reviews*, 104(1), 293-346. <https://doi.org/10.1021/cr030698+>
- Das, R., Nath, S. S., & Bhattacharjee, R. (2011). Luminescence of copper nanoparticles. *Journal of luminescence*, 131(12), 2703-2706. DOI:10.1016/j.jlumin.2011.05.019
- Das, S. S., Alkahtani, S., Bharadwaj, P., Ansari, M. T., ALKahtani, M. D., Pang, Z., ... & Aminabhavi, T. M. (2020). Molecular insights and novel approaches for targeting tumor metastasis. *International journal of pharmaceutics*, 585, 119556. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2020.119556
- Das, S., & Srivasatava, V. C. (2016). Synthesis and characterization of ZnO–MgO nanocomposite by co-precipitation method. *Smart Science*, 4(4), 190-195.
- De Silva, G. O., Abeysundara, A. T., & Aponso, M. M. W. (2017). Extraction methods, qualitative and quantitative techniques for screening of phytochemicals from plants. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 5(2), 29-32.
- Devi, T. B., Ahmaruzzaman, M., & Begum, S. (2016). A rapid, facile and green synthesis of Ag@ AgCl nanoparticles for the effective reduction of 2, 4-dinitrophenyl hydrazine. *New Journal of Chemistry*, 40(2), 1497-1506.
- Dhillon, G. S., Brar, S. K., Kaur, S., & Verma, M. (2012). Green approach for nanoparticle biosynthesis by fungi: current trends and applications. *Critical reviews in biotechnology*, 32(1), 49-73. DOI: 10.3109/07388551.2010.550568
- Dikusar, A., Globa, P., Belevskii, S., & Sidel'nikova, S. (2009). On limiting rate of dimensional electrodeposition at meso-and nanomaterial manufacturing by

- template synthesis. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 45(3), 171-179. DOI:10.3103/S1068375509030016.
- Dong, S., Chen, X., Gu, L., Zhang, L., Zhou, X., Liu, Z., ... & Cui, G. (2011). A biocompatible titanium nitride nanorods derived nanostructured electrode for biosensing and bioelectrochemical energy conversion. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(10), 4088-4094. DOI: 10.1016/j.bios.2011.03.040
- Doyle, M. E., & Glass, K. A. (2010). Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(1), 44-56. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00096.x>
- Du, J., Singh, H., & Yi, T. H. (2017). Biosynthesis of silver nanoparticles by *Novosphingobium* sp. THG-C3 and their antimicrobial potential. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 45(2), 211-217. DOI: 10.1080/21691401.2016.1178135
- Dubey, S. P., Lahtinen, M., & Sillanpää, M. (2010). Tansy fruit mediated greener synthesis of silver and gold nanoparticles. *Process Biochemistry*, 45(7), 1065-1071. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.03.024>
- Dwivedi, A. D., & Gopal, K. (2010). Biosynthesis of silver and gold nanoparticles using *Chenopodium album* leaf extract. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 369(1-3), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2010.07.020>
- Egger, S., Lehmann, R., Height, M., Loessner, and Schuppler, M. (2009). Antimicrobial properties of a novel silver-silica nanocomposite material. *Applied and Environmental Microbiology*, 75: 2973-2976. DOI: 10.1128/AEM.01658-08
- El, A. S., Ibensouda, K. S., Latrache, H., Zineb, G., Mouradi, H., & Remmal, A. (2011). Carvacrol and thymol components inhibiting *Pseudomonas aeruginosa* adherence and biofilm formation. *African Journal of Microbiology Research*, 5(20), 3229-3232. DOI:10.5897/AJMR11.275
- El-Chaghaby, G. A., & Ahmad, A. F. (2011). Biosynthesis of silver nanoparticles using *Pistacia lentiscus* leaves extract and investigation of their antimicrobial effect. *Oriental journal of chemistry*, 27(3), 929.
- Elghanian, R., Storhoff, J. J., Mucic, R. C., Letsinger, R. L., & Mirkin, C. A. (1997). Selective colorimetric detection of polynucleotides based on the distance-dependent optical properties of gold nanoparticles. *Science*, 277(5329), 1078-1081. DOI: 10.1126/science.277.5329.1078
- El-Sayed, M. A. (2001). Some interesting properties of metals confined in time and nanometer space of different shapes. *Accounts of chemical research*, 34(4), 257-264. <https://doi.org/10.1021/ar960016n>

- El-Sayed, M. A. (2004). Small is different: shape-, size-, and composition-dependent properties of some colloidal semiconductor nanocrystals. *Accounts of chemical research*, 37(5), 326-333. <https://doi.org/10.1021/ar020204f>
- Ezhilarasan, B. F., Arumugam, S., & Lakshmi, G. Y. S. (2011). Green synthesis of silver nanoparticles from *Cleome viscosa*: synthesis and antimicrobial activity. In *International conference on bioscience, biochemistry and bioinformatics IPCBEE* (pp. 334-337).
- Fedlheim, D. L., & Foss, C. A. (2002). *Metal nanoparticles: synthesis, characterization, and applications*. CRC press.
- Feng, Q. L., Wu, J., Chen, G. Q., Cui, F. Z., Kim, T. N., & Kim, J. O. (2000). A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of biomedical materials research*, 52(4), 662-668. DOI: 10.1002/1097-4636(20001215)52:4<662::aid-jbm10>3.0.co;2-3
- Firooz, A. A., Mahjoub, A. R., & Khodadadi, A. A. (2011). World Academy of Science, Eng. *Technology*, 52, 125-127.
- Gandhi, N., Sirisha, D., & Asthana, S. (2018). Microwave mediated green synthesis of lead (Pb) nanoparticles and its potential applications'. *Int J Eng Sci Res Tech*, 7(1), 623-644. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1161701>
- Gardea-Torresdey, J. L., Gomez, E., Peralta-Videa, J. R., Parsons, J. G., Troiani, H., & Jose-Yacaman, M. (2003). Alfalfa sprouts: a natural source for the synthesis of silver nanoparticles. *Langmuir*, 19(4), 1357-1361. <https://doi.org/10.1021/la020835i>
- Ge, L., Li, Q., Wang, M., Ouyang, J., Li, X., & Xing, M. M. (2014). Nanosilver particles in medical applications: synthesis, performance, and toxicity. *International journal of nanomedicine*, 9, 2399. doi: 10.2147/IJN.S55015
- Geethalakshmi, R., & Sarada, D. V. L. (2010). Synthesis of plant-mediated silver nanoparticles using *Trianthema decandra* extract and evaluation of their anti microbial activities. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(5), 970-975
- Gericke, M., & Pinches, A. (2006). Biological synthesis of metal nanoparticles. *Hydrometallurgy*, 83(1-4), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2006.03.019>
- Ghorbani, H. R., Safekordi, A. A., Attar, H., & Sorkhabadi, S. M. (2011). Biological and non-biological methods for silver nanoparticles synthesis. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 25(3), 317-326.

