



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Cyclotrichium origanifolium (LABİLL.)
MANDEN. & SCHENG.'DEN SENTEZLENEN
ALTIN VE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN
ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet Emin YILGEÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı

Temmuz-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Emin YILGEÇ tarafından hazırlanan “*Cyclotrichium origanifolium* (LABİLL.) MANDEN. & SCHENG.’DEN SENTEZLENEN ALTIN VE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması 02/07/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Gökhan ZENGİN

Danışman

Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

Üye

Doç. Dr. Kemal ÇETİN

İmza

.....

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 23YLMER03001 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Mehmet Emin YILGEÇ

02/07/2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cyclotrichium origanifolium (LABİLL.) MANDEN. & SCHENG.'DEN SENTEZLENEN ALTIN VE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN ANTIÖKSİDAN AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet Emin YILGEÇ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

2024, 62 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

Prof. Dr. Gökhan ZENGİN

Doç. Dr. Kemal ÇETİN

Son zamanlarda nanoteknoloji bilimi ürünü olan nanopartiküllerin eşsiz özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Metal nanopartikül çeşitlerinden olan altın ve gümüş nanopartiküller biyolojik özelliklerinden dolayı oldukça bilinmektedir. Teknolojinin çevreye en az zarar ile gelişmeye devam etmesi sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Bu doğrultuda altın ve gümüş nanopartiküllerin sentezinde çevre için daha az zararlı veya hiç zarar vermeyen solventlerin kullanılması “yeşil sentez” (green synthesis) yaklaşımı ile mümkündür. Bu doğrultuda bu tez çalışmasında *Cyclotrichium origanifolium* (Labill.) Manden. & Scheng. su ekstraktı ile altın ve gümüş nanopartiküller sentezlenmiştir. Elde edilen altın ve gümüş nanopartiküllerin karakterizasyon işlemleri UV-vis, STEM, SEM-EDX, FTIR, zeta potansiyeli, nanopartikül boyutu ve XRD analizleri ile gerçekleştirilmiştir. *Cyclotrichium origanifolium* su ekstraktı ile HAuCl₄ çözeltisinin karıştırılması sonucu sentezlenen altın nanopartiküllerinde şarap kırmızısı rengin oluştuğu gözlemlendi. Altın nanopartiküller 538 nm dalga boyunda ve 26.49 boyut dağılımına sahiptir. Altın nanopartiküllerin fonksiyonel grupları FTIR ile kristal yapıları ise XRD ile ortaya çıkarıldı. Altın nanopartiküllerde zeta potansiyeli -32 mV iken PI değerinin 0.335 olduğu belirlendi. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerinde *Cyclotrichium origanifolium* su ekstraktı ve AgNO₃ çözeltisinin karıştırılması sonucu kahverengi rengin oluştuğu gözlemlendi. Gümüş nanopartiküller 423 nm dalga boyunda ve 26.01 boyut dağılımına sahiptir. Gümüş nanopartiküllerin fonksiyonel grupları FTIR ile kristal yapıları ise XRD ile ortaya çıkarıldı. Gümüş nanopartiküllerin zeta potansiyeli -25.94 mV iken PI değeri 0.243 olarak belirlendi. Karakterizasyon başmaklarının ardından ekstrakt, altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Ekstraktın ABTS, DPPH, CUPRAC, FRAP ve fosfomolibdat aktiviteleri sırasıyla 53.27 mg TE/g, 50.17 mg TE/g, 154.32 mg TE/g, 98.51 mg TE/g ve 1.67 mmol TE/g olarak belirlenmiştir. Altın nanopartiküllerin CUPRAC, FRAP ve fosfomolibdat aktiviteleri sırasıyla 13.88 mg TE/g, 8.68 mg TE/g ve 0.08 mmol TE/g olarak belirlenmiştir. Gümüş nanopartiküllerin ABTS, CUPRAC, FRAP ve fosfomolibdat aktiviteleri sırasıyla 13.27 mg TE/g, 28.46 mg TE/g, 18.86 mg TE/g ve 0.09 mmol TE/g olarak belirlenmiştir. Ekstraktın, altın nanopartiküllerin ve gümüş nanopartiküllerin toplam fenolik içeriği sırasıyla 47.11, 4.59 ve 5.42 mg GAE/g olarak belirlenmiştir. Ekstraktın ve altın nanopartiküllerinin toplam flavonoid içeriği sırasıyla 13.73 mg RE/g ve 0.028 mg RE/g olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak altın ve gümüş nanopartikülleri sentezlenmiş ve bu nanopartiküllerin antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altın nanopartiküller, Antioksidan aktivite, *Cyclotrichium origanifolium*, Gümüş nanopartiküller, Nanoteknoloji, Yeşil sentez

ABSTRACT

MS THESIS

EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GOLD AND SILVER NANOPARTICLES SYNTHESIZED FROM *Cyclotrichium origanifolium* (LABILL.) MANDEN. & SCHENG.

Mehmet Emin YILGEÇ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN NANOSCIENCE AND NANOENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

2024, 62 Pages

Jury

Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

Prof. Dr. Gökhan ZENGİN

Assoc. Prof. Dr. Kemal ÇETİN

Recently, nanoparticles, which are products of nanotechnology science, have come to the fore with their unique properties. Gold and silver nanoparticles, which are types of metal nanoparticles, are well known due to their biological properties. It is important for sustainability that technology continues to develop with minimal harm to the environment. It is possible to use solvents that are less harmful or not harmful to the environment for the synthesis of gold and silver nanoparticles with the "green synthesis" approach. In this direction, gold and silver nanoparticles were synthesized with water extract of *Cyclotrichium origanifolium* (Labill.) Manden. & Scheng. in this thesis study. Characterization of the obtained gold and silver nanoparticles were carried out by UV-vis, STEM, SEM-EDX, FTIR, zeta potential, nanoparticle size and XRD analyses. It was observed that wine red color at the synthesized gold nanoparticles was formed as a result of mixing *Cyclotrichium origanifolium* water extract and HAuCl₄ solution. Gold nanoparticles have a wavelength of 538 nm and a size distribution of 26.49. Functional groups of gold nanoparticles were revealed by FTIR and crystal structures by XRD. It was determined that the PI value was 0.335 when the zeta potential was -32 mV at the gold nanoparticles. It was observed that brown color at the synthesized silver nanoparticles was formed as a result of mixing *Cyclotrichium origanifolium* water extract and AgNO₃ solution. Silver nanoparticles have a wavelength of 423 nm and a size distribution of 26.01. Functional groups of silver nanoparticles were revealed by FTIR and crystal structures by XRD. While the zeta potential was -25.94 mV, the PI value was determined to be 0.243 of the silver nanoparticles. Following the characterization steps, the antioxidant activity of the extract, gold, and silver nanoparticles were investigated. ABTS, DPPH, CUPRAC, FRAP and phosphomolybdate activities of the extract was determined as 53.27 mg TE/g, 50.17 mg TE/g, 154.32 mg TE/g, 98.51 mg TE/g and 1.67 mmol TE/g, respectively. Gold nanoparticles of CUPRAC, FRAP and phosphomolybdate activities were determined as 13.88 mg TE/g, 8.68 mg TE/g, and 0.08 mmol TE/g, respectively. Silver nanoparticles of ABTS, CUPRAC, FRAP and phosphomolybdate activities were determined as 13.27 mg TE/g, 28.46 mg TE/g, 18.86 mg TE/g, and 0.09 mmol TE/g, respectively. The total phenolic content of the extract, gold nanoparticles and silver nanoparticles were determined as 47.11, 4.59 and 5.42 mg GAE/g, respectively. The total flavonoid content of the extract and gold nanoparticles were determined as 13.73 mg RE/g and 0.028 mg RE/g, respectively. As a result, gold and silver nanoparticles were synthesized and the antioxidant activities of these nanoparticles were determined.

Keywords: Antioxidant activity, *Cyclotrichium origanifolium*, Green synthesis, Gold nanoparticles, Nanotechnology and Silver nanoparticles

ÖNSÖZ

“*Cyclotrichium origanifolium* (LABİLL.) MANDEN. & SCHENG.’DEN SENTEZLENEN ALTIN VE GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu tez çalışmasında toksik olmayan yollarla yani yeşil sentez şartları dahilinde *Cyclotrichium origanifolium*’un su ekstraktı kullanılarak altın ve gümüş nanopartiküller sentezlenmiştir. Elde edilen altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan özellikleri araştırılmıştır.

Çalışmanın yapılmasına olanak tanıyan Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, çalışmayı maddi olarak destekleyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi, çalışmanın deneysel süreçlerinin gerçekleştirildiği Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) akademisyenlerine ve personellerine teşekkür ederim.

Yıllar öncesinde tanıştığım ve akademik anlamda her türlü destek olan bir öğretici, hayatın akışı içerisinde ise bir abi rolünde olan, bilgilerini ve tecrübelerini asla esirgemeyen, çalışkanlığı, disiplini ve samimiyeti ile hayatımda rol model aldığım kıymetli danışanım Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER’e maddi ve manevi tüm yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince kıymetli bilgilerinden faydalandığım ve antioksidan aktivite testlerinin gerçekleştirilmesinde yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Gökhan ZENGİN’e teşekkür ederim. Ayrıca Prof. Dr. Evren YILDIZTUGAY’a ve Doç. Dr. Kemal ÇETİN’e de desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Aynı zamanda BİTAM bünyesinde tanıdığım hem maddi hem manevi destek olan kıymetli çalışma arkadaşlarım olan Öğr. Gör. Dr. Şerife DUMAN’a, Dr. Fatih Emre EDİZ’e, Berkeli AKGAYEV’e, Fatıma Betül ŞUBUL’a, Halil TOKGÖZ’e, İrem Sena DEMİREL’e, Mücahit KARASAKAL’a ve Tefvik ERASLAN’a teşekkür ederim.

19 yıllık eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen her türlü olanağı sağlayan kıymetli aile bireylerimin hepsine ayrı ayrı teşekkür ederim. Sevgili eşime desteği, emekleri ve sabrı için teşekkür ederim.

Mehmet Emin YILGEÇ
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABTSRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Nanoteknoloji.....	2
2.2. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi.....	3
2.3. Nanopartiküller	4
2.4. Metal Nanopartiküller	5
2.4.1. Altın nanopartiküller	5
2.4.2. Gümüş nanopartiküller	5
2.5. Metal Nanopartiküllerin Sentez Yöntemleri	6
2.5.1. Yeşil sentez yöntemleri.....	7
2.6. Metal Nanopartiküllerin Karakterizasyonu	9
2.7. Serbest Radikaller	11
2.8. Antioksidanlar	12
2.9. Nanopartiküllerin Antioksidan Özelliği.....	12
2.10. <i>Cyclotrichium organifolium</i>	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. <i>Cyclotrichium organifolium</i> Ekstraktının Eldesi	16
3.2. Altın Nanopartiküllerin Sentezlenmesi.....	17
3.3. Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi	19
3.4. Altın ve Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonunun Gerçekleştirilmesi	20
3.5. Altın ve Gümüş Nanopartiküllerin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi.....	21
3.5.1. ABTS testi.....	22
3.5.2. DPPH testi.....	22
3.5.3. CUPRAC testi.....	22
3.5.4. FRAP testi	22
3.5.5. Fosfomolibdat testi	23
3.5.6. Toplam fenolik içerik tespiti.....	23
3.5.7. Toplam flavonoid içerik tespiti.....	23
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Altın Nanopartiküllerin Karakterizasyon Sonuçları	24

4.1.1. UV-Vis Spektroskopisi	24
4.1.2. Geçirimli Taramalı Elektron Mikroskobu (STEM)	25
4.1.3. Enerji dağılımlı X-RAY spektroskopisi (SEM-EDX)	27
4.1.4. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	28
4.1.5. Zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu	30
4.1.6. X Işını Difraktometresi (XRD)	32
4.2. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyon Sonuçları	33
4.2.1. UV-Vis Spektroskopisi	33
4.2.2. Geçirimli Taramalı Elektron Mikroskobu (STEM)	34
4.2.3. Enerji dağılımlı X-RAY spektroskopisi (SEM-EDX)	36
4.2.4. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)	37
4.2.5. Zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu	39
4.2.6. X Işını Difraktometresi (XRD)	41
4.3. Altın ve Gümüş Nanopartiküllerin Antioksidan Aktivite Sonuçları	42
4.3.1. Serbest radikal süpürme aktivitesi	42
4.3.2. İndirgeme gücünün belirlenmesi	44
4.3.3. Fosfomobildat testi	47
4.3.4. Toplam fenolik içerik tespiti	48
4.3.5. Toplam flavonoid içerik tespiti	49
4.4. <i>C. origanifolium</i> 'un Antioksidan Aktivite Sonuçları	50
4.4.1. Genel antioksidan aktivite testleri	50
4.4.2. Toplam fenolik ve flavonoid içerik tespiti	51
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
5.1 Sonuçlar	53
5.2 Öneriler	54
6. KAYNAKLAR	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$	Amonyum molibdat
AgNO_3	Gümüş nitrat
AlCl_3	Alüminyum klorür
CuCl_2	Bakır (II) klorür
g	Gram
H_2O_2	Hidrojen peroksit
H_2SO_4	Sülfirik asit
HAuCl_4	Kloroaurik asit
HO_2	Hidroperoksil
IC_{50}	Yarı maksimum inhibitör konsantrasyonu
K_2SO_8	Potasyum persülfat
mg	Miligram
ml	Mililitre
mmol	Milimol
mV	Milivolt
Na_3PO_4	Potasyum fosfat
$\text{NH}_4\text{CH}_3\text{CO}_2$	Amonyum asetat
nm	Nanometre
O_2^-	Süperoksit
$^\circ\text{C}$	Santigrat derece
μg	Mikrogram

Kısaltmalar

0D	Sıfır boyut
1D	Bir boyut
2D	İki boyut
3D	Üç boyut
ABTS	[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)]
AgNPs	Gümüş nanopartiküller
AuNPs	Altın nanopartiküller
CUPRAC	Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasite
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FRAP	Demir İndirgeyici Antioksidan Kapasite
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
ND	Tespit edilemedi
PI	Polidispersite İndeksi
RE	Rutin Eşdeğeri
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
RPM	Dakika başına devir
SD	Standart sapma
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SEM-EDX	SEM-Enerji Dağılımlı X-RAY Spektroskopisi
STEM	Geçirimli Taramalı Elektron Mikroskobu
STM	Taramalı Tünelleme Mikroskobu
TE	Troloks Eşdeğeri
TEM	Geçirimli Elektron Mikroskobu
XRD	X Işını Difraktometresi

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yeşil sentezin on iki ilkesi.....	7
Çizelge 2.2. <i>C. origanifolium</i> 'un genel taksonomik özellikleri	13
Çizelge 2.3. <i>C. origanifolium</i> taksonomisi	14
Çizelge 3.1. AuNPs ve AgNPs numunelerinin karakterizasyonu için kullanılan cihazların markası ve gerçekleştirdiği karakterizasyon basamağı.....	21
Çizelge 3.2. Uygulanan antioksidan testler ve uygulama amaçları	21
Çizelge 4.1. AuNPs ve AgNPs numunelerinin ABTS testi sonuçları.....	42
Çizelge 4. 2. AuNPs ve AgNPs numunelerinin CUPRAC testi sonuçları	44
Çizelge 4. 3. AuNPs ve AgNPs numunelerinin FRAP testi sonuçları	44
Çizelge 4. 4. AuNPs antioksidan aktivitesi ile ilgili diğer çalışmalar	47
Çizelge 4. 5. AgNPs antioksidan aktivitesi ile ilgili diğer çalışmalar	47
Çizelge 4. 6. AuNPs ve AgNPs numunelerinin fosfomolibdat testi sonuçları	48
Çizelge 4. 7. AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam fenolik içerik sonuçları.....	48
Çizelge 4. 8. <i>C. origanifolium</i> 'un su ekstraktının antioksidan aktivite sonuçları	51
Çizelge 4. 9. <i>C. origanifolium</i> ekstraktının toplam fenolik içerik sonuçları	52
Çizelge 4. 10. <i>C. origanifolium</i> ekstraktının toplam flavonoid içerik sonuçları	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Metal nanopartiküllerin sentez yöntemleri.....	6
Şekil 2.2. <i>C. origanifolium</i> 'un Türkiye'deki genel dağılımı	14
Şekil 3.1. a: <i>C. origanifolium</i> , b: <i>C. origanifolium</i> toz numunesi.....	16
Şekil 3.2. a: <i>C. origanifolium</i> su ekstraktı liyofilizasyon işlemi öncesi, b: <i>C. origanifolium</i> su ekstraktı liyofilizasyon işlemi sonrası	17
Şekil 3.3. a: AuNPs sentezinde kullanılan ekstrakt çözeltisi, b: HAuCl ₄ çözeltisi, c: AuNPs sentezleme işlemi sonrası	18
Şekil 3.4. a: AgNPs sentezinde kullanılan ekstrakt çözeltisi, b: AgNO ₃ çözeltisi, c: AgNPs sentezleme işlemi sonrası	19
Şekil 3.5. a: AuNPs, b: AgNPs	20
Şekil 4.1. AuNPs sentezi sırasında gözlenen renk değişimi.....	24
Şekil 4.2. <i>C. origanifolium</i> ekstraktının ve AuNPs'nin UV-Vis spektrumu	25
Şekil 4.3. AuNPs'nin farklı büyütme oranlarındaki STEM görüntüsü	26
Şekil 4.4. AuNPs'nin boyut dağılımı.....	26
Şekil 4.5. AuNPs numunesinin element içeriği yüzde dağılımı	27
Şekil 4.6. AuNPs numunesinin element içeriği görüntüsü.....	28
Şekil 4.7. <i>C. origanifolium</i> ekstraktı ve AuNPs'nin FTIR spektrumu	29
Şekil 4.8. AuNPs zeta potansiyeli spektrumu.....	30
Şekil 4.9. AuNPs nanopartikül boyut karakterizasyonu.....	31
Şekil 4.10. AuNPs XRD spektrumu	32
Şekil 4.11. AgNPs sentezi sırasında gözlenen renk değişimi.....	33
Şekil 4.12. <i>C. origanifolium</i> ekstraktının ve AgNPs'nin UV-Vis spektrumu	34
Şekil 4.13. AgNPs'nin farklı büyütme oranlarındaki STEM görüntüsü	35
Şekil 4.14. AgNPs'nin boyut dağılımı.....	35
Şekil 4.15. AgNPs numunesinin element içeriği görüntüsü.....	36
Şekil 4.16. AgNPs numunesinin element içeriği yüzde dağılımı	37
Şekil 4.17. <i>C. origanifolium</i> ekstraktı ve AgNPs'nin FTIR spektrumu	38
Şekil 4.18. AgNPs zeta potansiyeli spektrumu.....	39
Şekil 4.19. AgNPs nanopartikül boyut karakterizasyonu.....	40
Şekil 4.20. AgNPs XRD spektrumu	41
Şekil 4. 21. AuNPs'nin ve AgNPs'nin CUPRAC testi.....	45
Şekil 4. 22. AuNPs'nin ve AgNPs'nin FRAP testi.....	45
Şekil 4. 23. AuNPs'nin ve AgNPs'nin fosfomolibdat testi	48
Şekil 4. 24. AuNPs'nin ve AgNPs'nin toplam fenolik içeriği.....	49
Şekil 4. 25. AuNPs'nin ve AgNPs'nin toplam flavonoid içeriği.....	50
Şekil 4. 26. <i>C. origanifolium</i> ekstraktının antioksidan aktivite sonuçları	51
Şekil 4. 27. <i>C. origanifolium</i> ekstraktının antioksidan aktivite sonuçları	52

1. GİRİŞ

Dünya genelinde artan nüfus oranı malzeme üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve veriminin yükseltilmesini gerektirmektedir (Thakkar vd., 2010). Nanoteknoloji bu gerekliliği karşılayacak ileri düzey teknolojidir. Bununla beraber nanoteknolojinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Diğer bilim dallarına katkı sağlayan nanoteknoloji, ürünlerinin özellikleri ile farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Bandeira vd., 2020). Altın nanopartiküllerin fizikokimyasal özellikleri, morfolojik çeşitlilikleri ve farklı boyut dağılımına sahip olması birçok uygulama alanında kullanılmasına olanak tanımaktadır (Jannathul Firdhouse ve Lalitha, 2022). Bu durum benzer şekilde gümüş nanopartiküller için de geçerlidir (Ijaz vd., 2022).