- Ghosh, P. S., Kim, C. K., Han, G., Forbes, N. S., & Rotello, V. M. (2008). Efficient gene delivery vectors by tuning the surface charge density of amino acid-functionalized gold nanoparticles. *ACS nano*, 2(11), 2213-2218. DOI: 10.1021/nm800507t
- Glomm, W. R. (2005). Functionalized gold nanoparticles for applications in bionanotechnology. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 26(3), 389-414.
- Gnanasangeetha, D., & Thambavani, S. D. (2014). Facile and eco-friendly method for the synthesis of zinc oxide nanoparticles using Azadirachta and Emblica. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(7), 2866. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.902.035>
- Golabiazar, R., Othman, K. I., Khalid, K. M., Maruf, D. H., Aulla, S. M., & Yusif, P. A. (2019). Green synthesis, characterization, and investigation antibacterial activity of silver nanoparticles using Pistacia atlantica leaf extract. *Bionanoscience*, 9(2), 323-333. <https://doi.org/10.1007/s12668-019-0606-z>
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W., Scott, J. H. J., & Joy, D. C. (2017). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. Springer.
- Gregory, W., Petra, K., Ryan, B., Jacob, M., William, M., Delphine, D. and Christopher, K. (2012). Green Synthesis of robust, biocompatible silver nanoparticles using Garlic extract. *Journal of Nanomaterials*, 2012: 3-8. <https://doi.org/10.1155/2012/730746>
- Guler, U., Shalae, V. M., & Boltasseva, A. (2015). Nanoparticle plasmonics: going practical with transition metal nitrides. *Materials Today*, 18(4), 227-237. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.10.039>
- Gurunathan, S., Han, J. W., Kim, E. S., Park, J. H., & Kim, J. H. (2015). Reduction of graphene oxide by resveratrol: A novel and simple biological method for the synthesis of an effective anticancer nanotherapeutic molecule. *International journal of nanomedicine*, 10, 2951. DOI: 10.2147/IJN.S79879
- Guzmán, M. G., Dille, J., & Godet, S. (2009). Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *Int J Chem Biomol Eng*, 2(3), 104-111.
- Hait, S. K., & Chen, Y. (2014). *Study and exploration on inorganic nanomaterials as additive in lubricant application* (Doctoral dissertation, Deakin University).
- Hamelian, M., Zangeneh, M. M., Shahmohammadi, A., Varmira, K., & Veisi, H. (2020). Pistacia atlantica leaf extract mediated synthesis of silver nanoparticles and their antioxidant, cytotoxicity, and antibacterial effects under in vitro condition. *Applied Organometallic Chemistry*, 34(1), e5278. <https://doi.org/10.1002/aoc.5278>

- Hernández-Sierra, J., Ruiz, F., Cruz, D., Martínez-Gutiérrez, F., Martínez, A., Guillén, D., Tapia-Pérez, H. and Martínez, G. (2008). The antimicrobial sensitivity of *Streptococcus mutans* to nanoparticles of silver, zinc oxide, and gold. *Nanomedicine*, 4: 237–240. DOI: 10.1016/j.nano.2008.04.005
- Hosea, M., Greene, B., Mcpherson, R., Henzl, M., Alexander, M. D., & Darnall, D. W. (1986). Accumulation of elemental gold on the alga *Chlorella vulgaris*. *Inorganica Chimica Acta*, 123(3), 161-165. [https://doi.org/10.1016/S0020-1693\(00\)86339-2](https://doi.org/10.1016/S0020-1693(00)86339-2)
- Hou, T. H., Su, C. H., & Liu, W. L. (2007). Parameters optimization of a nano-particle wet milling process using the Taguchi method, response surface method and genetic algorithm. *Powder technology*, 173(3), 153-162.
- Huang, H., & Yang, X. (2004). Synthesis of polysaccharide-stabilized gold and silver nanoparticles: a green method. *Carbohydrate research*, 339(15), 2627-2631. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.08.005>
- Huang, H., & Yang, X. (2004). Synthesis of polysaccharide-stabilized gold and silver nanoparticles: a green method. *Carbohydrate research*, 339(15), 2627–2631. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.08.005>
- Huang, J., Li, Q., Sun, D., Lu, Y., Su, Y., Yang, X., ... & Chen, C. (2007). Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by novel sundried *Cinnamomum camphora* leaf. *Nanotechnology*, 18(10), 105104. DOI : 10.1088/0957-4484/18/10/105104
- Huang, J., Li, Q., Sun, D., Lu, Y., Yang, X., Wang, H., Wang, Y., Shao, W., He, N., Hong, J. and Chen, C. (2007). Biosynthesis of silver and gold nanoparticles by novel sun dried *Cinnamomum camphora* leaf extract. *Nanotechnology*, 18:105104-105114. DOI 10.1088/0957-4484/18/10/105104
- Huq, M. A. (2020). Biogenic silver nanoparticles synthesized by *Lysinibacillus xylanilyticus* mahuq-40 to control antibiotic-resistant human pathogens *Vibrio parahaemolyticus* and *Salmonella typhimurium*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 597502. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.597502>
- Huq, M. A. (2020). Green synthesis of silver nanoparticles using *Pseudoduganella eburnea* MAHUQ-39 and their antimicrobial mechanisms investigation against drug resistant human pathogens. *International journal of molecular sciences*, 21(4), 1510. <https://doi.org/10.3390/ijms21041510>
- Huq, M. A., & Akter, S. (2021). Bacterial mediated rapid and facile synthesis of silver nanoparticles and their antimicrobial efficacy against pathogenic microorganisms. *Materials*, 14(10), 2615. <https://doi.org/10.3390/ma14102615>

- 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), 742. <https://doi.org/10.3390/polym14040742>
- Jacob, J. M., John, M. S., Jacob, A., Abitha, P., Kumar, S. S., Rajan, R., ... & Pugazhendhi, A. (2019). Bactericidal coating of paper towels via sustainable biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* leaf extract. *Materials Research Express*, 6(4), 045401. DOI :10.1088/2053-1591/aafaed
- Jain, D., Kumar, H., Kachhwaha, S. and Kothari, L. (2009). Synthesis of plant mediated silver nanoparticles using papaya fruit extract and evaluation of their antimicrobial activities. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 4:723-727
- Jha, A. K., Prasad, K., Kumar, V., & Prasad, K. (2009). Biosynthesis of silver nanoparticles using *Eclipta* leaf. *Biotechnology progress*, 25(5), 1476-1479. DOI: 10.1002/btpr.233.
- Jo, Y., Kim, B. and Jung, G. (2009). Antifungal activity of silver ions and nanoparticles on phytopathogenic fungi. *Plant Disease*, 93: 1037–1043. DOI: 10.1094/PDIS-93-10-1037
- Johnson, T., Iwang, U., Hemen, T., Odey, O., Efiong, E. and Eteng, E. (2012). Evaluation of anti-nutrient contents of water melon (*Citrullus lanatus*). *Annals of Biological Research*, 3: 5145-5150.
- Joo, S. H., Choi, S. J., Oh, I., Kwak, J., Liu, Z., Terasaki, O., & Ryoo, R. (2001). Ordered nanoporous arrays of carbon supporting high dispersions of platinum nanoparticles. *Nature*, 412(6843), 169-172. DOI: 10.1038/35084046
- Joshi, M., Bhattacharyya, A., & Ali, S. W. (2008). Characterization techniques for nanotechnology applications in textiles.
- Kaler, A., Nankar, R., Bhattacharyya, M. S., & Banerjee, U. C. (2011). Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Candida viswanathii*. *Journal of Bionanoscience*, 5(1), 53-58. DOI: 10.1002/jobm.201500503
- Kalimuthu, K., Babu, R. S., Venkataraman, D., Bilal, M., & Gurunathan, S. (2008). Biosynthesis of silver nanocrystals by *Bacillus licheniformis*. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 65(1), 150-153. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2008.02.018
- Karthikeyan, B., & Loganathan, B. (2013). A close look of Au/Pt/Ag nanocomposites using SERS assisted with optical, electrochemical, spectral and theoretical methods. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 49, 105-110. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2013.02.008>

- Khan, M., Khan, A. U., Moon, I. S., Felimban, R., Alserihi, R., Alsanie, W. F., & Alam, M. (2021). Synthesis of biogenic silver nanoparticles from the seed coat waste of pistachio (*Pistacia vera*) and their effect on the growth of eggplant. *Nanotechnology Reviews*, 10(1), 1789-1800. <https://doi.org/10.1515/ntrev-2021-0107>
- Khiya, Z., Oualcadi, Y., Mourid, E. H., Tagnaout, I., Berrekhis, F., Zair, T., & El Hilali, F. (2021). Evaluation antioxidant and antibacterial activities of silver nanoparticles synthesized by aqueous extract of *Pistacia atlantica*. *Research on Chemical Intermediates*, 47(8), 3131-3144. DOI:10.1007/s11164-021-04468-w
- Khorrami, S., Zarrabi, A., Khaleghi, M., Danaei, M., & Mozafari, M. R. (2018). Selective cytotoxicity of green synthesized silver nanoparticles against the MCF-7 tumor cell line and their enhanced antioxidant and antimicrobial properties. *International journal of nanomedicine*, 13, 8013. DOI:10.2147/IJN.S189295
- Koch, C. C. (1997). Synthesis of nanostructured materials by mechanical milling: problems and opportunities. *Nanostructured Materials*, 9(1-8), 13-22. [https://doi.org/10.1016/S0965-9773\(97\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0965-9773(97)00014-7)
- Konishi, Y., Ohno, K., Saitoh, N., Nomura, T., Nagamine, S., Hishida, H., ... & Uruga, T. (2007). Bioreductive deposition of platinum nanoparticles on the bacterium *Shewanella* algae. *Journal of biotechnology*, 128(3), 648653. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2006.11.014
- Konrad, A., Herr, U., Tidecks, R., Kummer, F., & Samwer, K. (2001). Luminescence of bulk and nanocrystalline cubic yttria. *Journal of Applied Physics*, 90(7), 3516-3523. <https://doi.org/10.1063/1.1388022>
- Korbekandi, H., Iravani, S., & Abbasi, S. (2009). Production of nanoparticles using organisms. *Critical reviews in biotechnology*, 29(4), 279-306. DOI: 10.3109/07388550903062462
- Korin, E., Froumin, N., & Cohen, S. (2017). Surface analysis of nanocomplexes by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 3(6), 882-889. <https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.7b00040>
- Kota, S., Dumpala, P., Anantha, R. K., Verma, M. K., & Kandepu, S. (2017). Evaluation of therapeutic potential of the silver/silver chloride nanoparticles synthesized with the aqueous leaf extract of *Rumex acetosa*. *Scientific reports*, 7(1), 1-11 DOI: 10.1038/s41598-017-11853-2
- Krishnappa, K., Pandiyan, J., Paramanandham, J., & Elumalai, K. (2018). Antibacterial and mosquitocidal potentials of selected Indian medicinal plants extracts and synthesized silver nanoparticles.
- Krishnaraj, C., Jagan, G., Rajasekar, S., Selvakumar, P., Kalaichelvan, T. and Mohan, N.(2010). Synthesis of silver nanoparticles using *Acalypha indica* and its

antibacterial activity against water borne pathogens. *Colloids and Surfaces*, **76**: 50-56. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2009.10.008

- Kuppusamy, P., Yusoff, M. M., Maniam, G. P., & Govindan, N. (2016). Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications—An updated report. *Saudi Pharmaceutical Journal*, *24*(4), 473-484. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2014.11.013>
- Lavan, D. A., McGuire, T., & Langer, R. (2003). Small-scale systems for in vivo drug delivery. *Nature biotechnology*, *21*(10), 1184-1191. DOI: 10.1038/nbt876
- Law, M., Greene, L. E., Johnson, J. C., Saykally, R., & Yang, P. (2005). Nanowire dye-sensitized solar cells. *Nature materials*, *4*(6), 455-459. DOI: 10.1038/nmat1387
- Lee, Y., Choi, J. R., Lee, K. J., Stott, N. E., & Kim, D. (2008). Large-scale synthesis of copper nanoparticles by chemically controlled reduction for applications of inkjet-printed electronics. *Nanotechnology*, *19*(41), 415604. DOI: 10.1088/0957-4484/19/41/415604
- Leela, A., & Vivekanandan, M. (2008). Tapping the unexploited plant resources for the synthesis of silver nanoparticles. *African journal of biotechnology*, *7*(17).
- Lengke, M. F., Fleet, M. E., & Southam, G. (2006). Morphology of gold nanoparticles synthesized by filamentous cyanobacteria from gold (I)– thiosulfate and gold (III)– chloride complexes. *Langmuir*, *22*(6), 2780-2787. <https://doi.org/10.1021/la052652c>
- Leroux, Y., Lacroix, J. C., Fave, C., Trippe, G., Félidj, N., Aubard, J., ... & Krenn, J. R. (2008). Tunable electrochemical switch of the optical properties of metallic nanoparticles. *ACS nano*, *2*(4), 728-732. DOI: 10.1021/nn700438a
- Li, J., Wu, Q., & Wu, J. (2016). Synthesis of nanoparticles via solvothermal and hydrothermal methods. In *Handbook of nanoparticles* (pp. 295-328). Springer, Cham. DOI 10.1007/978-3-319-15338-4_17
- Li, S., Yuhua, S., Anjian, X., Xuerong, Y., Lingguang, Q., Li, Z. and Qingfeng, Z.(2007). Green synthesis of silver nanoparticles using *Capsicum annum* leaf extracts. *Green Chemistry*, *9*: 852-858. DOI:10.1039/B615357G
- Li, X., Xu, H., Chen, Z. S., & Chen, G. (2011). Biosynthesis of nanoparticles by microorganisms and their applications. *Journal of Nanomaterials*, *2011*. <https://doi.org/10.1155/2011/270974>
- Li, Y., Qian, F., Xiang, J., & Lieber, C. M. (2006). Nanowire electronic and optoelectronic devices. *Materials today*, *9*(10), 18-27. [https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(06\)71650-9](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(06)71650-9)