Canlı organizmalarda bulunan reaktif oksijen türleri hücrelerdeki biyomoleküllere, hücrelerin kendisine ve hatta organlara zarar vermektedir. Zararın yanı sıra iltihap oluşumuna sebep olabilir ve yaşlanmayı hızlandırabilir (Liu vd., 2022). Doğal ürünlerin serbest radikalleri temizleme aktivitesi veya antioksidan aktivitesi reaktif oksijen türlerine karşı etkin rol almaktadır. (Sahoo vd., 2022). Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, flavonoidler ve flavonlar gibi biyomoleküller antioksidan aktivitenin ortaya çıkmasında en önemli birimlerdir (Kumaran ve Joel Karunakaran, 2007).

Bitki ekstraktı kullanarak metal nanopartiküllerin sentezlenmesi mümkündür. Bitki ekstraktında bulunan biyomoleküller metal nanopartiküllerin öncü maddelerinin indirgenmesini ve metal nanopartiküllerin stabilizasyonunu sağlamaktadır. Çevreci sentez şartları kısaca yeşil sentez olarak adlandırılmaktadır. Böylece bitki ekstraktı ile sentezlenen metal nanopartiküller zararlı solvent kullanılmadan elde edilir. Yeşil sentez yaklaşımıyla elde edilen metal nanopartiküllerin eşsiz özelliklere sahip olduğu bilinmektedir (Vijayakumar, 2019).

Bütün bu durumlar göz önüne alındığında bu tez çalışmasında *Cyclotrichium organifolium* ekstraktından toksik olmayan yollar ile altın ve gümüş nanopartiküllerin sentezlenmesi, karakterizasyonlarının gerçekleştirilmesi ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda *Cyclotrichium organifolium*'dan elde edilmiş su ekstraktından altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktivitesinin araştırılması hakkında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum yapılan bu tez çalışmasının önemini arttırmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Nanoteknoloji

Atomların 1 ile 100 nanometre (nm) aralığında manipüle edilerek sistematik olarak düzenlenmesi sonucunda maddelerin özellikleri atomik ve moleküler düzeyde yeni özelliklere sahip yapıların oluşması ile sonuçlanmaktadır. Elde edilen birimlerin 1-100 nm aralığında manipüle edilerek işlevsel cihazlar, malzemeler ve sistemler oluşturması nanoteknoloji ile gerçekleştirilmektedir. Genel olarak bu durum nanoteknoloji biliminin temelini oluşturmaktadır (Bayda vd., 2020; Mansoori ve Soelaiman, 2005).

Nanobilim ve nanoteknolojinin temellerinin oluşabilmesi için zamana ihtiyaç duyan ancak sürekli gelişen ve disiplinler arası karaktere sahip bir bilim dalıdır. Nanobilim ve nanoteknolojinin gelişmesi temelde fizik, kimya ve malzeme bilimi gibi diğer bilim dalları ile ilişkilendirilmektedir (Muñoz-Écija vd. 2017).

Nanoteknoloji gün geçtikçe daha fazla ilgi görmektedir. Sahip olduğu popülerlik sadece akademik olarak değil yatırımcıların, hükümetlerin ve endüstri alanlarında yayılmaktadır. Atomik boyutlarda çok farklı özelliklere sahip ürünler elde etme potansiyeli, birçok uygulama alanında etkin şekilde sonuçlar vermesi nanoteknolojinin popülerliğini arttırmaktadır. Aynı zamanda nanoteknolojinin ürünlerin yenilikçi ve çok işlevli olması da eklendiği zaman nanoteknoloji bu yüzyılın bilim dalı olarak ön plana çıkmaktadır (Serrano vd., 2009).

Nanoteknoloji birçok uygulama alanında etkin rol alarak hızla insan hayatındaki yerini almaktadır. Nanoteknoloji ürünü olan nanopartiküllerin sentezlenme süreçleri nanoteknolojinin gelişimi ile evrilmektedir. Son yıllarda nanopartiküllere odaklanması birçok ürünün ortaya çıkması ve farklı cihazların gelişmesi ile sonuçlanmıştır. Çünkü nanopartiküllerin uygulama alanlarına uygun olarak sentezlenip sentezlenmediğini anlamak için özellikle karakterizasyon basamaklarının daha hızlı, basit ve verimli olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yani nanoteknolojinin bir adım daha ileriye gitmesi nanopartiküllerin başarısını ve ileri teknolojik cihazların geliştirilmesini dolaylı yoldan olumlu şekilde etkilemektedir (Titus vd., 2018).

Nanoteknolojinin gelişmesiyle birlikte farklı bilim dalları da ortaya çıkmaktadır. Son zamanlarda Biyonanoteknoloji bilimi popülerlik kazanan modern bilim dalı olarak ön plana çıkmaktadır (Muddapur vd., 2022).

2.2. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi

Richard P. Feynman 1959'da Amerikan Fizik Topluluğu (American Physical Society)'nda "Alttı Çok Yer Var" (There's Plenty of Room at the Bottom) isimli konferans ile nanobilim ve nanoteknoloji kavramlarının bilimsel olarak ortaya çıkmasına öncülük etmiştir (Feynman, 1959). Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer 1982 yılında IBM Zürih Araştırma Laboratuvarı'nda taramalı tünelleme mikroskobunu (STM) icat etmişlerdir. Böylece mikroskobun geliştirilmesi için ilk adımı Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer atmıştır (Binnig vd., 1982). Taramalı tünelleme mikroskobunun icadı nanoteknolojinin gelişmesine katkı sağlayan en büyük faktörlerden birisi olarak kabul edilmektedir. 1981 ile 2004 yılları arasında yayınlanan "nano" terimi içeren makaleler Milojević (2012) tarafından incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada makalelerde en sık kullanılan 100 kelime veya kelime öbeği dikkate alınarak ve NanoBank bibliyografik veri tabanından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda 1980'lerin ilk dönemlerinde "alan, elektron, enerji, etki, kuantum mekaniği, sistem ve teori" terimlerinin; 1980'lerin son dönemlerinde ise "galyum arsenür, Langmuir-Blodgett, tarama tüneli mikroskopisi, tünel ve yapı" terimlerinin; 1990'larda "assemble, film, fulleren, ince film, kopolimer, kuantum dot, malzeme, özellik ve polimer" terimlerinin; 2000'li yıllarda ise "karbon nanotüp, nanokompozit, nanoparçacıklar ve sentez" terimlerinin yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda nanoteknolojik malzemelerden ince filmler ve karbon nanotüpler; nanoteknolojik enstrümantasyonlardan atomik kuvvet mikroskobu ve tarama tünelleme mikroskopisi nanoteknolojinin multidisipliner olarak literatürde yerini almasında etkili olduğu belirlenmiştir.

Son zamanlarda literatürde yerini almış olan nanoteknoloji bilimi ile bazı terimler ortaya çıkmıştır. Örneğin nano ölçek: 1-100 nm nano boyut aralığını belirtmektedir. Nanobilim: Maddelerin boyutu ve yapısı doğrultusunda ortaya çıkan özellikleri anlamaya çalışan, aynı zamanda atomların, moleküllerin veya yığın malzemelerin ortaya çıkışını karşılaştıran ve bu karşılaştırmayı nano ölçek aralığında inceleyen bilim dalıdır. Nanoteknoloji: Maddelerin çeşitli manipülasyon teknikleri uygulanarak kontrollü şekilde ve bilimsel bulgular doğrultusunda elde edilmesini, elde edilen bu maddelerin nano ölçek sınırları içerisinde boyut dağılımına sahip olacak şekilde kullanılabilecek uygulama alanlarını kapsamaktadır. Nanomateryal: Nano ölçek sınırları içerisinde iç veya dış özelliğe sahip yapıdır. Nanonesne: Bir veya birden fazla alana sahip nano ölçek sınırları içerisindeki malzemelerdir (Jeevanandam vd., 2018).

2.3. Nanopartiküller

Nanopartiküller sahip olduğu ayarlanabilir fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bakımından yığın (bulk) malzemelere göre farklılıklara sahiptir. Bu özellikler nanopartiküllerin teknolojik gelişmeler bakımından önem kazanmasına önemli derecede rol oynamaktadır (Jeevanandam vd., 2018).

Nanopartiküller malzeme çeşitlerine göre sınıflandırılmak istendiğinde karbon bazlı, inorganik bazlı, organik bazlı ve kompozit bazlı olmak üzere dört kategoride incelenmektedir. Nanopartiküller sahip olduğu boyutlarına göre sınıflandırılmak istendiğinde ise fullerenler, kuantum dotlar, halkalar ve atomik kümeler sıfır boyutlu (0D); nanotüpler, elyaflar, filamanlar ve spiraller bir boyutlu (1D); nanodiskler ve nanokatmanlar iki boyutlu (2D) ve eş eksenli kristaller üç boyutlu (3D) olarak değerlendirilmektedir (Singh vd., 2020). Nanopartiküllerin sınıflandırılma kategorisi olan inorganik nanopartiküller içerisinde metal ve metal oksit nanopartiküller de bulunmaktadır. İnorganik nanopartiküller diğer nanopartiküllerden farklı olarak karbon atomu içermez. Genellikle toksik özellik göstermez ve hatta yüksek derecede biyoyumludur. Aynı zamanda organik nanopartiküllere kıyasla yüksek derecede stabiliteye sahiptir (Ijaz vd., 2020). Nanopartiküller farklı boyut dağılımlarına sahip olmasının haricinde çeşitli morfolojik ve kimyasal özelliklere sahiptir. Nanopartiküllerin sentez yöntemini çeşidi, işlevsel hale getirilme süreci, uygulanan modifikasyonlar ve sergiledikleri etkileşimsel özellikleri sentezlenen nanopartiküllerin özelliklerinin ortaya çıkmasında belirleyici rol oynamaktadır. Sentezlenmesi planlanan nanopartiküllerin uygulama alanının hedefine uygun olarak elde edilebilmesi için sentez sürecindeki reaksiyon sıcaklığı, kullanılan solventlerin çeşidi, yüzey aktif maddelerin çeşidi ve farklı modifikasyonlar parametre olarak belirlenmektedir (Saleh, 2020).

Nanopartiküllerin genel olarak sahip olduğu bu özellikleri tıp, gıda, tarım, elektronik ve enerji gibi farklı uygulama alanlarda kullanılmasına olanak tanımaktadır. Nanopartiküllerin gelecek yıllarda insan hayatında daha etkin ve yaygın olarak yerini alması ve çeşitli alanlarda aktif şekilde kullanılması düşünülmektedir (Ijaz vd., 2020). Örneğin ilaç etken maddesi yüklenmiş nanopartiküller, geleneksel ilaçların yerini alma potansiyeline sahiptir. Çünkü geleneksel ilaçların hücreye geçişi ve vücuda dağılması ilaç etken maddesi yüklenen nanopartiküllere göre farklılıklar göstermektedir. Bu durum nanopartiküllerin yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Gref vd., 1994).

2.4. Metal Nanopartiküller

Alüminyum, altın, bakır, çinko, demir, gümüş, kadmiyum, kobalt, kurşun gibi metal element çeşitlerinin nanopartikülleri literatürde iyi bilinen, bilimsel çalışmalarda dikkat çeken ve popüler olan nanopartiküller arasında yer almaktadır. Tüm metal nanopartiküllerin ortak özellikleri yüksek derecede yüzey alanı/hacim oranına ve yüzeylerinde bulunan iyonlardan dolayı elektriksel yüklere sahiptir. Ancak metal nanopartiküller hem farklı çeşitler arasında hem de kendi içlerinde sahip olduğu iyon yüklerinin yoğunluğu, partikül boyutları ve morfolojik özellikleri gibi etkenler bakımından ayırt edici farklılıklara sahiptir. Aynı zamanda metal nanopartiküllerin morfolojik özellikleri güneş ışınları, ortamdaki nem miktarı, sıcaklık gibi çevresel faktörlere karşı oldukça hassastır. Bu durum her metal nanopartikülün spesifik özelliklere sahip olmasına neden olmaktadır (Ijaz vd., 2020). Son zamanlarda metal nanopartiküllerin boyutları ve uygulama alanları araştırmacıların dikkatini çekmektedir (Muddapur vd., 2022).

2.4.1. Altın nanopartiküller

Altın nanopartiküller (AuNPs) düşük doğal toksisite, yüksek yüzey alanı, ayarlanabilir stabilite ve hidrofobik yüzey özelliği gibi spesifik özelliklere sahiptir. AuNPs'nin çeşitli boyut dağılımlarına sahip olması sonucunda AuNPs aracılığı ile molekül halindeki ilaçların ve peptitlerin, proteinlerin, DNA ve RNA gibi biyomoleküllerin hücrelere taşınması mümkündür. Böylece farklı işlevselliğe sahip AuNPs çeşitleri kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu durum hücrelerin ilacı veya geni tanımasında ve hücrelere ilacın veya genin transferinin başarılı şekilde iletilmesinde etkilidir. Bütün bu durumlar sonucunda geleneksel ilaç ve gen taşıma yöntemlerine karşı AuNPs ile hazırlanan ilaç ve gen taşıma sistemleri alternatif olarak kullanılmaktadır (Ghosh vd., 2008).

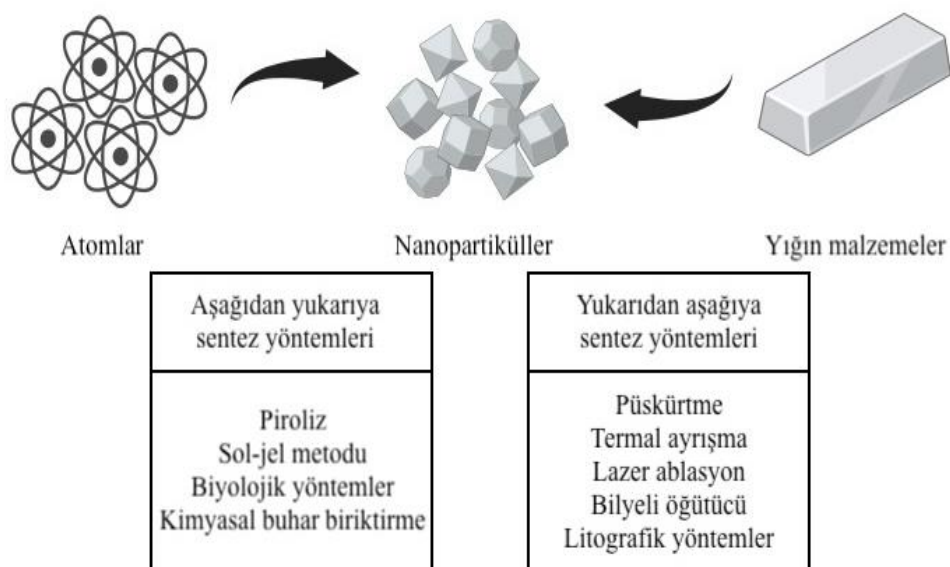
2.4.2. Gümüş nanopartiküller

Gümüş nanopartiküllerin (AgNPs) nanoteknolojideki yerinin önemini arttıran en etkili faktör diğer metallerden farklı olarak yüksek stabiliteye ve düşük kimyasal reaktiviteye sahip olmasıdır. AgNPs'nin kullanım alanlarının çeşidi öne çıkan spesifik aktivitelere göre farklılık gösterebilmektedir. Bu doğrultuda AgNPs sahip olduğu fizikokimyasal özelliklerinden dolayı çeşitli biyolojik uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Dhaka vd., 2023). Sentez basamaklarındaki modifikasyonlar ile

kullanım alanına uygun olması göz önüne alınarak piramit (Wiley vd., 2006), disk (Chen vd. 2002), küp (Zeng vd., 2010), çubuk (Gao vd., 2005) ve halka (Zinchenko vd. 2005) gibi farklı morfolojik özelliklere sahip AgNPs sentezlenebilmektedir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda yeşil sentez yöntemleriyle elde edilen AgNPs'nin yüksek derecede antioksidan, antimikrobiyal ve antifungal aktivite sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu sebeple AgNPs'nin farmasötik, tıbbi ve kozmetik gibi alanlarda etkin şekilde kullanılabilceği vurgulanmaktadır (Aygün vd., 2020). Ayrıca çevre için tehlike oluşturan azo boya kirleticiler ile etkin şekilde mücadele edilmesi sürecinde yeşil sentez ile sentezlenen AgNPs'nin rol oynadığı belirlenmiştir (Rasheed vd., 2018).