- Li, Z., Lee, D., Sheng, X., Cohen, R. E., & Rubner, M. F. (2006). Two-level antibacterial coating with both release-killing and contact-killing capabilities. *Langmuir*, 22(24), 9820-9823. DOI: 10.1021/la0622166
- Liao, C., Li, Y., & Tjong, S. C. (2019). Bactericidal and cytotoxic properties of silver nanoparticles. *International journal of molecular sciences*, 20(2), 449. doi: 10.3390/ijms20020449
- Lin, P. C., Lin, S., Wang, P. C., & Sridhar, R. (2014). Techniques for physicochemical characterization of nanomaterials. *Biotechnology advances*, 32(4), 711-726. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2013.11.006
- Lok, C., Ho, C., Chen, R., He, Q., Yu, W., Sun, H., Tam, P., Chiu, J. and Che, C. (2006). Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles. *Journal of Proteome Research*, 5: 916–924. DOI: 10.1021/pr0504079
- Luangpipat, T., Beattie, I. R., Chisti, Y., & Haverkamp, R. G. (2011). Gold nanoparticles produced in a microalga. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(12), 6439-6445. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0397-9>
- Luechinger, N. A., Athanassiou, E. K., & Stark, W. J. (2008). Graphene-stabilized copper nanoparticles as an air-stable substitute for silver and gold in low-cost ink-jet printable electronics. *Nanotechnology*, 19(44), 445201. DOI 10.1088/0957-4484/19/44/445201
- Malarkodi, R., Paulkumar, K., Vanaja, M., Gnanajobitha, G. and Annadurai, G. (2014). Biosynthesis and Antimicrobial Activity of Semiconductor Nanoparticles against Oral Pathogens. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2014: 1–10. DOI:10.1155/2014/347167
- Mallick, K., Witcomb, M. J., & Scurrall, M. S. (2005). Preparation and characterization of a conjugated polymer and copper nanoparticle composite material: A chemical synthesis route. *Materials Science and Engineering: B*, 123(2), 181-186. doi:10.1016/j.mseb.2005.07.011
- Manal, A., Awatif, H., Khalid, O., Ortashi, D., Elradi, N., Eisa, E., Lamia. A., Allahieb, S., Alotiby, M., Nada, M., Merghani, S and Abdelelah, G. (2014). Silver nanoparticles biogenic synthesized using an orange peel extract and their use as an antibacterial agent. *International Journal of Physical Science*, 9: 34-40. DOI:10.5897/IJPS2013.4080
- Mata, R., Bhaskaran, A., & Sadras, S. R. (2016). Green-synthesized gold nanoparticles from *Plumeria alba* flower extract to augment catalytic degradation of organic dyes and inhibit bacterial growth. *Particuology*, 24, 78-86. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.12.014>

- Meyers, M. A., Mishra, A., & Benson, D. J. (2006). Mechanical properties of nanocrystalline materials. *Progress in materials science*, 51(4), 427-556. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2005.08.003>
- Mie, R., Samsudin, M., Din, L., Ahmad, A., Ibrahim, N. and Adnan, A. (2014). Synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using the lichen *Parmotrema praesorediosum*. *International Journal of Nanomedicine*, 9: 121–127. DOI: 10.2147/IJN.S52306.
- Mittra, J., Abraham, G. J., Kesaria, M., Bahl, S., Gupta, A., Shivaprasad, S. M., ... & Dey, G. K. (2012). Role of substrate temperature in the pulsed laser deposition of zirconium oxide thin film. In *Materials Science Forum* (Vol. 710, pp. 757-761). Trans Tech Publications Ltd.
- Mohanpuria, P., Rana, N. K., & Yadav, S. K. (2008). Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications. *Journal of nanoparticle research*, 10(3), 507-517. <https://doi.org/10.1007/s11051-007-9275-x>
- Moulton, M. C., Braydich-Stolle, L. K., Nadagouda, M. N., Kunzelman, S., Hussain, S. M., & Varma, R. S. (2010). Synthesis, characterization and biocompatibility of “green” synthesized silver nanoparticles using tea polyphenols. *Nanoscale*, 2(5), 763-770. DOI: 10.1039/c0nr00046a
- Mounika, K. C., & Manogna, K. (2017). Biosynthesis of silver nanoparticles and characterization. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 7(08).
- Mude, N., Ingle, A., Gade, A., & Rai, M. (2009). Synthesis of silver nanoparticles using callus extract of *Carica papaya*—a first report. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 18(1), 83-86. <https://doi.org/10.1007/BF03263300>
- Mukherjee, P., Ahmad, A., Mandal, D., Senapati, S., Sainkar, S. R., Khan, M. I., ... & Sastry, M. (2001). Fungus-mediated synthesis of silver nanoparticles and their immobilization in the mycelial matrix: a novel biological approach to nanoparticle synthesis. *Nano letters*, 1(10), 515-519. <https://doi.org/10.1021/nl0155274>
- Muñoz, J. E., Cervantes, J., Esparza, R., & Rosas, G. (2007). Iron nanoparticles produced by high-energy ball milling. *Journal of Nanoparticle Research*, 9(5), 945-950. DOI:10.1007/S11051-007-9226-6
- Murray, C. B., Kagan, C. R., & Bawendi, M. G. (1995). Self-organization of CdSe nanocrystallites into three-dimensional quantum dot superlattices. *Science*, 270(5240), 1335-1338. DOI: 10.1126/science.270.5240.1335
- Nagar, N., (2018). Synthesis of Metal Nanoparticles and Their Application in Degradation of Textile Dyes by Advanced Oxidation Process. University of Kota. Department of Chemistry

- Nair, B., & Pradeep, T. (2002). Coalescence of nanoclusters and formation of submicron crystallites assisted by *Lactobacillus* strains. *Crystal growth & design*, 2(4), 293-298. <https://doi.org/10.1021/cg0255164>
- Nam, K. T., Lee, Y. J., Krauland, E. M., Kottmann, S. T., & Belcher, A. M. (2008). Peptide-mediated reduction of silver ions on engineered biological scaffolds. *Acs Nano*, 2(7), 1480-1486. DOI: 10.1021/nn800018n
- Nisha, M., Tamileaswari, R. and Jesurani, S. (2015). Analysis of Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles from Pomegranate seed and peel extracts. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 4: 1044-1048.
- Noronha, V. T., Paula, A. J., Durán, G., Galembeck, A., Cogo-Müller, K., Franz-Montan, M., & Durán, N. (2017). Silver nanoparticles in dentistry. *Dental Materials*, 33(10), 1110-1126. DOI: 10.1016/j.dental.2017.07.002
- Nthunya, L. N., Gutierrez, L., Mhlanga, S. D., & Richards, H. L. (2022). Bio-mediated synthesis of silver nanoparticles via conventional and irradiation-assisted methods and their application for environmental remediation in agriculture. In *Green Synthesis of Silver Nanomaterials* (pp. 219-239). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824508-8.00020-4>
- Obouayeba, A. P., Diarrassouba, M., Soumahin, E. F., & Kouakou, T. H. (2015). Phytochemical analysis, purification and identification of Hibiscus anthocyanins. *J Pharm Chem Biol Sci*, 3(2), 156-68.
- Okaiyeto, K., Ojemaye, M. O., Hoppe, H., Mabinya, L. V., & Okoh, A. I. (2019). Phytofabrication of silver/silver chloride nanoparticles using aqueous leaf extract of *Oedera genistifolia*: Characterization and antibacterial potential. *Molecules*, 24(23), 4382-4397. DOI: 10.3390/molecules24234382
- Oseni, A. and Okoye, I. (2013). Studies of Phytochemical and antioxidant properties of the fruit of the Water melon (*Citrullus lanatus*). *Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 14: 508-514
- Padma, V and Dhara S. (2012). Biosynthesis of silver nanoparticles using lemon leaves extract and its application for antimicrobial finish on fabric. *Applied Nanoscience*, 2: 163-168. DOI:10.1007/s13204-011-0051-y
- Pal, S., Tak, Y. and Song, J. (2007). Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73 1712–1720. DOI: 10.1128/AEM.02218-06.
- Pan, Z. W., Dai, Z. R., & Wang, Z. L. (2001). Nanobelts of semiconducting oxides. *Science*, 291(5510), 1947-1949. Chapter 1 34 DOI:10.1126/science.1058120
- Panáček, A., Kvitek, L., Prucek, R., Kolář, M., Večeřová, R., Pizúrová, N., ... & Zbořil, R. (2006). Silver colloid nanoparticles: synthesis, characterization, and their

antibacterial activity. *The Journal of Physical Chemistry B*, 110(33), 16248-16253. <https://doi.org/10.1021/jp063826h>

Panigrahi, T. (2013). Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles using leaf extract of *Azadirachta indica*.

Pareek, V., Gupta, R., & Panwar, J. (2018). Do physico-chemical properties of silver nanoparticles decide their interaction with biological media and bactericidal action? A review. *Materials Science and Engineering: C*, 90, 739-749. DOI: 10.1016/j.msec.2018.04.093

Park, B. K., Kim, D., Jeong, S., Moon, J., & Kim, J. S. (2007). Direct writing of copper conductive patterns by ink-jet printing. *Thin solid films*, 515(19), 7706-7711. Doi:10.1016/j.tsf.2006.11.142

Park, J., Lim, D. H., Lim, H. J., Kwon, T., Choi, J. S., Jeong, S., ... & Cheon, J. (2011). Size dependent macrophage responses and toxicological effects of Ag nanoparticles. *Chemical communications*, 47(15), 4382-4384. DOI:10.1039/c1cc10357a

Park, Y., Hong, Y. N., Weyers, A., Kim, Y. S., & Linhardt, R. J. (2011). Polysaccharides and phytochemicals: a natural reservoir for the green synthesis of gold and silver nanoparticles. *IET nanobiotechnology*, 5(3), 69-78. DOI: 10.1049/iet-nbt.2010.0033

Patel, B. H., Channiwal, M. Z., Chaudhari, S. B., & Mandot, A. A. (2016). Biosynthesis of copper nanoparticles; its characterization and efficacy against human pathogenic bacterium. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(2), 2163-2169. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.03.046>

Patil, N. I. L. E. S. H., Bhaskar, R. A. J. V. E. E. R., Vyavhare, V. I. S. H. A. L., Dhadge, R. A. H. U. L., Khaire, V. A. I. S. H. N. A. V. I., & Patil, Y. O. G. E. S. H. (2021). Overview on Methods of Synthesis of Nanoparticles. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 13(2), 11-16. <https://dx.doi.org/10.22159/ijcpr.2021v13i2.41556>

Patscheider, J. (2003). Nanocomposite hard coatings for wear protection. *MRS bulletin*, 28(3), 180-183. DOI: <https://doi.org/10.1557/mrs2003.59>

Pattanayak, M., & Nayak, P. L. (2013). Green synthesis of gold nanoparticles using *Elettaria cardamomum* (ELAICHI) aqueous extract. *World J. Nano Sci. Technol*, 2(1), 01-05. DOI: 10.5829/idosi.wjnst.2013.2.1.21131

Pérez-Tijerina, E., Pinilla, M. G., Mejía-Rosales, S., Ortiz-Méndez, U., Torres, A., & José-Yacamán, M. (2008). Highly size-controlled synthesis of Au/Pd nanoparticles by inert-gas condensation. *Faraday discussions*, 138, 353-362.