2.5. Metal Nanopartiküllerin Sentez Yöntemleri

Literatürde Metal nanopartiküllerin sentezinde “top bottom” (yukarıdan aşağıya) ve “bottom up” (aşağıdan yukarıya) olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Yukarıdan aşağıya sentez yaklaşımlarında yığın malzemenin boyutlarının küçültülmesi sonucunda nanopartiküller elde edilmektedir. Aşağıdan yukarı sentez yaklaşımlarında ise atomların birleşmesi ve ardından çekirdeklenmesi süreçlerinin ardından nanopartiküller elde edilmektedir. Aşağıdan yukarıya sentez yaklaşım süreçleri dahilinde kimyasal veya biyolojik yöntemler kullanılabilir (Ahmed vd., 2016). Metal nanopartiküllerin sentez yöntemleri (Şekil 2.1.)’de ifade edilmiştir (Ijaz vd., 2020).



Şekil 2.1. Metal nanopartiküllerin sentez yöntemleri

2.5.1. Yeşil sentez yöntemleri

Collins (1995) yaptığı “Öğretim ve araştırmada yeşil kimyanın tanıtılması” adlı çalışması ile çevreye duyarlılığının dikkat çekici olması için “yeşil kimya (green chemistry)”, “birincil önleme (primary prevention)” ve “çevreye duyarlı kimya (environmentally benign chemistry)” olmak üzere üç farklı terim sunmuştur. Bu üç terim anlam olarak hemen hemen aynıdır. Temel prensip olarak kimyasal tepkime süreçlerinin daha az kirleticiyle veya kirletici olmayan farklı alternatiflerle değiştirilmesi varsayımını ifade etmektedir. Collins’in yaptığı bu çalışma ile endüstriyel sektördeki ve laboratuvar çalışmalarındaki süreçlerin tasarlanmasında ve üretilecek yeni ürünler için sürdürülebilirliğin desteklenmesinde etkili olmuştur. Özellikle çeşitli devletlerin bu konudaki girişimi ile “yeşil kimya” terimi ve belirlenen önceliklerin uygulanabilirliği hayatımıza yerini almıştır (Huguet-Casquero vd., 2021). Yeşil sentezin temelde 12 ilkesi bulunmaktadır (Anastas ve Eghbali, 2010). Bu ilkeler (Çizelge 2.1.)’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Yeşil sentezin on iki ilkesi

Yeşil Sentezin İlkeleri
Önleme
Atom ekonomisi
Daha az tehlikeli kimyasal ile sentez
Daha güvenli kimyasalların tasarlanması
Daha güvenli çözücüler ve yardımcı maddelerin eldesi
Enerji verimliliğine yönelik tasarım
Yenilenebilir hammadde kullanımı
Türevleri azaltma süreci
Kalatiz
Bozulmaya yönelik tasarım
Kirliliğin önlenmesi için gerçek zamanlı analiz
Kaza önleme için doğası gereği daha güvenli kimya

Nanoteknolojinin gelişim sürecine bağlı olarak yüksek saflıkta, morfolojik özellikleri tanımlanmış ve işlevsel hale getirilmiş nanopartiküllerin fazla miktarda elde edilmesi hedeflenmektedir. Kimyasal yöntemlerle sentezlenen nanopartiküllerin maliyeti ve toksisite sorunları nanopartikül sentezi için engel teşkil etmektedir. Bu durum nanopartikül sentez yöntemlerinde farklı alternatiflerin geliştirilmesine yol açmıştır. Sentezlenen nanopartiküllerin insan sağlığı ve çevresel faktörler üzerindeki olumsuz etkilerini minimum seviyeye indirebilmek aynı zamanda yüksek performansa sahip

nanopartiküller sentezleyebilmek için yeşil sentez oldukça önem taşımaktadır. Yeşil sentez yöntemleri ile sentezlenen metal nanopartiküller biyogörüntüleme, ilaç salımı, biyosensörler ve genetik uygulamalar gibi bir çok biyolojik uygulama alanlarında etkin olarak kullanılmaktadır (Dahl vd., 2007, Muddapur vd., 2022).

Yapılan bir çalışmada protein açısından zengin içeriğe sahip olan *Volvariella volvacea* mantar ekstraktı kullanılarak AuNPs ve AgNPs sentezlenmiştir. Sentezlenen AuNPs'nin üçgen, küresel ve altıgen, AgNPs'nin ise küresel morfolojiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda AuNPs boyutunun ekstrakt sıcaklığına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca biyolojik organizmadaki proteinlere serbest amino grupları ile AuNPs'nin bağlandığı, amino asit kalıntılarında bulunan karboksilat grubu ile AgNPs'nin bağlandığı tespit edilmiştir. Bu bağlanma durumunun nanopartiküllerin verimliliğini olumlu şekilde etkilediği belirlenmiştir (Philip, 2009). AuNPs sentezi için farklı bitki çeşitleri ve bitkilerin farklı kısımları kullanılarak çeşitli ekstraktlar hazırlanmaktadır. Ekstrakt içerisinde bulunan flavonoidlerin AuNPs sentezinde kullanılacak olan öncü maddenin indirgenmesinde, proteinlerin sahip olduğu karboksilat grubunun ise AuNPs stabilizasyonunun sağlanmasında rol aldığı düşünülmektedir. Aynı zamanda AuNPs'yi çevreleyen biyomoleküllerin yüklerine bağlı olarak elektrostatik etki oluşmaktadır. Bu durum yeşil sentez şartları ile elde edilen AuNPs'nin homojen dağılım sergilemesini önemli ölçüde etkilemektedir (Vijayakumar, 2019). Aswathy Aromal ve Philip (2012) yaptıkları bir çalışmada *Trigonella foenum-graecum* tohumlarından elde edilen ekstrakt ile AuNPs sentezlemişlerdir. Yeşil sentez ile sentezlenen AuNPs'nin kataliz özelliklerinin değerlendirilmesi yönünden literatürdeki ilk çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Daha küçük boyut dağılımına sahip AuNPs'nin daha hızlı aktivite gösterdiğini belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada ise *Citrus limon*, *Citrus reticulata* ve *Citrus sinensis* bitkilerinin meyve sularından ekstraktlar elde edilerek AuNPs sentezlenmiştir. AuNPs sentezi için öncü madde olarak kloroaurik asit (HAuCl_4) kullanılmıştır. HAuCl_4 'ün indirgenme reaksiyonunu sitrik asit molekülünün gerçekleştirdiği düşünülmektedir. Sentezlenen AuNPs'nin stabilizasyonunun ise hazırlanan ekstraktlarda bulunan proteinler tarafından gerçekleştiği tahmin edilmektedir (Sujitha ve Kannan, 2013). AuNPs için gerçekleştirilen sentez sürecinde kullanılan bitkinin ekstrakt miktarının artması AuNPs boyut dağılımını önemli derecede düşürmektedir. Ayrıca pH değerinin 6-7 olması AuNPs'nin boyut dağılımının yaklaşık üç ay stabil olmasını sağlamaktadır. Ancak pH'ın artması durumunda AuNPs'nin boyut dağılımının arttığı ortaya çıkmıştır (Aswathy Aromal ve Philip, 2012).

Yapılan başka bir çalışmada ise *Angelica gigas* ekstraktı kullanılarak AgNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentez sürecinde gümüş öncü maddesi olarak gümüş nitrat (AgNO_3) kullanılmıştır. Optimize edilmiş AgNPs sentezlenebilmesi için AgNO_3 konsantrasyonu, bitki ekstraktının ve gümüş iyonlarının oranı, inkübasyonun sıcaklığı ve inkübasyon süresi gibi farklı parametreler doğrultusunda sentez basamakları değerlendirilmiştir. Parametreler arasından en uygun ve ideal olan parametreye sahip AgNPs ilk olarak UV-Vis spektrumlarının incelenmesi sonucunda belirlenmiştir. Yeşil sentez şartları doğrultusunda sentezlenen AgNPs'nin çeşitli in vivo tedavi süreçlerinde kullanılabilmesi, toksisite özelliklerine ve biyofilm oluşum inhibisyonuna yönelik ileri çalışmaların yapılması sonuçların ortaya daha net şekilde çıkacağı vurgulanmıştır (Ryu vd., 2022). Yapılan çalışmalarla yeşil sentez ile sentezlenen AgNPs çeşitli enfeksiyonlara neden olan gram pozitif ve gram negatif bakteri türlerine karşı toksisite aktivitesi sergilediği tespit edilmiştir. Aynı zamanda çeşitli mantar türlerine antifungal özellik gösterdiği belirlenmiştir. Bu durumlar sonucunda AgNPs'nin çeşitli bakteri enfeksiyonlarının sebep olduğu hastalıkların oluşumunu engellemede ve tedavi sürecinde etkin şekilde rol alabileceği ortaya çıkmıştır (Azarbani ve Shiravand, 2020). Yapılan başka bir çalışmada ise yeşil sentez ile elde edilen AgNPs'nin farklı *Pseudomonas* türlerine karşı üstün derecede antimikrobiyal etkinlik gösterdiği belirlenmiştir (Ajitha vd., 2014). Aynı zamanda AgNPs antioksidan, antimikrobiyal aktivitelere sahiptir. Bunun yanında biyofilm önleyici ajan olarak kullanılabilir (Sahoo vd., 2022).

2.6. Metal Nanopartiküllerin Karakterizasyonu

Metal nanopartiküller ışık ile uyarıldığında yüzey plazmon rezonans soğurma bandı özelliği gösteren serbest elektronlara sahiptir. Sentez sürecinde bazı karakteristik renk çeşitleri herhangi bir analiz yapılmadan çıplak göz ile gözlenebilmektedir. Karakteristik renk çeşitlerinin oluşmasının temel sebebi ise nanopartiküllerin yüzey plazmon rezonansının uyarılmasına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Renksiz olarak başlayan AgNPs sentezinde kırmızımsı veya sarımsı renk değişimi gözlemlenmektedir (Kouvaris vd., 2012). Sentezlenen metal nanopartiküllerin optik özellikleri bulunmaktadır. Bu doğrultuda metal nanopartiküllerin maksimum absorbans değerinde belirlenen dalga boyu ile nanopartikülün boyutu arasında ilişki bulunmaktadır. Metal nanopartiküllerin UV-vis (Ultraviyole-görünür bölge spektrometresi) karakterizasyonunda maksimum absorbans noktasında elde edilen dalga boyunun daha

küçük dalga boyu değerinde elde edilmesi, sentezlenen nanopartiküllerin daha küçük boyut dağılımına sahip olduğunu göstermektedir (Aswathy Aromal ve Philip, 2012).

Metal nanopartiküllerde bulunan fonksiyonel grupların tespit edilebilmesi için FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi) analizi gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda FTIR analizinde kızılötesinde dalga boyuna sahip ışınların bir kısmını numune absorbe ederken absorbe edilemeyen ışınlar ise numuneden geçmektedir. FTIR temelde bu prensip ile çalışmaktadır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen spektrumlar numuneden kızılötesi ışınların absorpsiyonu ve iletimi hakkında bilgi sahibi olunmasına olanak tanımaktadır. Bunun sonucunda ise ortaya çıkan spesifik spektrumlara göre numunelerin içeriği hakkında fikir edinilmektedir (Rohman ve Man, 2010). FTIR analizleri yeşil sentez ile elde edilen nanopartiküllerin etrafını kaplayan biyomoleküllerdeki fonksiyonel grupların varlığını tespit etmek için kullanılmaktadır (Aswathy Aromal ve Philip, 2012).

Metal nanopartiküllerin kristal yapısının tespit edilebilmesi için XRD (X Işını Difraktometresi) analizi gerçekleştirilmektedir. Kristal morfolojinin belirlenmesi için SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) veya TEM (Geçirimli Elektron Mikroskobu) ile yapılan analizler tek başına yetersiz kalmakta ve kristal yapı hakkında tam bilgi vermemektedir. Bu durumun daha net anlaşılması için yapılan bir çalışmada 50 nm'den küçük boyut dağılımına sahip nanopartiküllerin kristal morfolojisini belirlemek için XRD analizinin SEM ve TEM sonuçları ile uyumlu olduğu, iki sonuç arasında istatistiksel olarak anlamsız olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda 60-100 nm boyut dağılımına sahip nanopartiküllerin kristal morfolojisinin belirlenmesi için tek başına XRD analizinin yetersiz olacağı, sonuçların SEM veya TEM analizleri ile yorumlanması gerektiği, istatistiksel olarak iki sonuç arasında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak nanopartiküllerin kristal morfolojisinin belirlenebilmesi için XRD analizleri kullanılabilir (Uvarov ve Popov, 2013).

Nanopartiküller kendi yüzeylerine zıt yüklü iyonları çekerek bir tabaka oluşturmaktadır. Bu durum nanopartiküllerin spesifik olarak yüzey yük çeşidine ve oranına sahip olması ile sonuçlanmaktadır. Nanopartiküllerin yüzeyinde oluşan çift iyon tabakası sulu çözeltilerde nanopartiküller ile hareket etmektedir. Yük tabakaları arasındaki net elektrik yükü zeta potansiyeli olarak adlandırılmaktadır. Zeta potansiyeli mV (milivolt) cinsinde değerlere sahiptir. Nanopartiküller için zeta potansiyeli -100 mV ile +100 mV arasında çeşitli değerlere sahiptir (Schwegmann vd., 2010).

2.7. Serbest Radikaller

Biyolojik organizmalarda oksijen ve nitrojen gibi serbest radikal çeşitleri bulunabilmektedir. Hücrelerde oluşan veya bulunan bu serbest radikal çeşitleri hücrelerin yaşlanmasında etkin olarak rol almaktadır. Mitokondride bulunan ve oksidatif fosforilasyon basamağında görev alan elektron taşıma zinciri radikal oksijen çeşitlerinin oluşumu için ana kaynaktır. Bu doğrultuda mitokondri organelinde süperoksit ($O_2^{\bullet-}$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) radikalleri oluşmaktadır. Mitokondri tarafından oluşturulan $O_2^{\bullet-}$ ve H_2O_2 radikallerinin üretim oranı ile memeli canlıların yaşam süresi arasında ters korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Muller, 2000). Serbest radikaller hücrel reaksiyonlar sonucunda üretilmektedir. Reaktif Oksijen Türleri (ROS) serbest radikal çeşitlerinden bazılarıdır. Hücrelerin dış veya iç uyaranlara maruz kalması sonucunda ROS miktarının azaltılması veya arttırılması ile hücrel sinyaller meydana gelmektedir. ROS miktarının sürekli artışı sonucunda hücrelerde oksidatif stres oluşmaktadır. Yakın zamanda hazırlanan kapsamlı bir raporda ROS üretim mekanizmalarının endoplazmik retikulum (Deng vd., 2020), mitokondri (Brand, 2010) ve peroksizom (Loughran vd., 2005) organellerinin aktiviteleri, timidin (Tabata vd., 2012) ve poliamin katabolizması (Yassin-Kassab vd., 2023), metal iyonların geçişi (Beyersmann ve Hartwig, 2008), oksidaz aktivitesi (Tadeusz vd., 1983) ve sinyal yolları (Xu vd., 2011) olmak sekiz ana kaynağı olarak belirlenmiştir (Snezhkina vd., 2020).

$O_2^{\bullet-}$ molekülleri mitokondride bulunan elektron taşıma sistemine ait kompleks I ve III tarafından gerçekleştirilen reaksiyonlar sırasında oluşmaktadır. Oluşan $O_2^{\bullet-}$ anyonik durumdayken mitokondri membranına geçemeyecek kadar güçlü etkileşime sahiptir. Ancak $O_2^{\bullet-}$ 'nin hidrojen atomu ile birleşmesi sonucunda hidroperoksil (HO_2^{\bullet}) molekülü oluşur. Katyonik durumda bulunan HO_2^{\bullet} molekülü kolaylıkla mitokondri membranına geçebilmektedir. Sonuç olarak oluşan $O_2^{\bullet-}$ mitokondri membranına doğru salınmasıyla mitokondri membranın anyonik durumda geçmesi mümkün değildir. Kompleks I'de oluşan $O_2^{\bullet-}$ molekülleri yalnızca mitokondri matriksine salınmaktadır. Çünkü mitokondride bulunan kompleks I mitokondri matriksine doğru konumlanmış halde bulunmaktadır. Kompleks III'de oluşan $O_2^{\bullet-}$ molekülleri ise hem mitokondri matriksine hem de mitokondri dışına salındığı düşünülmektedir. Mitokondride meydana gelen serbest radikallerin üretim hızının azalması canlıda $O_2^{\bullet-}$ moleküllerinin neden olduğu hastalıkların tedavi edilebilmesi için terapötik strateji oluşturmaktadır (Muller vd. 2004).