Ponon, N. K., Appleby, D. J., Arac, E., King, P. J., Ganti, S., Kwa, K. S., & O'Neill, A. (2015). Effect of deposition conditions and post deposition anneal on

reactively sputtered titanium nitride thin films. *Thin Solid Films*, 578, 31-37. DOI: 10.1016/j.tsf.2015.02.009

Prabhu, V. P., McGuire, S. J., Drost, E. A., & Kwong, K. K. (2012). Proactive personality and entrepreneurial intent: is entrepreneurial self-efficacy a mediator or moderator?. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*. DOI:10.1108/13552551211253937

Pradhan, S. (2013). *Comparative analysis of Silver Nanoparticles prepared from Different Plant extracts (Hibiscus rosa sinensis, Moringa oleifera, Acorus calamus, Cucurbita maxima, Azadirachta indica) through green synthesis method* (Doctoral dissertation).

Raaman, N. (2006). *Phytochemical techniques*. New India Publishing.

Raffi, M., Hussain, F., Bhatti, T. M., Akhter, J. I., Hameed, A., & Hasan, M. M. (2008). Antibacterial characterization of silver nanoparticles against E. coli ATCC-15224. *Journal of materials science and technology*, 24(2), 192-196.

Rai, M., Bonde, S., Golinska, P., Trzcińska-Wencel, J., Gade, A., Abd-Elsalam, K. A., ... & Ingle, A. P. (2021). Fusarium as a novel fungus for the synthesis of nanoparticles: Mechanism and applications. *Journal of Fungi*, 7(2), 139. doi: 10.3390/jof7020139

Rajakumar, G. and Abdul Rahuman A., Larvicidal activity of synthesized silver nanoparticles using Eclipta prostrata leaf extract against filariasis and malaria vectors. *Acta Tropica*, 118(3): 196-203 (2011) *Dergisi* , 27 (3), 929. DOI: 10.1016/j.actatropica.2011.03.003

Rangarajan, Murali & Dhakshnamoorthy, & R, Vasanthakumari & Rajamani, & Tsuzuki, T. & Raghavan, Vikram. (2014). Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles from Co-precipitation: Composition, Size, and Magnetization. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*.

Ranu, B. C., Saha, A., & Jana, R. (2007). Microwave-assisted simple and efficient ligand free copper nanoparticle catalyzed aryl-sulfur bond formation. *Advanced synthesis & catalysis*, 349(17-18), 2690-2696. <https://doi.org/10.1002/adsc.200700289>

Rao, Tentu Nageswara & Naidu, Tentu & Narayana, P V. (2018). Catalytic Applications of Zinc Oxide Nano Particles.

RASTOGI, A. (2017). A mini review practice of formulations of nanoparticles. *International Journal of Chemical Synthesis and Chemical Reactions*, 3(2), 1-7.

Ray, S., Chatterjee, S., & Chakrabarti, C. S. (2013). Antiproliferative activity of allelochemicals present in aqueous extract of *Synedrella nodiflora* (L.)

Gaertn. in apical meristems and Wistar rat bone marrow cells. *IOSR Journal of Pharmacy*, 3(2), 1-10. DOI:10.9790/3013-3220110

- Reetz, M. T., Winter, M., Dumpich, G., Lohau, J., & Friedrichowski, S. (1997). Fabrication of metallic and bimetallic nanostructures by electron beam induced metallization of surfactant stabilized Pd and Pd/Pt clusters. *Journal of the American Chemical Society*, 119(19), 4539-4540. <https://doi.org/10.1021/ja970054h>
- Rhodes, L., and Maxted, N., 2016, *Pistacia lentiscus*, The IUCN Red List of Threatened Species; e.T202960A47600695. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN>.
- Saklani, V., Suman, J. V., & Jain, K. (2012). Microbial synthesis of silver nanoparticles: a review. *J. Biotechnol. Biomater*, 13(007). doi:10.4172/2155-952X.S13-007
- Salata, O. V. (2004). Applications of nanoparticles in biology and medicine. *Journal of nanobiotechnology*, 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/1477-3155-2-3>
- Saleh, H. E.-D. M. and Koller, M. (eds) (2018) Green Chemistry. InTech. doi: 10.5772/68007.
- Sandbhy V, MacBride MM, Peterson BR, Sen A, (2006). Silver bromide nanoparticles/polymer composites: dual action tunable antimicrobial materials, *J. Am. Chem. Soc.*, 128, 9798-9808. DOI: 10.1021/ja061442z
- Sanghi, R., & Verma, P. (2009). Biomimetic synthesis and characterisation of protein capped silver nanoparticles. *Bioresource technology*, 100(1), 501-504. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.05.048
- Sanghi, R., & Verma, P. (2010). Microbes as green and eco-friendly nanofactories. *Green Chemistry for Environmental Sustainability*, 315.
- Saravanan, M., Arokiyaraj, S., Lakshmi, T., & Pugazhendhi, A. (2018). Synthesis of silver nanoparticles from *Phenerochaete chrysosporium* (MTCC-787) and their antibacterial activity against human pathogenic bacteria. *Microbial pathogenesis*, 117, 68-72. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.02.008
- Sarkar, A., Mukherjee, T., & Kapoor, S. (2008). PVP-stabilized copper nanoparticles: a reusable catalyst for “click” reaction between terminal alkynes and azides in nonaqueous solvents. *The Journal of Physical Chemistry C*, 112(9), 3334-3340. <https://doi.org/10.1021/jp077603i>
- Sastry, M., Ahmad, A., Khan, M. I., & Kumar, R. (2003). Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete. *Current science*, 162-170. <http://www.jstor.org/stable/24108579>
- Sastry, M., Ahmad, A., Khan, M. I., & Kumar, R. (2003). Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete. *Current science*, 162-170.

- Savithramma, N., Rao, M. L., & Suhrulatha, D. (2011). Screening of medicinal plants for secondary metabolites. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(3), 579-584.
- Scarano, G., & Morelli, E. (2003). Properties of phytochelatin-coated CdS nanocrystallites formed in a marine phytoplanktonic alga (*Phaeodactylum tricornutum*, Bohlin) in response to Cd. *Plant Science*, 165(4), 803-810. DOI:10.1016/S0168-9452(03)00274-7
- Senapati, S., Ahmad, A., Khan, M. I., Sastry, M. ve Kumar R. (2005). Extracellular Biosynthesis of Bimetallic Au–Ag Alloy Nanoparticles. *Small*, 5, 517 –520. DOI: 10.1002/sml.200400053
- Setua, P., Chakraborty, A., Seth, D., Bhatta, M. U., Satyam, P. V., & Sarkar, N. (2007). Synthesis, optical properties, and surface enhanced Raman scattering of silver nanoparticles in nonaqueous methanol reverse micelles. *The Journal of Physical Chemistry C*, 111(10), 3901-3907. <https://doi.org/10.1021/jp067475i>
- Shahverdi, A. R., Minaeian, S., Shahverdi, H. R., Jamalifar, H., & Nohi, A. A. (2007). Rapid synthesis of silver nanoparticles using culture supernatants of Enterobacteria: a novel biological approach. *Process Biochemistry*, 42(5), 919-923. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2007.02.005>
- Shaikh, J. R., & Patil, M. K. (2020). Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 603-608.
- Shaligram, N. S., Bule, M., Bhambure, R., Singhal, R. S., Singh, S. K., Szakacs, G., & Pandey, A. (2009). Biosynthesis of silver nanoparticles using aqueous extract from the compactin producing fungal strain. *Process biochemistry*, 44(8), 939-943. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2009.04.009>
- Shet, A. R., Ghose, P., Patil, L., & Hombalimath, V. (2015). A preliminary study on green synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles. *Int. J. Curr. Biotechnol*, 3(2), 01-06.
- Singaravelu, G., Arockiamary, J. S., Kumar, V. G., & Govindaraju, K. (2007). A novel extracellular synthesis of monodisperse gold nanoparticles using marine alga, *Sargassum wightii* Greville. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 57(1), 97-101. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2007.01.010
- Singh, P., Katyal, A., Kalra, R., & Chandra, R. (2008). Copper nanoparticles in an ionic liquid: an efficient catalyst for the synthesis of bis-(4-hydroxy-2-oxothiazolyl) methanes. *Tetrahedron Letters*, 49(4), 727-730. DOI:10.1016/j.tetlet.2007.11.106
- Singh, V., & Kumar, R. (2017). Study of phytochemical analysis and antioxidant activity of *Allium sativum* of Bundelkhand region. *International Journal of*

- Singhal, G., Bhavesh, R., Kasariya, K., Sharma, A. R., & Singh, R. P. (2011). Biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity. *Journal of Nanoparticle Research*, 13(7), 2981-2988. <https://doi.org/10.1007/s11051-010-0193-y>
- Siwach, O. P., & Sen, P. (2008). Synthesis and study of fluorescence properties of Cu nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*, 10(1), 107-114. Doi:10.1007/s11051-008-9372-5
- Slawson, R. M., Trevors, J. T., & Lee, H. (1992). Silver accumulation and resistance in *Pseudomonas stutzeri*. *Archives of microbiology*, 158(6), 398-404. <https://doi.org/10.1007/BF00276299>
- Sre, P. R., Reka, M., Poovazhagi, R., Kumar, M. A., & Murugesan, K. (2015). Antibacterial and cytotoxic effect of biologically synthesized silver nanoparticles using aqueous root extract of *Erythrina indica* lam. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 135, 1137-1144. DOI: 10.1016/j.saa.2014.08.019
- Sriram, M. I., Kanth, S. B. M., Kalishwaralal, K., & Gurunathan, S. (2010). Antitumor activity of silver nanoparticles in Dalton's lymphoma ascites tumor model. *International journal of nanomedicine*, 5, 753. DOI: 10.2147/IJN.S11727
- Stobie, N., Duffy, B., McCormack, D. E., Colreavy, J., Hidalgo, M., McHale, P., & Hinder, S. J. (2008). Prevention of *Staphylococcus epidermidis* biofilm formation using a low-temperature processed silver-doped phenyltriethoxysilane sol-gel coating. *Biomaterials*, 29(8), 963-969. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2007.10.057
- Sunqing, Q., Junxiu, D., & Guoxu, C. (2000). Wear and friction behaviour of CaCO₃ nanoparticles used as additives in lubricating oils. *Lubrication Science*, 12(2), 205-212. <https://doi.org/10.1002/ls.3010120207>
- Suresh, S., Karthikeyan, S., & Jayamoorthy, K. (2016). FTIR and multivariate analysis to study the effect of bulk and nano copper oxide on peanut plant leaves. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 1(3), 343-350. <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2016.08.004>
- Syrine, L., Jabli, M., Abdessalem, S. B., & Almalki, S. G. (2020). FT-IR spectroscopy and morphological study of functionalized cellulosic fibers: Evaluation of their dyeing properties using biological *Pistacia vera* hulls by-product extract. *International journal of biological macromolecules*, 145, 1106-1114. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.09.204
- Taha, M., Hassan, M., Essa, S., & Tartor, Y. (2013). Use of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spectroscopy for rapid and accurate identification of

- Yeasts isolated from human and animals. *International journal of veterinary science and medicine*, 1(1), 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2013.03.001>
- Tans, S. J., Devoret, M. H., Dai, H., Thess, A., Smalley, R. E., Geerligs, L. J., & Dekker, C. (1997). Individual single-wall carbon nanotubes as quantum wires. *Nature*, 386(6624), 474-477. <https://doi.org/10.1038/386474a0>
- Temiz, C. (2022). Scanning Electron Microscopy. In (Ed.), *Electron Microscopy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.103956>
- Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., & Parikh, R. Y. (2010). Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine*, 6(2), 257-262. DOI: 10.1016/j.nano.2009.07.002
- Thirumurugan, A., Aswitha, P., Kiruthika, C., Nagarajan, S., & Christy, A. N. (2016). Green synthesis of platinum nanoparticles using *Azadirachta indica*—An eco-friendly approach. *Materials Letters*, 170, 175-178. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.02.026>
- Titus, D., Samuel, E.J., & Roopan, S.M. (2019). Nanoparticle characterization techniques. *Green Synthesis, Characterization and Applications of Nanoparticles*. DOI:10.1016/B978-0-08-102579-6.00012-5
- Tiwari, A. (2022). Climate Diplomacy to Attain Global Eco-Neutrality. *Advanced Materials Letters*, 13(3), 2203-1697. 10.5185/amlett.2022.031697
- Tiwari, A., & Shukla, S. K. (Eds.). (2014). *Advanced carbon materials and technology*. John Wiley & Sons.
- Tiwari, A., Mishra, Y. K., Kobayashi, H., & Turner, A. P. (Eds.). (2016). *Intelligent nanomaterials*. John Wiley & Sons.
- Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G., & Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and extraction: a review. *Internationale pharmaceutica sciencia*, 1(1), 98-106.
- Uma, K. S., Parthiban, P., & Kalpana, S. (2017). Pharmacognostical and preliminary phytochemical screening of Aavaarai Vidhai Chooranam. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(10), 111-116. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i10.19422>
- Uzair, B., Liaqat, A., Iqbal, H., Menaa, B., Razzaq, A., Thiripuranathar, G., ... & Menaa, F. (2020). Green and cost-effective synthesis of metallic nanoparticles by algae: Safe methods for translational medicine. *Bioengineering*, 7(4), 129. <https://doi.org/10.3390/bioengineering7040129>
- Vanaja, M., Gnanajobitha, G., Paulkumar, K., Rajeshkumar, S., Malarkodi, C., & Annadurai, G. (2013). Phytosynthesis of silver nanoparticles by *Cissus*

quadrangularis: influence of physicochemical factors. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/2193-8865-3-17>

Varshney, R., Mishra, A. N., Bhadauria, S., & Gaura, M. S. (2009). NOVEL MICROBIAL ROUTE TO SYNTHESIZE SILVER NANOPARTICLES USING FUNGUS *HORMOCONIS RESINAE*. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 4(2).