2.8. Antioksidanlar

Geçmiş çalışmalar doğrultusunda oksidatif DNA hasarının kanser oluşum riskini arttırdığı öne sürülmektedir. İnsanların antioksidan bakımından zengin besinler tüketmesiyle oksidatif DNA hasarından meydana gelebilecek etkilerin azaltılabileceği böylece kanser riskinin de azalmasının mümkün olabileceği ispatlanmıştır (Watters vd., 2007). Örneğin bitkilerde bulunan flavonoid çeşitlerinden olan quercetin antioksidan etki göstermektedir. Sergilenen bu antioksidan aktivite ile oksidatif stres sonucu oluşan diyabetik böbrek hasarı etkili şekilde azaltmak mümkündür. Diyabetik komplikasyonları engellemek veya tedavi etmek amacıyla antioksidanlar etkin rol üstlenmektedir (Anjaneyulu ve Chopra, 2004). Aynı zamanda antioksidanlar kanser hücrelerinde oluşan reaktif oksijen türlerine karşı güçlü etki göstermektedir. Böylece kanserin başlaması, kanser hücrelerinin çoğalmasının baskılanması ve apoptozun indüklenmesi antioksidanların ile mümkündür (Dozio vd., 2010).

Hücrelerin metabolik faaliyetlerini sorunsuz şekilde gerçekleştirebilmeleri için ROS ile antioksidanların oranı belirli bir denge içerisinde bulunmalıdır. ROS ile antioksidan maddelerin miktarındaki dengesizlikler oksidatif strese sebep olmaktadır. Bunun sonucunda öncelikli olarak hücre sel denge bozulur ve ardından birçok hastalığın meydana gelmesi söz konusu olur. ROS aktivitesinin oluşturduğu bu olumsuzluktan kurtulabilmek için antioksidanlara veya antioksidan içerikli maddelere ihtiyaç vardır. Sonuç olarak antioksidanlar hastalıkların tedavisi amacıyla kullanılabilir (Gomes ve Negrato, 2014). Antioksidanlar endojen veya ekzojen kaynaklı olarak hücrelerde görev alabilmektedir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda flavonoid içeriği zengin olan bitkilerin antioksidan aktivitesinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda bu bitkilere diyetle yer verilmesiyle ekzojen kaynaklı antioksidan ihtiyacının karşılanabileceği tespit edilmiştir (Hong vd. 1996; Wei ve Shioh 2001).

2.9. Nanopartiküllerin Antioksidan Özelliği

Yapılan bir çalışmada *Malus pumila* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Sentezlenen AuNPs ile elma ekstraktının antioksidan aktivitesi kıyaslandığında ise AuNPs'nin elma ekstraktına göre serbest radikalleri temizleme oranının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda biyoaktif maddeler kullanılmadan sentezlenen AuNPs'nin gıda endüstrisinde kullanılabileceği vurgulanmıştır (Lin vd., 2020).

Yapılan bir çalışmada farklı bitki ekstraktlarından sentezlenen AgNPs'nin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Sentez sürecinde kullanılan bitki ekstraktları ile elde edilen AgNPs'nin biyoaktiviteleri kıyaslanmıştır. Bunun sonucunda AgNPs'nin ekstraktlara göre daha yüksek seviyede biyoaktivite sergilediği belirlenmiştir. Böylece AgNPs'nin çeşitli tıbbi tedavilerde kullanılabileceği durumuna ışık tutmaktadır (Habib vd., 2024).

Yeşil sentez doğrultusunda özellikle bitki ekstraktlarının kullanımı ile elde edilen metal nanopartiküllerde ekstraktan kaynaklanan biyomoleküller antioksidan aktivite özelliklerinin ortaya çıkmasında rol oynamaktadır. Çünkü bitki ekstraktlarında bulunan antioksidan özelliğe sahip olan biyomoleküller sentezlenen metal nanopartiküllerin yüzeyinde adsorbe edilebilmektedir. Aynı zamanda nanopartiküllerin yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip olması durumu da göz önüne alındığında antioksidan aktivite iyileştirebilmektedir. Sonuç olarak nanopartiküllerin antioksidan aktivite sergilemesi nanopartiküllere ait spesifik özelliklerin yanı sıra yüzeyinde bulunan biyomoleküllerin çeşidine ve miktarına bağlı olarak birbirlerinden farklı olarak ortaya çıkmaktadır (Jiao vd., 2021).

2.10. *Cyclotrichium origanifolium*

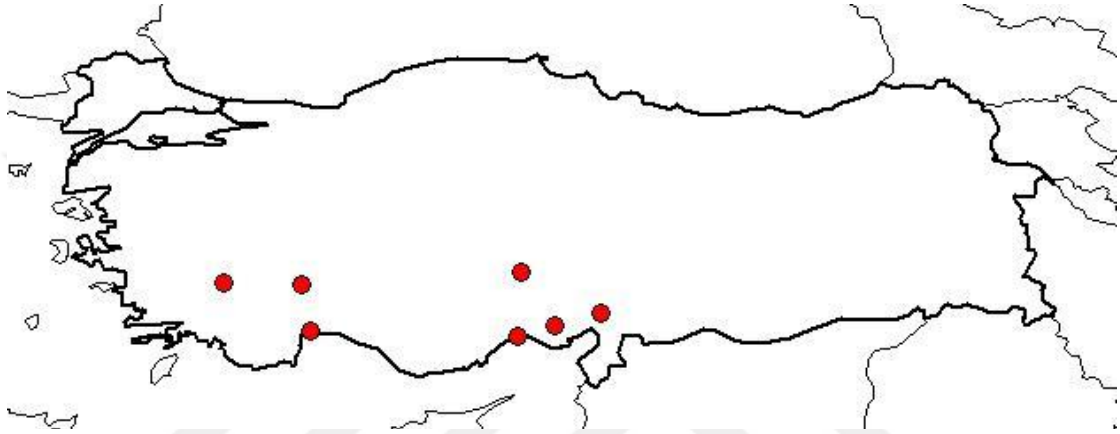
Cyclotrichium origanifolium çok yıllık bir bitki olup yaklaşık 11-35 cm uzunluğa ve kuvvetli aromaya sahiptir (Kaya vd., 2000). *C. origanifolium* yerel olarak "tüter ot" olarak da bilinmektedir. Halk arasında *C. origanifolium*'un toprak üstü organlarını çay olarak tüketilmektedir. Aynı zamanda toprak üstü organların kaynar suya atılmasıyla elde edilen buhar nefes darlığına iyi gelmesi amacıyla geleneksel olarak tedavi edici olarak kullanılmaktadır (Bağcı vd., 2016). *C. origanifolium*'un genel taksonomik özellikleri (Çizelge 2.2.) (Tubives, 2024) ve sınıflandırılması (Çizelge 2.3.) (Powo, 2024) belirtilmiştir. Türkiye coğrafyasında Adana, Antalya, Denizli, Mersin, Niğde, Isparta ve Osmaniye illerinde doğal olarak yayılım göstermektedir (Şekil 2.2.) (Tubives, 2024).

Çizelge 2.2. *C. origanifolium*'un genel taksonomik özellikleri

Gövde yapısı	Odunsu ot
Çiçeklenme durumu	7-9
Yayıldığı yükseklik	1300-2200 m
Türkiye'deki dağılım (Bölge)	Güney Batı ve Güney Anadolu
Türkiye'deki dağılım (Şehir)	Adana, Antalya, Denizli, Isparta, Mersin, Niğde, Osmaniye
Genel dağılımı	Lübnan

Çizelge 2.3. *C. organifolium* taksonomisi

Kingdom	Plantae
Phylum	Tracheophyta
Class	Equisetopsida
Subclass	Magnoliidae
Order	Lamiales
Family	Lamiaceae
Genus	Cyclotrichium
Species	<i>Cyclotrichium organifolium</i> (Labill.) Manden. & Scheng.

Şekil 2.2. *C. organifolium*'un Türkiye'deki genel dağılımı

C. organifolium ile yapılan çalışmalar:

Yapılan bir çalışmada *C. organifolium* ekstratı kullanılarak AgNPs sentezlenmiş ve antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Çalışmada sentezlenen AgNPs'nin gram pozitif *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* ve gram negatif *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* bakterilerinin ve *Candida albicans* patojen mantarının büyümesini baskılayarak sentetik antimikrobiyal ilaçlara göre etkili olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda *C. organifolium*'dan sentezlenen AgNPs ile ilgili çalışmaların daha da artırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Aktepe vd., 2022).

C. organifolium'un uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi üzerine farklı çalışmalar yapılmıştır. Karabörklü vd. (2019) yaptıkları bir çalışmada *C. organifolium*'un uçucu yağ içeriğinde en yüksek oranda pulegone bileşiğinin bulunduğunu belirlenmiştir. Mentanon, limonen ve izopulegon bileşiklerinin de ana bileşiklerden olduğunu tespit edilmiştir. Tepe vd., (2005) yaptıkları çalışma ile *C. organifolium*'un uçucu yağ bileşiklerinin ana bileşenlerinin pulegone, mentanon ve limonen olduğunu tespit etmiştir. Bu iki çalışmada ana uçucu yağ bileşikleri aynı olsa da bileşiklerin oranlarının farklı

olduğu belirlenmiştir. *Cyclotrichium* cinsine ait *C. origanifolium*, *C. glabrescens*, *C. stamineum*, *C. longiflorum*, *C. leucotrichum* ve *C. niveum* türlerin uçucu yağ iğeriğinin belirlenmesi hakkında kapsamlı bir ęalıřma yapılmıştır. *C. origanifolium*'un diğer türlerden farklı olarak mentanon uçucu yağ bileşiğine ęok daha yüksek oranda sahip olduğu tespit edilmiştir (Kilic vd., 2007).

C. origanifolium'un fenolik bileşiklerinin belirlenmesi üzerine farklı ęalıřmalar yapılmıştır. Aktepe vd. (2023) yaptıkları bir ęalıřmada *C. origanifolium*'un fenolik bileşiklerini farklı ekstraksiyon yöntemleri ile belirlenmiştir. Etanol ile hazırlanan ekstraktta naringin, hesperidin, naringenin ve morin fenolik bileşiklerinin; metanol ile hazırlanan ekstraktta ise hesperidin, naringin, klorojenik asit ve skutellarin fenolik bileşiklerinin yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca iki farklı ęzcyle hazırlanan ekstraktlar karşılaştırıldığında belirlenen fenolik bileşiklerin ęeřitleri arasında ęok az fark olduğu ve aynı zamanda metanol ekstraktındaki fenolik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarda ayrıştığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda *C. origanifolium*'un sekonder metabolitler ve biyoaktif bileşenler açısından da zengin iğeriğe sahip olduğunu göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. *Cyclotrichium organifolium* Ekstraktının Eldesi

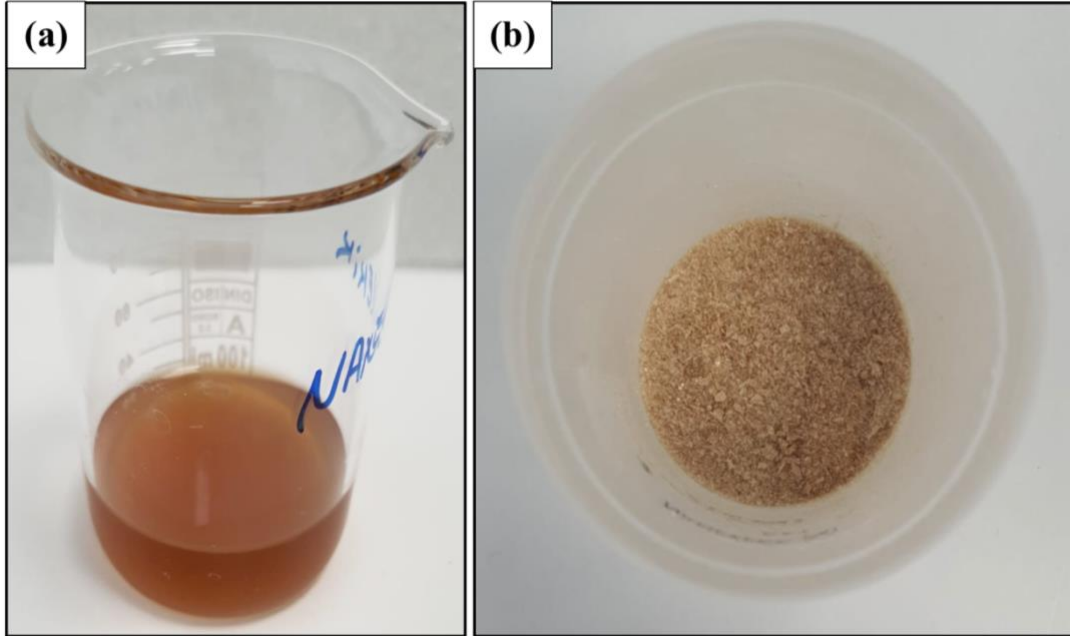
Bu tez çalışmasında kullanılan *C. organifolium* örnekleri Gazipaşa/Antalya'da yapılan arazi çalışmasında toplanmıştır. Yaygın herbaryum tekniklerine göre preslenerek kurutulan bitki örneklerinin (Şekil 3.1.a.) teşhisi Selçuk Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Evren YILDIZTUGAY tarafından gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki kirliliğin uzaklaştırılması için iki kere distile su ile yıkanmış ve oda şartlarında karanlık ortamda kurutulmuştur. Kurutulan örneklerinin toprak üstü organları öğütücü kullanılarak toz haline getirilmiştir (Şekil 3.1.b.). Elde edilen toz numuneler ağzı kapalı bir kaptaki, oda sıcaklığında, güneş ışığı ve nemden uzak kalacak şekilde muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. a: *C. organifolium*, b: *C. organifolium* toz numunesi

Toz numunedan infüzyon yöntemi ile su ekstraktı hazırlanmıştır. Su ekstraktının hazırlanması için 50 ml distile su içerisine 3 g toz numune eklenmiş ve ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 300-350 RPM değerinde 80-85 °C sıcaklıkta yaklaşık 20 dakika boyunca karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından süzme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.a.). Hazırlanan ekstraktın çalışma boyunca bozulmadan kullanılabilmesi için süzüntüdeki suyun tamamen uzaklaştırılması amacıyla liyofilizasyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için süzülen ekstrakt 2 gün boyunca -20 °C'de dondurulmuştur.

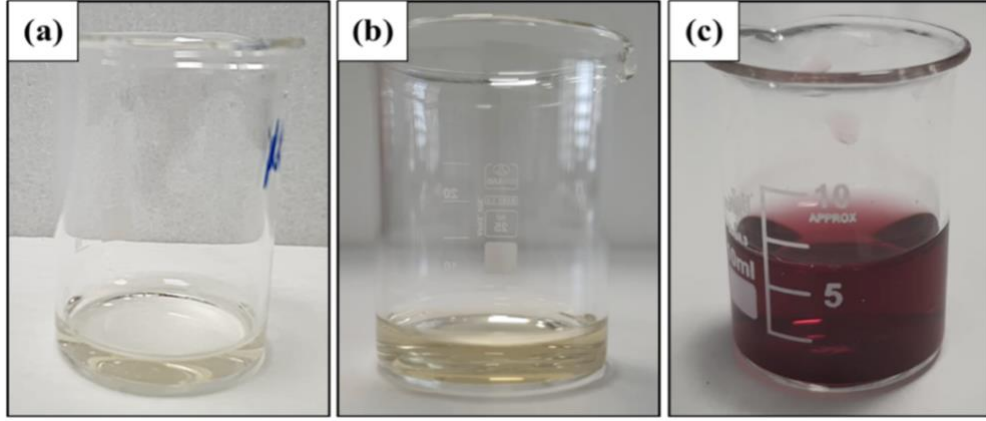
Liyofilizasyon işlemi $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de liyofilizatör cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.b.). Elde edilen ekstraktın altın ve gümüş nanopartiküllerin sentezinde ve diğer deneysel basamaklarında kullanılmak üzere ağzı kapalı bir kaptaki, oda sıcaklığında, güneş ışığı ve nemden uzak kalacak şekilde muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.2. a: *C. origanifolium* su ekstraktı liyofilizasyon işlemi öncesi, b: *C. origanifolium* su ekstraktı liyofilizasyon işlemi sonrası

3.2. Altın Nanopartiküllerin Sentezlenmesi

AuNPs sentezinin gerçekleşmesi için indirgeyici, stabilize edici ve kapaklayıcı ajan görevlerini üstlenmesi için ve fenolik içeriklerin kaynağı olarak elde edilen su ekstraktı ile HAuCl_4 öncüsü altın iyonlarının kaynağı olarak kullanılmıştır. 2 mg/ml ekstrakt çözeltisi 2 ml hacimde hazırlanmıştır (Şekil 3.3.a.). Aynı zamanda 0.5 mM'lık 4 ml hacimde HAuCl_4 çözeltisi hazırlanmıştır (Şekil 3.3.b.). Bu iki ayrı çözelti sırasıyla ultrasonik su banyosunda homojen hale getirilmiştir. AuNPs sentezi için ekstrakt çözeltisinden 2 ml alınarak HAuCl_4 çözeltisine eklenmiştir. Ardından elde edilen çözelti ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 200 RPM değerinde, oda sıcaklığında 120 dakika boyunca karıştırma işlemine tabi tutularak AuNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentez sonucu elde edilen AuNPs filtre edilmiştir (Şekil 3.3.c.).



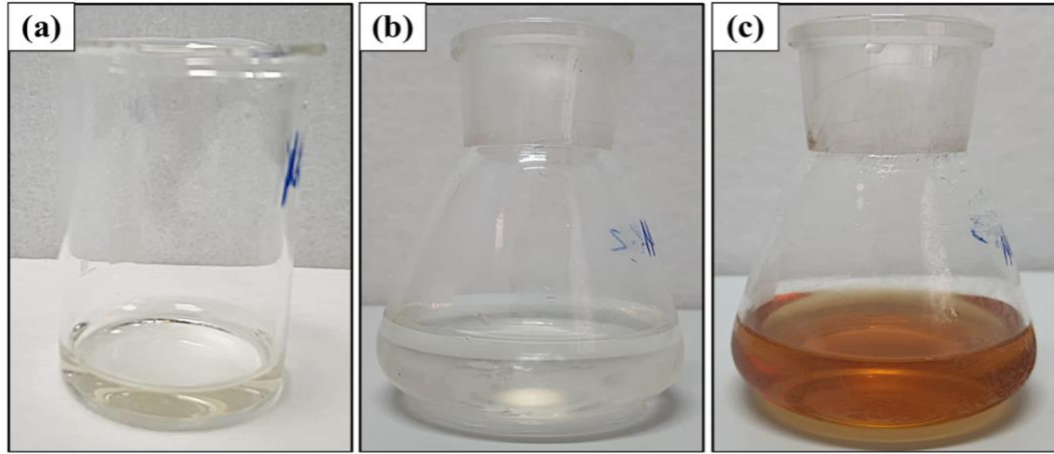
Şekil 3.3. a: AuNPs sentezinde kullanılan ekstrakt çözeltisi, **b:** H_{AuCl₄} çözeltisi, **c:** AuNPs sentezleme işlemi sonrası

Elde edilen AuNPs 2 ml hacimli eppendorf tüplere eklenerek 10 dakika boyunca 10.000 RPM hızında santrifüjleme işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüjlenmiş eppendorf tüplerden üst fazdan 1 ml alınmış ve atık olarak atılmıştır. Eppendorf tüpün alt fazı vorteks ve ultrasonik su banyosu kullanılarak eppendorf içindeki AuNPs numunesi homojenize hale getirilmiştir. Homojenizasyon sağlanıncaya kadar bu iki işlem tekrarlanmıştır. Homojen hale gelen AuNPs 2 ml hacimli eppendorflara birleştirilmiştir. Böylece aglomerasyonun önlenmiş ve sentezlenen AuNPs birikiminin sağlanmıştır. Santrifüjleme, homojenizasyon ve eppendorflara birleştirme işlemleri son bir adet eppendorf tüp kalıncaya kadar tekrar ettirilmiştir. Böylece AuNPs'nin sıvı numunesi elde edilmiştir.

Elde edilen AuNPs'nin UV-vis, STEM (Geçirimli Taramalı Elektron Mikroskobu), FTIR, zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu ile karakterizasyon basamakları için sıvı numuneleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda sıvı numuneler +4 °C'de eppendorf tüpte muhafaza edilmiştir. Karakterizasyon işlemlerinden önce en az 60 dakikalık süre boyunca vorteks ve ultrasonik su banyosu kullanılarak sıvı numunedeki aglomerasyonun mümkün olduğunca önlenmesi sağlanmıştır. XRD ve SEM-EDX (SEM-Enerji Dağılımlı X-RAY Spektroskopisi) karakterizasyonlarında ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi için gerekli testlerde AuNPs'nin toz numuneleri kullanılmıştır. Sıvı AuNPs numunesinin liyofilizasyon işlemine tabi tutulmasıyla toz AuNPs numunesi elde edilmiştir. Bunun için sıvı AuNPs numunesi 2 gün boyunca -20 °C'de dondurulmuştur. Liyofilizasyon işlemi -110 °C'de liyofilizatör cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen toz AuNPs numunesi de +4 °C'de eppendorf tüpte muhafaza edilmiştir.

3.3. Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi

AgNPs sentezinin gerçekleşmesi için indirgeyici, stabilize edici ve kapaklayıcı ajan görevlerini üstlenmesi için ve fenolik içeriklerin kaynağı olarak elde edilen su ekstraktı ile AgNO_3 öncüsü gümüş iyonlarının kaynağı olarak kullanılmıştır. 2 mg/ml ekstrakt çözeltisi en az 4 ml hacimde hazırlanmıştır (Şekil 3.4.a.). 2 mM'lık 50 ml çözeltisi hazırlanmıştır (Şekil 3.4.b.). Bu iki ayrı çözelti sırasıyla ultrasonik su banyosunda homojen hale getirilmiştir. AgNPs sentezi için ekstrakt çözeltisinden 3 ml alınarak AgNO_3 çözeltisine eklenmiştir. Ardından elde edilen çözelti ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 220 RPM değerinde, 85 °C sıcaklıkta 60 dakika boyunca karıştırma işlemine tabi tutularak AgNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentez sonucu elde edilen AgNPs filtre edilmiştir (Şekil 3.4.c.).



Şekil 3.4. a: AgNPs sentezinde kullanılan ekstrakt çözeltisi, **b:** AgNO_3 çözeltisi, **c:** AgNPs sentezleme işlemi sonrası

Elde edilen AgNPs 2 ml hacimli eppendorf tüplere eklenerek 10 dakika boyunca 10.000 RPM hızında santrifüjleme işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüjlenmiş eppendorf tüplerden üst fazdan 1 ml alınmış ve bu kısım atık olarak atılmıştır. Eppendorf tüpün alt fazı vorteks ve ultrasonik su banyosu kullanılarak eppendorf içindeki AgNPs numunesi homojenize hale getirilmiştir. Homojenizasyon sağlanıncaya kadar bu iki işlem tekrarlanmıştır. Homojen hale gelen AgNPs 2 ml hacimli eppendorflarda birleştirilmiştir. Böylece aglomerasyon önlenmiş ve sentezlenen AgNPs birikimini sağlanmıştır. Santrifüjleme, homojenizasyon ve eppendorflara birleştirme işlemleri son bir adet eppendorf tüp kalıncaya kadar tekrar edilmiştir. Böylece AgNPs'nin sıvı numunesi elde edilmiştir.

Elde edilen AgNPs'nin UV-vis, STEM, FTIR, zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu ile karakterizasyon basamakları için sıvı numuneleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda sıvı numuneler +4 °C'de eppendorf tüpte muhafaza edilmiştir. Karakterizasyon işlemlerinden önce en az 60 dakikalık süre boyunca vorteks ve ultrasonik su banyosu kullanılarak sıvı numunedeki aglomerasyonun mümkün olduğunca önlenmesi sağlanmıştır. XRD ve SEM-EDX karakterizasyonlarında ve antioksidan aktivitenin belirlenmesi için gerekli testlerde AgNPs'nin toz numuneleri kullanılmıştır. Sıvı AgNPs numunesinin liyofilizasyon işlemine tabi tutulmasıyla toz AgNPs numunesi elde edilmiştir. Bunun için sıvı AgNPs numunesi 2 gün boyunca -20 °C'de dondurulmuştur. Liyofilizasyon işlemi -110 °C' de liyofilizatör cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen toz AgNPs numunesi de +4 °C'de eppendorf tüpte muhafaza edilmiştir.

Sentezlenen AuNPs (Şekil 3.5.a.) ve AgNPs (Şekil 3.5.b) sıvı numuneleri belirtilmiştir.



Şekil 3.5. a: AuNPs, b: AgNPs

3.4. Altın ve Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonunun Gerçekleştirilmesi

Metal nanopartiküllerin karakterizasyonu kaynak araştırmasında da belirtildiği üzere UV-vis, FTIR, XRD, STEM, SEM-EDX, zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu (Aygün vd., 2020; Azarbani ve Shiravand, 2020; Deshpande vd., 2010; Rasheed vd., 2018; Schwegmann vd., 2010) analizleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple *C. oranifolium* su ekstraktı kullanılarak elde edilen AuNPs ve AgNPs numunelerinin morfolojik özelliklerinden boyut ve şekil tespiti için UV-vis, STEM ve nanopartikül boyutu; kimyasal özelliklerinin tespiti için SEM-EDX, FTIR, XRD ve zeta potansiyeli karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Tüm bu karakterizasyon işlemleri Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) bünyesindeki cihazlar ile gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. AuNPs ve AgNPs numunelerinin karakterizasyonu için kullanılan cihazların markası ve gerçekleştirdiği karakterizasyon basamağı

Cihaz Adı	Cihazın Markası	Karakterizasyon Basamağı
UV-VİS	Shimadzu UV-3600 Plus	Optik özelliklerinin tespiti
STEM	ZEISS GeminiSEM 500	Morfolojik özelliklerin tespiti
SEM-EDX	ZEISS GeminiSEM 500	Elemental içerik bileşiminin tespiti
FTIR	Thermo Scientific / Nicolet IS20	Fonksiyonel grupların tespiti
XRD	Panalytical / Empyrean	Kristal yapının tespiti
Zeta potansiyeli	Micromeritics – Nanoplus 3	İyon yük değerlerinin tespiti
Nanopartikül Boyutu	Micromeritics – Nanoplus 3	Boyut değerlerinin tespiti

3.5. Altın ve Gümüş Nanopartiküllerin Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi

C. origanifolium ekstraktının, sentezlenen ve karakterizasyonları gerçekleştirilen AuNPs ve AgNPs numunelerinin antioksidan kapasitenin (aktivitenin) belirlenebilmesi için tek bir yöntem yetersiz kalacağından birçok antioksidan kapasite testi uygulanmıştır. Bu doğrultuda ABTS [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)], CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasite), DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), FRAP (Demir İndirgeyici Antioksidan Kapasite) ve Fosfomolibdat testleri uygulanmıştır. Uygulanan bu testlerin gerçekleştirilmesinde literatürde yaygın kullanılan metotlar uygulanmıştır. Ayrıca toplam fenolik içerik ve toplam flavonoid içerik miktarları da çalışma dahilinde belirlenmiştir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Uygulanan antioksidan testler ve uygulama amaçları

Antioksidan Testi	Uygulama Amacı	Metot
ABTS	Serbest radikal süpürme aktivitesi	(Zengin vd., 2016)
DPPH	Serbest radikal süpürme aktivitesi	(Zengin vd., 2016)
CUPRAC	İndirgeme gücünün belirlenmesi	(Apak vd., 2007)
FRAP	İndirgeme gücünün belirlenmesi	(Benzie ve Strain, 1996)
Fosfomolibdat	Toplam antioksidan kapasitenin belirlenmesi	(Prieto vd., 1999)
Toplam fenolik içerik	Toplam fenolik maddelerin belirlenmesi	(Zengin ve Aktumsek, 2014)
Toplam flavonoid içerik	Toplam flavonoid maddelerin belirlenmesi	(Zengin ve Aktumsek, 2014)

3.5.1. ABTS testi

Oda sıcaklığında 7 mM ABTS çözeltisi 2.45 mM potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$) ile tepkimeye sokularak 12-16 saat inkübasyon sonucunda + radikal katyonu üretilmiştir. Analiz öncesinde ABTS çözeltisinin 734 nm’de absorbens değeri belirlenmiştir. Bu işlemin ardından 2 ml ABTS çözeltisine 1 ml numuneler ilave edilmiş ve 734 nm’de absorbens değerleri belirlenmiştir. Böylece *C. origanifolium* ekstraktının ve sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin ABTS testi ile serbest radikal etkinliği tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Zengin vd., 2016).

3.5.2. DPPH testi

%0.004 metanolik DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. İnkübasyon için 30 dakika beklenmiş ve 517 nm’de absorbens değeri belirlenmiştir. 1 ml hazırlanan numunelere 4 ml DPPH çözeltisinden ilave edilmiş 30 dakikalık sürenin ardından 517 nm’de absorbens değeri belirlenmiştir. Böylece DPPH testi ile *C. origanifolium* ekstraktının ve sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin serbest radikal etkinliği tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Zengin vd., 2016).

3.5.3. CUPRAC testi

Bakır (II) klorür ($CuCl_2$) ve neokuproin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin) içeren alkollü çözeltinin pH 7 olan amonyum asetat ($NH_4CH_3CO_2$) ile karıştırılması sonucunda CUPRAC çözeltisi hazırlanmıştır. Elde edilen çözeltinin 30 dakika inkübasyon sürecinden sonra 450 nm’de absorbens değeri belirlenmiştir. Ardından numunelere CUPRAC çözeltisi ilave edilmiş 30 dakika sonrasında 450 nm’de absorbens değerleri belirlenmiştir. Böylece CUPRAC testi ile *C. origanifolium* ekstraktının ve sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin bakır indirgeme gücü tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Apak vd., 2007).

3.5.4. FRAP testi

300 ml FRAP reaktifi 37 °C’ye kadar ısıtılarak 30 dakika inkübasyon sürecinin ardından 593 nm’de absorbens değeri belirlenmiştir. Hazırlanan FRAP çözeltisine 10 ml numune ve 30 ml su ilave edilerek 30 dakikalık inkübasyon gerçekleştirilmiş ve 539 nm’de absorbens değeri belirlenmiştir. Böylece FRAP testi ile *C. origanifolium* ekstraktının, AuNPs ve AgNPs numunelerinin demir indirgeme gücü tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Benzie ve Strain, 1996).

3.5.5. Fosfomolibdat testi

0.6 M sülfürik asit (H₂SO₄), 28 mM sodyum fosfat (Na₃PO₄) ve 4 mM amonyum molibdat ((NH₄)₂MoO₄) çözeltisi 1 ml hacimde hazırlanmış ve 90 °C'de 90 dakikalık inkübasyon sürecinin ardından 695 nm'de absorbans değeri belirlenmiştir. Hazırlanan çözeltiye 0.1 ml numune eklenerek 90 °C'de 90 dakika inkübasyon gerçekleştirilmiş ve 695 nm'de absorbans değeri belirlenmiştir. Böylece fosfomolibdat testi ile *C. organifolium* ekstraktının ve sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam antioksidan kapasitesi tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Prieto vd., 1999).

3.5.6. Toplam fenolik içerik tespiti

C. organifolium ekstraktında ve sentezlenen AgNPs ve AuNPs numunelerinde bulunan toplam fenolik maddeler Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlem için standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Elde edilen veriler gallik asit eş değeri hesaplanmıştır (Zengin ve Aktumsek, 2014).

3.5.7. Toplam flavonoid içerik tespiti

C. organifolium ekstraktında ve sentezlenen AgNPs ve AuNPs numunelerinde bulunan toplam flavonoid maddeler AlCl₃ yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlem için standart olarak rutin kullanılmıştır. Elde edilen veriler rutin eş değeri hesaplanmıştır (Zengin ve Aktumsek, 2014).

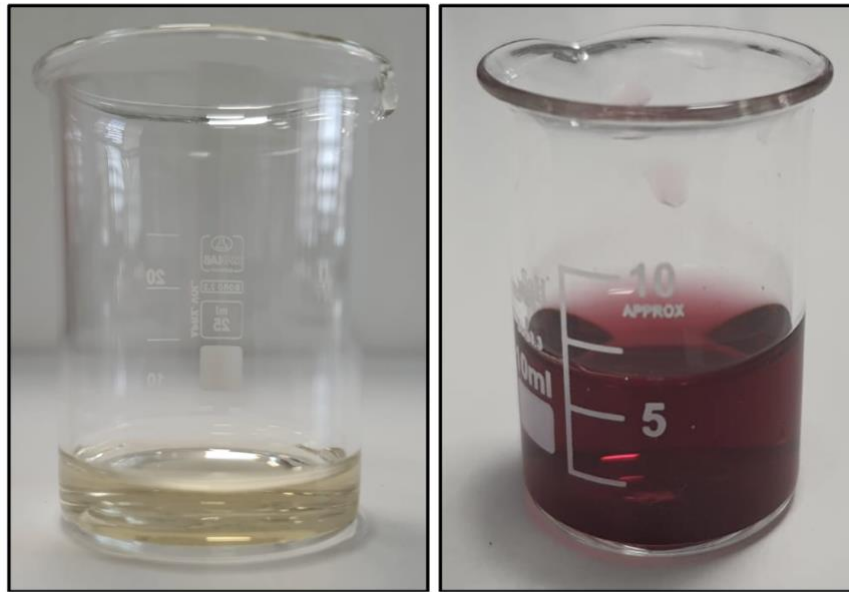
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Altın Nanopartiküllerin Karakterizasyon Sonuçları

C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin optik, morfolojik ve boyut bakımından karakterizasyonu için UV-Vis spektroskopisi, STEM, SEM-EDX, FTIR, zeta potansiyeli, nanopartikül boyutu ve XRD ile analizler yapılmıştır.