Veerasamy, R., Xin, T. Z. , Gunasagaran, S., Xiang, T. F. W., Yang, E. F. C., Jeyakumar, N., Dhanaraj, S. A.: Biosynthesis of silver nanoparticles using mangosteen leaf extract and evaluation of their antimicrobial activities. *J. Saudi Chem. Soc.* 15: 113-120 (2011). <http://dx.doi.org/10.1016/j.jscs.2010.06.004>

Verma, A., & Stellacci, F. (2010). Effect of surface properties on nanoparticle–cell interactions. *small*, 6(1), 12-21. DOI: 10.1002/sml.200901158

Vigneshwaran, N., Kathe, A. A., Varadarajan, P. V., Nachane, R. P., & Balasubramanya, R. H. (2006). Biomimetics of silver nanoparticles by white rot fungus, *Phaenerochaete chrysosporium*. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 53(1), 55-59. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2006.07.014

Vilchis-Nestor, R., Sanchez, V., Camacho, A., Gomez, M. and Arenas, A. (2008). Solvent less synthesis and optical properties of Au and Ag nanoparticles using *Camellia sinensis* extract. *Materials Letters*, 62: 3103-3105. DOI:10.1016/j.matlet.2008.01.138

Wang, T., Jin, X., Chen, Z., Megharaj, M., & Naidu, R. (2014). Green synthesis of Fe nanoparticles using eucalyptus leaf extracts for treatment of eutrophic wastewater. *Science of the total environment*, 466, 210-213. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.022>

Wang, Y., Arandiyana, H., Scott, J., Bagheri, A., Dai, H., & Amal, R. (2017). Recent advances in ordered meso/macroporous metal oxides for heterogeneous catalysis: a review. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(19), 8825-8846.

Wei, D., & Qian, W. (2008). Facile synthesis of Ag and Au nanoparticles utilizing chitosan as a mediator agent. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 62(1), 136-142. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2007.09.030

Winterer, M., & Hahn, H. (2003). Nanoceramics by chemical vapour synthesis. *International Journal of Materials Research*, 94(10), 1084-1090. DOI:10.1515/ijmr-2003-0198

Yaltirik, F. (1967). Aceraceae. *Flora of Turkey and the east Aegean Islands*, 2, 508-519.

- Yun, H., Kim, J., Choi, H. and Lee, C. (2013). Antibacterial Activity of CNT–Ag and GO–Ag Nanocomposites Against Gram-negative and Gram-positive Bacteria. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 34: 3261. <https://doi.org/10.5012/bkcs.2013.34.11.3261>
- Zahra, N. (2018). *Green Synthesis, Characterization and Biological Assessment of Silver Nanoparticles by using Artemisia carvifolia* (Doctoral dissertation, CAPITAL UNIVERSITY).
- Zarei, M., Jamnejad, A. and Khajehali, E. (2014). Antibacterial Effect of Silver Nanoparticles Against Four Foodborne Pathogens. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 7: 8720. doi: 10.5812/jjm.8720
- Zhang, X., Wang, G., Liu, X., Wu, H., & Fang, B. (2008). Copper dendrites: synthesis, mechanism discussion, and application in determination of L-tyrosine. *Crystal Growth and Design*, 8(4), 1430-1434. <https://doi.org/10.1021/cg7011028>
- Zinjarde, S. (2012). Bio-inspired nanomaterials and their applications as antimicrobial Agents. *Chronicles of Young Scientists*, 3: 1–74. DOI:10.4103/2229-5186.94314
- Ziylan-Yavaş, A., Mizukoshi, Y., Maeda, Y., & İnce, NH (2015). Sonoliz ve sonofotoliz yoluyla parasetamolün oksidasyonunu ve mineralizasyonunu arttırmak için bozulmamış TiO₂'nin asil metallerle desteklenmesi. *Uygulamalı Kataliz B: Çevresel*, 172, 7-17.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

Batıbay, Hayri

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Batman Üniversitesi	2020
Lisans	Dicle Üniversitesi	2014
Lise	Yunus Emre Lisesi	2006

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2022	Kartalpe Anadolu lisesi	Biyoloji Öğretmeni
2021	Selahaddin Eyyubi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Biyoloji Öğretmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1.Tilkat, E. A., Batıbay, H., Yener, I., Yılmaz, P. K., Akdeniz, M., Kaplan, A., ... & Holubec, V. (2021). Determination of Enzyme Inhibition Potential and Anticancer Effects of Pistacia khinjuk Stocks Raised in In Vitro and In Vivo Conditions. Agronomy, 11(1), 154.

2.Sığıncı-Çetin, Y., Yılmaz, M.A., Ertaş, A., Süzerer, V., Tilkat, E., Ayaz-Tilkat, E., Batıbay, H. and Onay, A. 2018. In Vitro Ortamda Çoğaltılmış Juvenil Sakız Ağacı (Pistacia lentiscus L.) Eksplantlarında Triterpenoid Miktarlarının Bazı Elisitasyon Uygulamaları Yoluyla Arttırılması. 3. Uluslararası Katılımlı Bitki Fizyoloji Kongresi, pp 23-23, Çanakkale, Turkey.

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Hayri Batıbay		
Öğrenci No	20827001		
Ana Bilim Dalı	Dİşiplinlerarası Nanoteknoloji		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof.Dr.Bilsen Tural		
Tez Başlığı	Bıttım (Pistacia Khinjuk Stocks) Bitkisinin Dişı ve Erkek Birey Özütlerinin Gümüş Nanopartiküllerin Biyosentezi Üzerine Etkisi ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Araştırılması		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	122		
Raporlama Tarihi	22.03.2023		
Benzerlik Oranı (%)	% 11		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 97 sayfalık kısmına ilişkin, 22/03/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 11 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
- ☒Kaynaklar hariç
- ☐Alıntılar hariç/dâhil
- ☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı ve Soyadı: Hayri Batıbay

Tarih: 22.03.2023

İmza :

Danışman Prof. Dr. Bilsen Tural

İmza:

Tarih: 22.03.2023

Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Bilsen Tural

İmza:

Tarih: 22.03.2023