4.1.1. UV-Vis Spektroskopisi

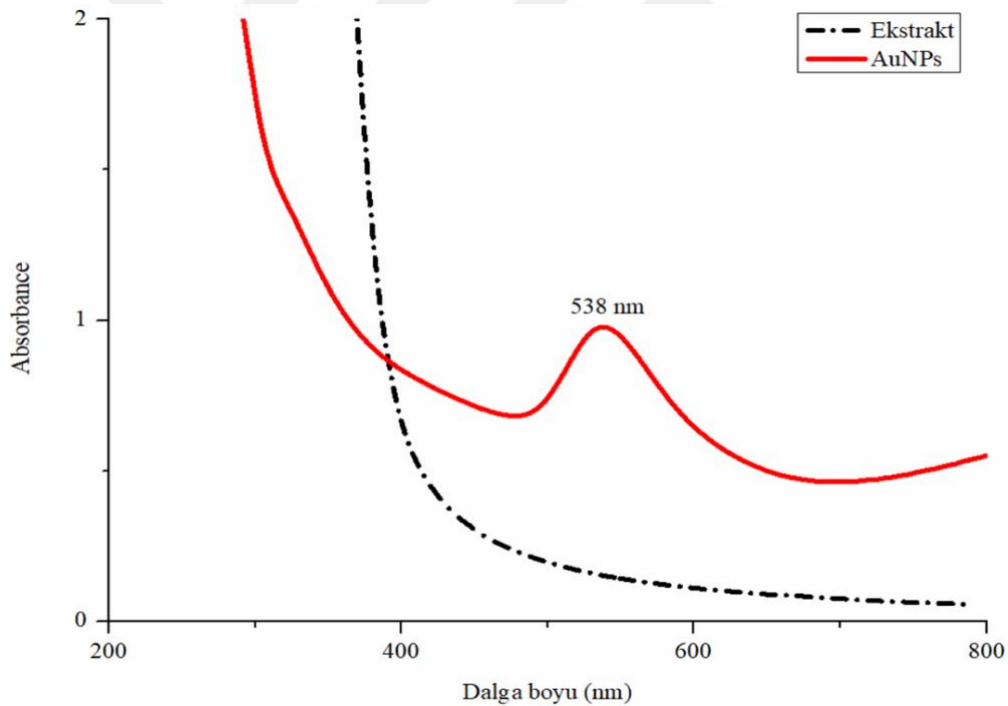
AuNPs'nin sentezi sırasında renk değişimi gözlemlenmiştir (Şekil 4.1.). Bu doğrultuda *C. origanifolium*'dan sentezlenen AuNPs'nin optik özelliklerinin tespit edilebilmesi için ekstrakt ve AuNPs 200-800 nm dalga boyu; 0-2 absorbans değeri aralığında UV-Vis spektroskopisi analizi yapılmıştır. Ekstrakt ile AuNPs'nin UV-Vis spektroskopisi ile yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında 538 nm dalga boyunda 0,97 absorbans değerinde güçlü ve geniş bir tepe noktası elde edilmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.1. AuNPs sentezi sırasında gözlenen renk değişimi

Yapılan bir çalışmada *Citrus limetta* meyve kabuğundan ekstrakt elde edilmiş ve bu ekstrakt kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. AuNPs sentezi sürecinde karakterizasyonun ilk basamağı olarak HAuCl₄ çözeltisinin bitki ekstraktının eklenmesiyle elde edilen çözeltinin açık sarı renkten yakut kırmızısına dönüşümü gözlemlenmiştir. Bu durum bitki ekstraktları aracılığı ile AuNPs sentezinin

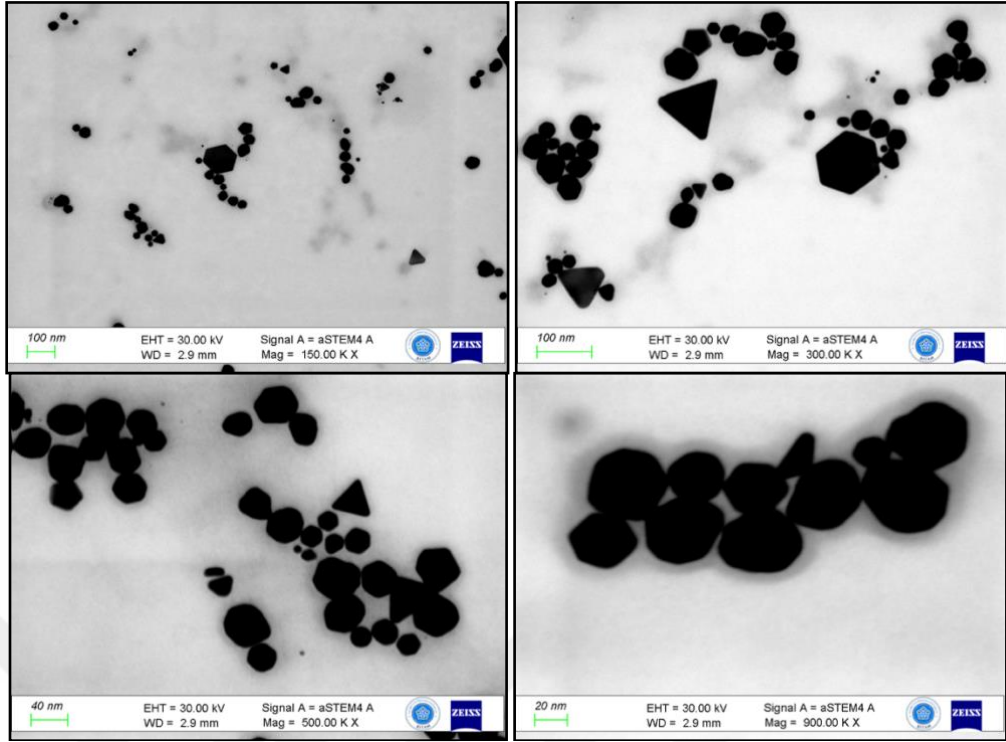
gerçekleştiğine ve diğer karakterizasyon işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için ilk adım olarak değerlendirilmektedir. Çünkü nanopartiküllerin yüzey plazmon titreşimlerinin uyarılması sonucunda gözle görülür şekilde renk değişimi gerçekleşmektedir. Aynı zamanda renk değişimi sonrasında elde edilen AuNPs'nin 530 nm dalga boyunda maksimum absorbans değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Sivakavinesan vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise *Curcuma longa* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyon işlemlerinin ilk adımı olarak UV-vis karakterizasyonu uygulanmış ve AuNPs'nin yüzey plazmon rezonansı özelliğinden dolayı 550 nm dalga boyundan maksimum absorbans değerini sergilediği tespit edilmiştir (Yang vd., 2024). Yapılan başka bir çalışmada ise *Eugenia uniflora* ekstraktı kullanılarak AuNPs elde edilmiştir. AuNPs'nin UV-vis ile yapılan karakterizasyonu sonucunda ise 535 nm'de maksimum absorbans değerine ulaştığı belirlenmiştir (Franzolin vd., 2022).



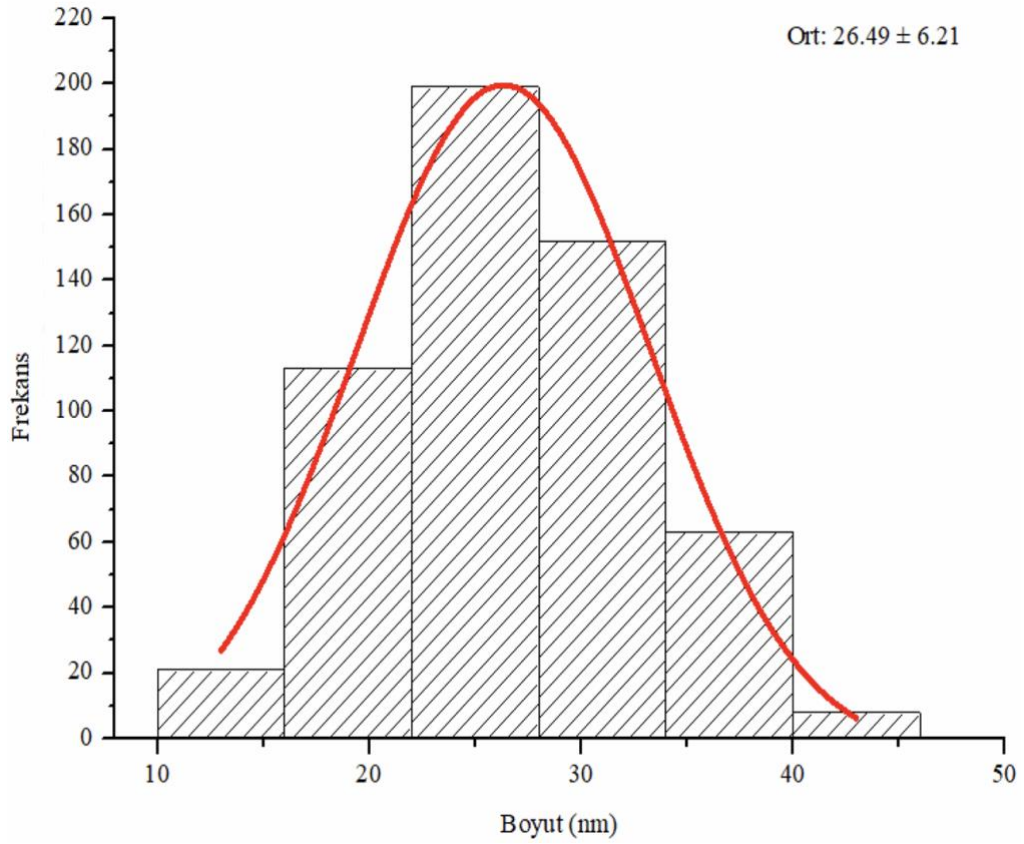
Şekil 4.2. *C. origanifolium* ekstraktının ve AuNPs'nin UV-Vis spekturumu

4.1.2. Geçirimli Taramalı Elektron Mikroskobu (STEM)

C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin homojen dağılımda; üçgen, hegzagonal ve küresel morfolojik özelliklere sahip AuNPs elde edildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.3.). Aynı zamanda sentezlenen AuNPs'nin ortalama boyut dağılımı 26.49 ± 6.21 nm'dir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.3. AuNPs'nin farklı büyütme oranlarındaki STEM görüntüsü

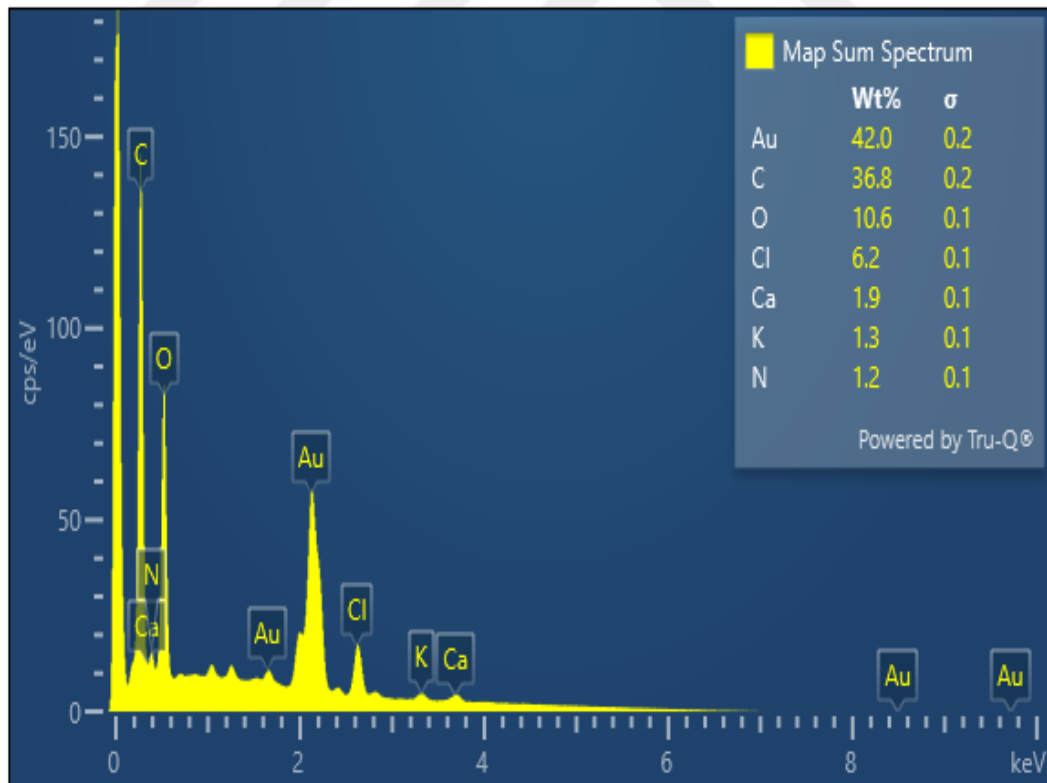


Şekil 4.4. AuNPs'nin boyut dağılımı

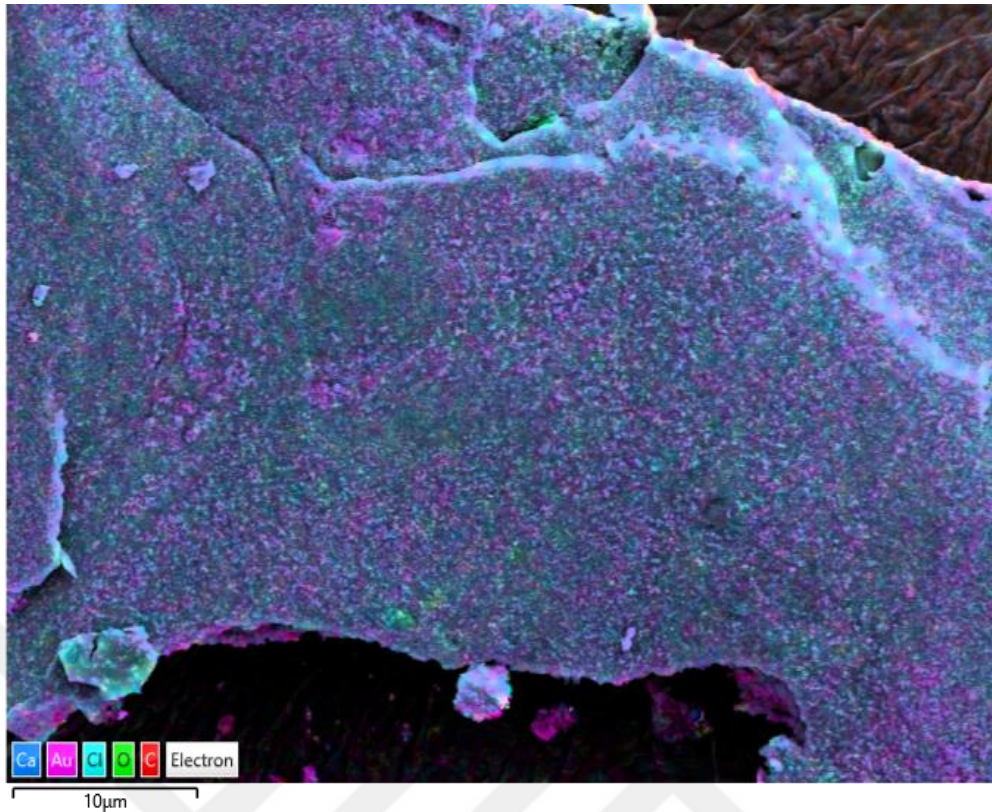
Yapılan bir çalışmada *Terminalia Belleric* meyve ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen AuNPs'nin morfolojik özelliklerinin belirlenebilmesi için SEM karakterizasyonu kullanılmıştır. Buna göre AuNPs'nin küresel şekillere ve 13-25 nm arasında boyutlara sahip olduğu tespit edilmiştir (Chithambharan vd., 2021). Yapılan başka bir çalışmada ise *Eclipta alba* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AuNPs'nin küresel, üçgen ve kübik morfolojilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda AuNPs'nin 26.6 nm ortalama boyut dağılımına sahip olduğu belirlenmiştir (Vijayakumar vd., 2020).

4.1.3. Enerji dağılımlı X-RAY spektroskopisi (SEM-EDX)

C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin SEM-EDX analizi ile numune içerisindeki elementler Au % 42.0, C %36.8, O %10.6, Cl % 6.2, Ca % 1.9, K % 1.3 ve N % 1.2 olarak karakterize edilmiştir (Şekil 4.5.). Aynı zamanda numune içerisindeki elementlerin dağılımı (Şekil 4.6.) belirlenmiştir. Analiz sonucunda numunedeki Böylece Au elementinin en yüksek yüzde orana sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.5. AuNPs numunesinin element içeriği yüzde dağılımı

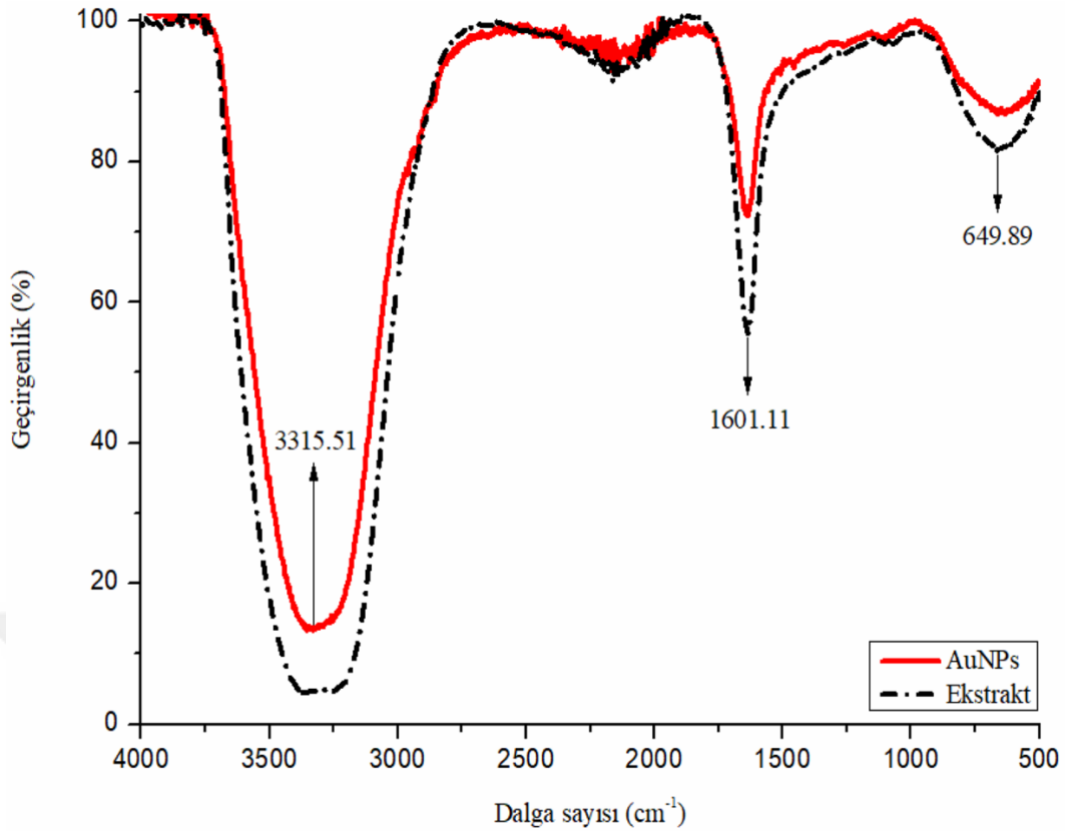


Şekil 4.6. AuNPs numunesinin element içeriği görüntüsü

Yapılan bir çalışmada bitki ekstraktı kullanılarak sentezlenen AuNPs'nin element içeriği EDX ile karakterize edilmiştir. Numune içerisinde temelde Au, C ve O elementleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda Au elementinin en yüksek orana sahip olduğu belirlenmiştir (Yang vd., 2024). Yapılan başka bir çalışmada AuNPs bitki ekstraktı kullanılarak sentezlenmiş ve EDX karakterizasyonu sonucunda numunede Au, C ve O elementlerinin bulunduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda Au elementinin en yüksek orana sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer elementlerin düşük miktarda da olsa bulunmasının nedeni bitki ekstraktındaki metabolitlerden kaynaklanmaktadır (Kuppusamy vd., 2015).

4.1.4. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin fonksiyonel grupları FTIR karakterizasyonu ile tespit edilmiştir. Aynı zamanda *C. origanifolium* ekstraktı ve AuNPs'nin FTIR spektrumu belirtilmiştir (Şekil 4.7.). Ekstrakt ve AuNPs numunesi kıyaslandığında 3315.51 cm^{-1} 'de OH, 1601.11 cm^{-1} 'de C=O ve 649.89 cm^{-1} 'de C-H gruplarının varlığı ve AuNPs numunesinde bu bantların daraldığı tespit edilmiştir. Bu durum ekstraktta bulunan sekonder metabolitlerdeki fonksiyonel grupların sayesinde AuNPs sentezinin başarılı şekilde gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır (Rautela vd., 2019).

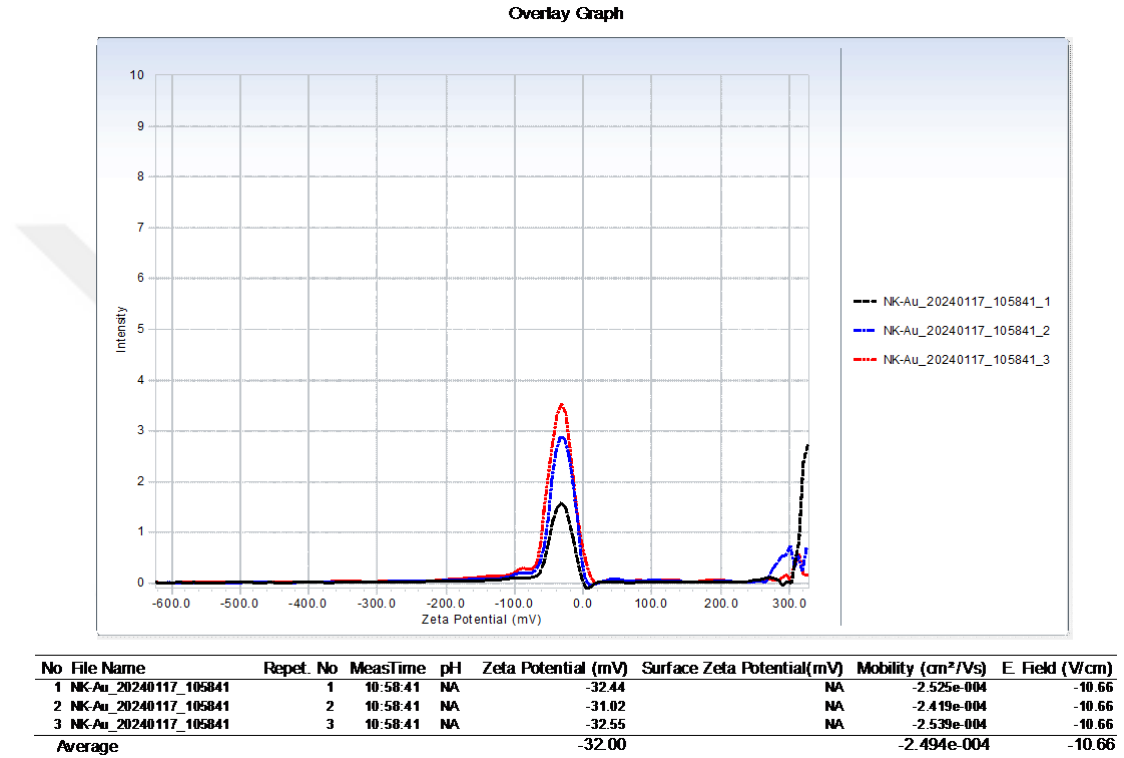


Şekil 4.7. *C. origanifolium* ekstraktı ve AuNPs'nin FTIR spektrumu

Yapılan bir çalışmada *Trigonella foenum-graecum* ekstraktının AuNPs sentezini başarılı şekilde gerçekleştirebileceğini belirlemek ve sentez sürecinde görevli olan biyomolekülleri tespit edebilmek için FTIR karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AuNPs'nin 1715 cm^{-1} 'de C=O, 1641 cm^{-1} 'de C-O, 1350 cm^{-1} 'de C-N gerilemesi veya C-H bükülme titreşimleri, 1234 cm^{-1} 'de amid III, 1077 cm^{-1} 'de C-OH, 989 cm^{-1} de C-C ve 837 cm^{-1} 'de benzen halkalarının düzlem dışına veya içine bükülmelerini belirten bantlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ekstraktın ve AuNPs'nin FTIR spektrumları kıyaslandığında bitki ekstraktının AuNPs sentezi için gerekli biyomoleküllere sahip olduğu ve AuNPs sentezini başarılı şekilde gerçekleştirebildiği belirlenmiştir (Aswathy Aromal ve Philip, 2012). Yapılan başka bir çalışmada ise *Syzygium aromaticum* ekstraktı ile AuNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. AuNPs'nin FTIR analizi sonucu elde edilen spektrumda ise 1723 cm^{-1} , 1628 cm^{-1} , 1399 cm^{-1} , 1197 cm^{-1} ve 1029 cm^{-1} 'de bantlaşmalar tespit edilmiştir. Bu bantlaşmalar AuNPs yüzeyinde bulunan biyomoleküllerin fonksiyonel gruplarını temsil etmektedir. Aynı zamanda bitki ekstraktının AuNPs sentezinde kullanılabileceğini belirtmektedir (Deshpande vd., 2010).

4.1.5. Zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu

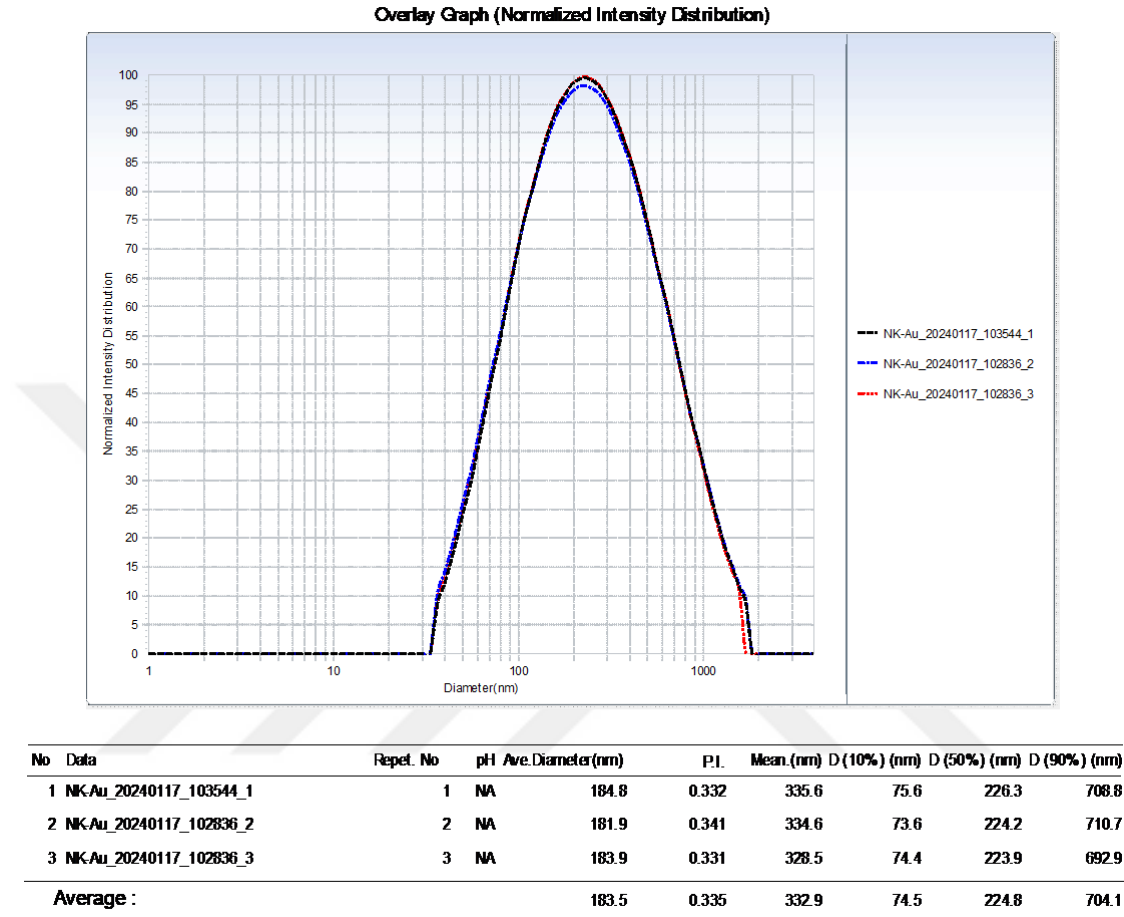
C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin zeta potansiyeli ile nanopartiküllerin elektriksel yük değeri belirlenmiştir (Şekil 4.8.). AuNPs numunesinin 3 tekrarlı okunması ile birbirlerine çok yakın değerlere sahip zeta potansiyeli değerleri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda elde edilen AuNPs'nin -32.00 mV değerinde elektriksel yükse sahip olduğu kaydedilmiştir.



Şekil 4.8. AuNPs zeta potansiyeli spektrumu

Yapılan bir çalışmada muz kabuklarının ekstraktı ile AuNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AuNPs'nin -14,2 mV değerinde zeta potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu değerde bile AuNPs arasında güçlü itici kuvvetin olduğu böylece AuNPs'nin iyi derecede stabilize olduğu ortaya çıkmıştır (Tshobeni vd., 2023). Yapılan başka bir çalışmada ise *Tasmannia lanceolata* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AuNPs'nin -25.2 mV değerinde zeta potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda zeta potansiyelinin negatif değerde olması AuNPs'nin yüksek stabiliteye sahip olduğunu bunun ise bitki ekstraktındaki biyomoleküllerden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Khandanlou vd., 2020).

Nanopartikül boyut analizi ile AuNPs'nin boyut dağılımı karakterize edilmiştir. AgNPs numuneleri 3 tekrarlı olarak analiz edilmiş ve polidispersite indeksi (PI) 0.335 olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.9.).

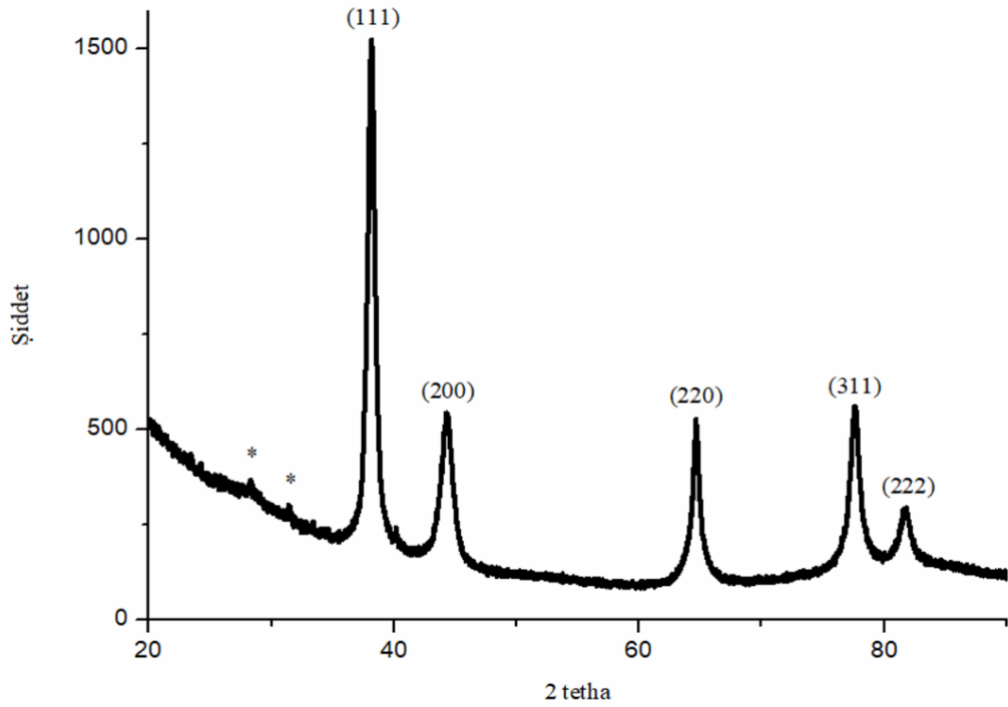


Şekil 4.9. AuNPs nanopartikül boyut karakterizasyonu

Yapılan bir çalışmada *Citrus limon*, *Citrus reticulata* ve *Citrus sinensis* ekstraktları kullanılarak ayrı ayrı AuNPs sentezleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen üç AuNPs çeşidinin ortalama boyutu 32.2 nm, 43.4 nm ve 56.7 nm olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin elektron mikroskobu ile gözlemlenen değerlerden farklı hatta büyük ve çoklu dağılıma sahip olduğu fark edilmiştir. Çünkü partikül boyutu ile belirlenen boyut ölçümlerinde nanopartiküllerin çekirdeği etrafında biyomoleküllerin bulunabilme durumu ön plana çıkmaktadır. Sonuç olarak partikül boyut analizi ile gözlemlenen boyut dağılımı daha büyük ölçülmektedir (Sujitha ve Kannan, 2013). Yapılan başka bir çalışmada ise bitki ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AuNPs'nin PI değeri 0.451 olarak belirlenmiştir (Franzolin vd., 2022).

4.1.6. X Işını Difraktometresi (XRD)

C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin XRD karakterizasyonu 20° - 90° arasında 2θ derecesindeki kırınım noktaları açısından değerlendirilmiştir (Şekil 4.10.). Bu doğrultuda AuNPs numunesin 38.16° , 44.33° , 64.62° , 77.56° ve 81.77° 'de elde edilen pikler sırasıyla (111), (200), (220), (311) ve (222) düzlemlerine karşılık gelmektedir. Aynı zamanda spekturum üzerinde elde tespit edilen 28.30° 'deki ve 31.45° 'deki piklerin (*) bitki ekstraktından kaynaklı kristal yapılu moleküller olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.10. AuNPs XRD spektrumu

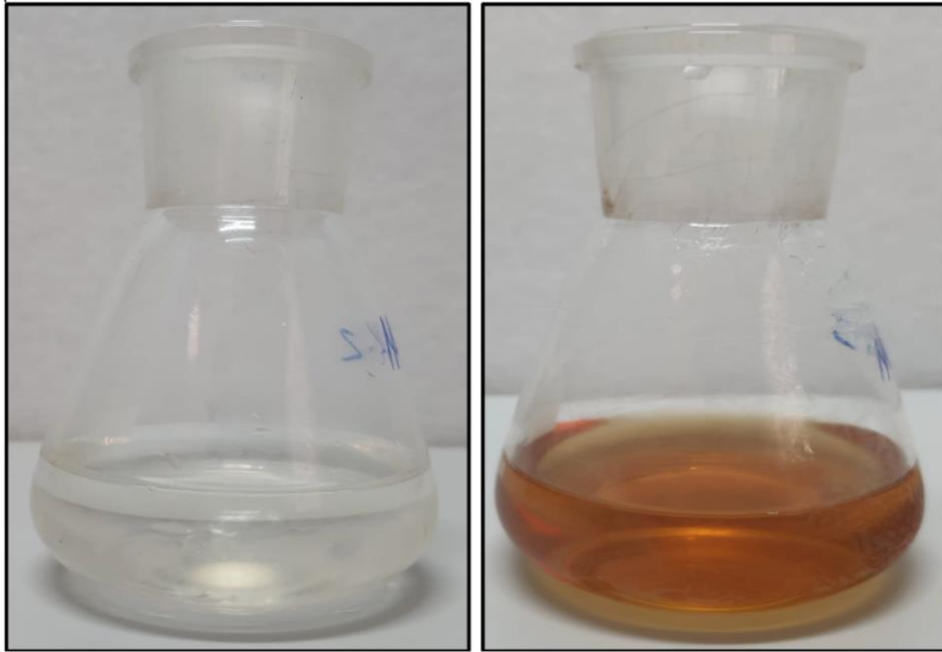
Yapılan bir çalışmada bitki ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AuNPs'nin kristallik özelliklerinin belirlenebilmesi için XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda AuNPs numunesinde (111), (200), (220), (222) ve (311) noktalarında piklerinin elde edilmesi AuNPs'nin kristal özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (JCPDS 04-0784) (Deshpande vd., 2010). Yapılan başka bir çalışmada ise *Callistemon citrinus* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Sentezlenen AuNPs'nin 0° - 100° arasında 2θ değerlendirilmiştir. Buna göre 38.5° , 44.4° , 64.5° ve 77.5° değerlerinde sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) noktalarında pikler tespit edilmiştir. Bu durum sentezlenen AuNPs'nin kristal özelliklere sahip olduğunu göstermektedir (Rotimi vd., 2019).

4.2. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyon Sonuçları

C. origanifolium'dan sentezlenen AgNPs'nin optik, morfolojik ve boyut bakımından karakterizasyonu için UV-Vis spektroskopisi, STEM, SEM-EDX, FTIR, zeta potansiyeli, nanopartikül boyutu ve XRD ile analizler yapılmıştır.

4.2.1. UV-Vis Spektroskopisi

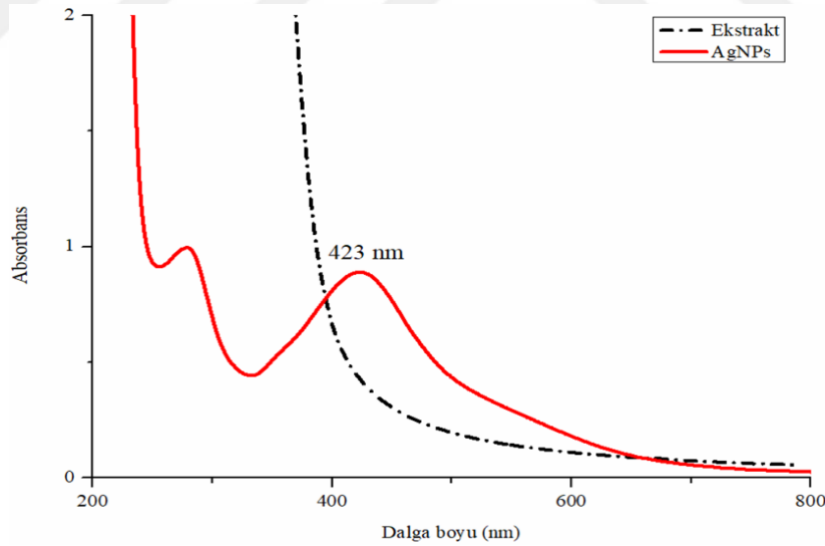
AgNPs'nin sentezi sırasında renk değişimi gözlemlenmiştir (Şekil 4.11.). Yapılan bir çalışmada bitki ekstraktı ile AgNPs sentezi sürecinde renk yoğunluğunun zaman içerisinde arttığı ve sentezin tamamlandığı sürede koyu kahverengi renk oluştuğu belirtilmiştir (Rasheed vd., 2018, Sahoo vd., 2022). Bu doğrultuda *C. origanifolium*'dan sentezlenen AgNPs'nin optik özelliklerinin tespit edilebilmesi için ekstrakt ve AgNPs 200-800 nm dalga boyu; 0-2 absorbans değeri aralığında UV-Vis spektroskopisi analizi yapılmıştır. Ekstrakt ile AgNPs'nin UV-Vis spektroskopisi ile yapılan analiz sonuçları kıyaslandığında 423 nm dalga boyunda 0.89 absorbans değerinde güçlü ve geniş bir tepe noktası elde edilmiştir (Şekil 4.12.).



Şekil 4.11. AgNPs sentezi sırasında gözlenen renk değişimi

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'dan sentezlenen AgNPs'nin karakterizasyonu için UV-vis spektroskopisi uygulanmış ve 403 nm'de maksimum dalga boyunda 0.6-0.8 absorbans değerinde tepe noktasına sahip olduğu belirlenmiştir (Aktepe

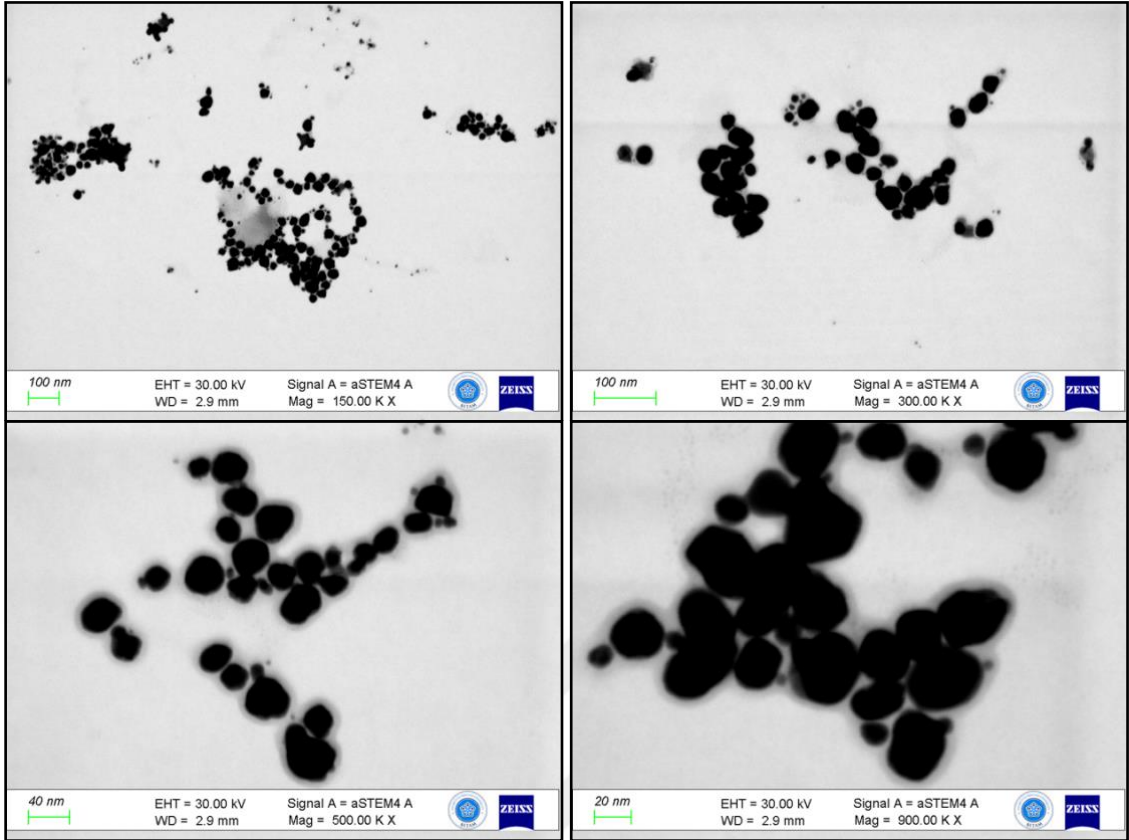
vd., 2022). Yapılan bir çalışmada bitki ekstraktı kullanılarak sentezlenen AgNPs'nin fizikokimyasal özelliklerinin tespiti için UV-vis kullanılmıştır. Yaklaşık 400 nm dalga boyunda maksimum absorbans değerinin elde edilmesiyle AgNPs sentezinin gerçekleştiği belirlenmiştir. Böylece Ag⁺ iyonlarının Ag⁰'a bitkilerdeki fitokimyasallarla dönüştüğü ve fitokimyasalların nanopartiküllerin sentezinde görev aldığı doğrulanmıştır (Rasheed vd., 2018). Yapılan başka bir çalışmada *C. origanifolium* ile aynı aile taksonuna sahip (Lamiaceae) *Mentha longifolia*'dan ve Rosaceae familyasına ait *Rubus ellipticus*'dan elde edilen ekstraktlar ile AgNPs sentezlenmiştir. AgNPs sentezinin başarılı şekilde sentezlendiğini belirleyebilmek için ilk olarak UV-vis ile karakterizasyon gerçekleştirilmiş ve 430 nm civarında maksimum absorbans değerinin elde edildiği tespit edilmiştir (Habib vd., 2024). Yapılan başka bir çalışmada *Punica granatum* ekstraktı kullanılarak AgNPs sentezlenmiştir. Sentezlenen AgNPs karakterizasyonunda ilk önce bitki ekstraktının maksimum UV-vis absorbans değeri 367 nm tespit edilmiştir. Sonrasında ise elde edilen AgNPs'nin maksimum UV-vis absorbans değeri 462 nm olarak belirlenmiştir. İki veri arasındaki farklılık AgNPs sentezinin bitki ekstraktı kullanılarak başarılı şekilde sentezlendiğini açıkça göstermektedir (Sahoo vd., 2022).



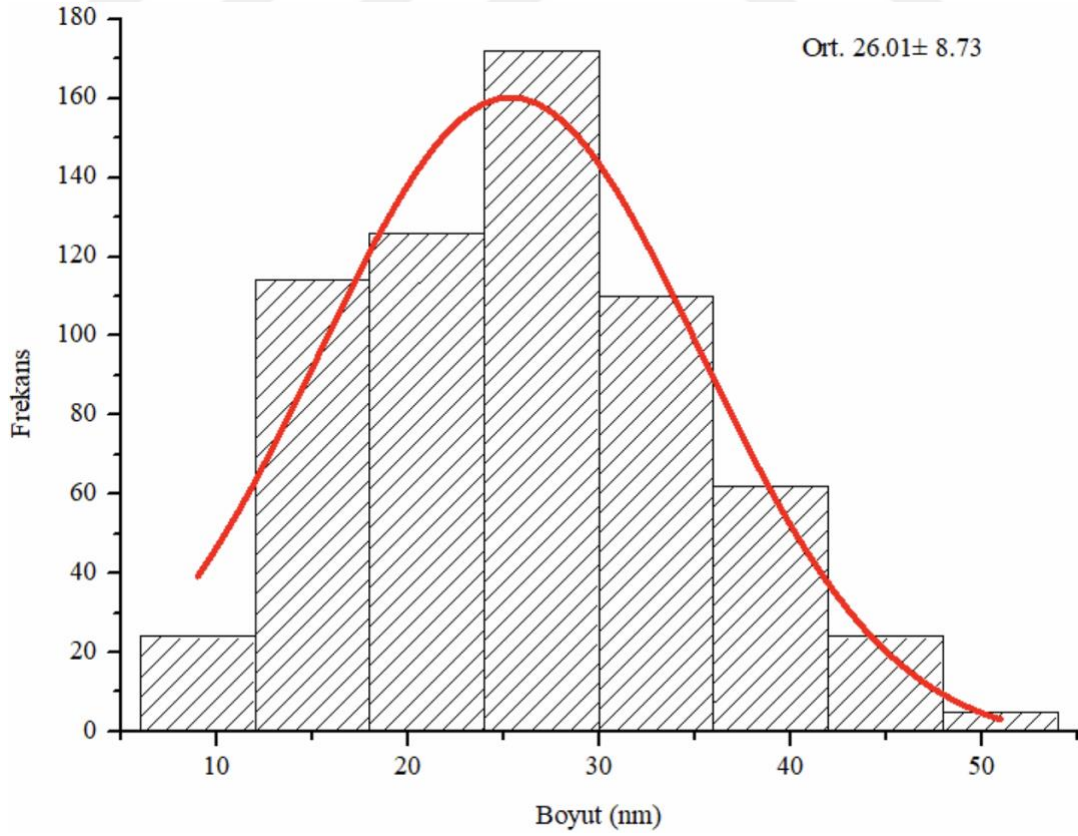
Şekil 4.12. *C. origanifolium* ekstraktının ve AgNPs'nin UV-Vis spektrogramu

4.2.2. Geçirimli Taramalı Elektron Mikroskobu (STEM)

C. origanifolium'dan sentezlenen AgNPs'nin homojen dağılımda ve küresel morfolojik özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.13.). Ayrıca sentezlenen AgNPs'nin ortalama boyut dağılımı 26.01 ± 8.73 nm'dir (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. AgNPs'nin farklı büyütme oranlarındaki STEM görüntüsü



Şekil 4.14. AgNPs'nin boyut dağılımı

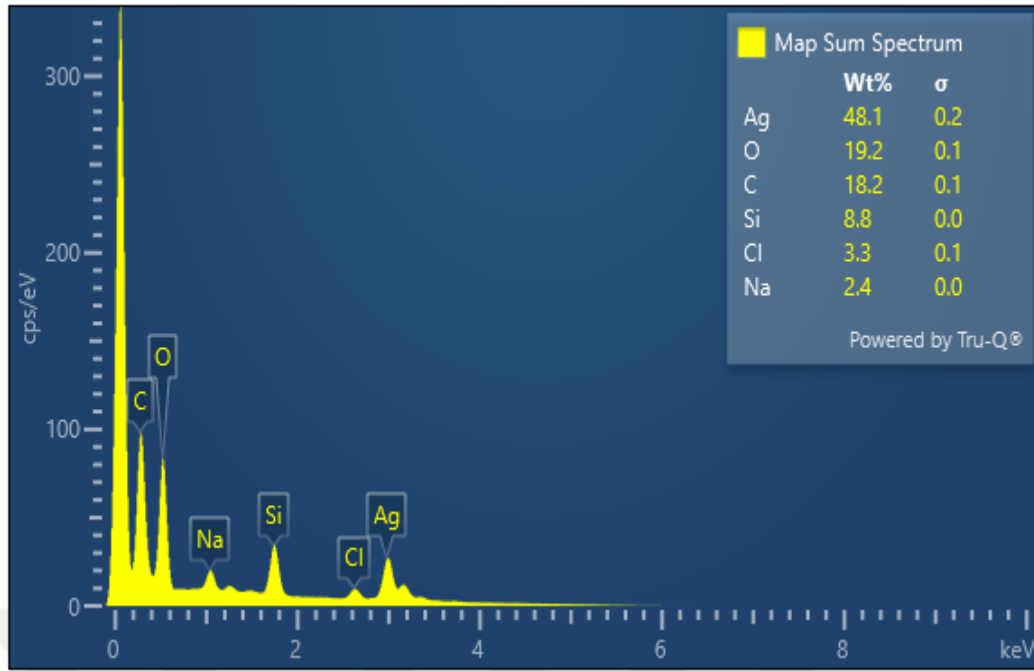
Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'dan sentezlenen AgNPs'nin ortalama boyut dağılımının 17.60 nm olduğu tespit edilmiştir (Aktepe vd., 2022). Bitki ekstraktı kullanılarak yapılan başka bir çalışmada ise AgNPs morfolojisini belirlemek için SEM görüntüleri elde edilmiştir. Sentezlenen AgNPs'nin ortalama boyut dağılımı 25 nm olarak tespit edilmiştir. Aynı zamanda sentezlenen AgNPs'nin homojen dağılımına ve küresel morfolojiye sahip olduğu belirlenmiştir (Ajitha vd., 2014).

4.2.3. Enerji dağılımlı X-RAY spektroskopisi (SEM-EDX)

C. origanifolium'dan sentezlenen AgNPs'nin SEM-EDX analizi ile numune içerisindeki elementlerin dağılımı belirlenmiştir (Şekil 4.15.). Analiz sonucunda numunedeki elementler Ag % 48.1, O % 19.2, C % 18.2, Si % 8.8, Cl % 3.3 ve Na % 2.4 olarak karakterize edilmiştir. Böylece Ag elementinin en yüksek yüzde orana sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16.). Silisyum elementinin tespit edilmiş olması SEM-EDX analizinin gerçekleştirilmesi için gerekli ön işlem sürecinde numunenin silisyum ile kaplanmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.15. AgNPs numunesinin element içeriği görüntüsü

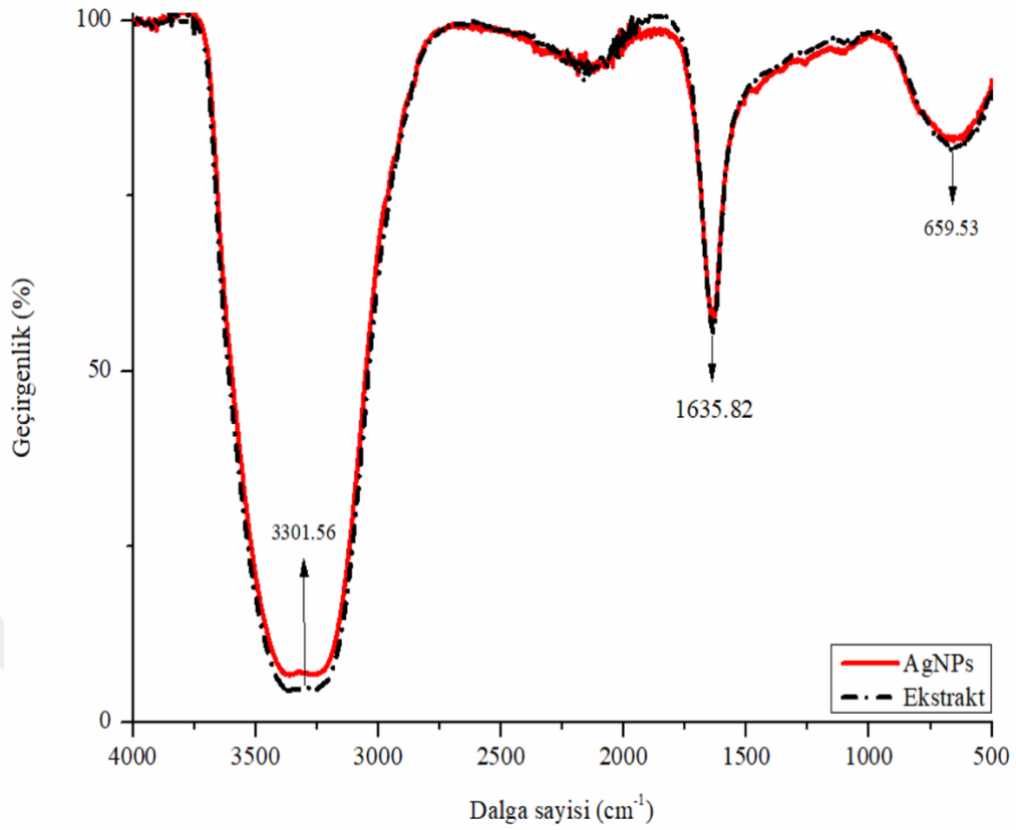


Şekil 4.16. AgNPs numunesinin element içeriği yüzde dağılımı

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'dan sentezlenen AgNPs EDX ile yapılan karakterizasyon sonucunda gümüş tepe noktalarının varlığı gözlemlenmiş ve sentezlenen nanomalzemede bol miktarda Ag olduğu belirlenmiştir (Aktepe vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise *Tephrosia purpurea* ekstraktı ile sentezlenen AgNPs element bileşimi EDX ile analiz edilmiştir. Ag oranı en yüksek olarak belirlenmiştir. Ag elementinin haricinde P, C, O, S ve Cl elementlerinin bulunduğu da tespit edilmiştir. Sentez sürecinde kullanılan bitki ekstraktından kaynaklanan farklı biyomoleküllerden dolayı diğer elementler bulunmaktadır. Aynı zamanda elementlerin dağılım görüntüsü gümüşün homojen dağılımının hakkında bilgi vermektedir (Ajitha vd., 2014).

4.2.4. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR)

C. origanifolium'dan sentezlenen AuNPs'nin fonksiyonel grupları FTIR karakterizasyonu ile tespit edilmiştir. Aynı zamanda *C. origanifolium* ekstraktı ve AgNPs'nin FTIR spektrumu belirtilmiştir (Şekil 4.17.). Ekstrakt ve AgNPs numunesi kıyaslandığında 3301.56 cm^{-1} 'de OH, 1635.82 cm^{-1} 'de C=O ve 659.53 cm^{-1} 'de C-H gruplarının varlığı ve AgNPs numunesinde bu bantların daraldığı tespit edilmiştir. Bu durum ekstraktta bulunan sekonder metabolitlerdeki fonksiyonel grupların sayesinde AgNPs sentezinin başarılı şekilde gerçekleştirildiği anlaşılmaktadır (Rautela vd., 2019).

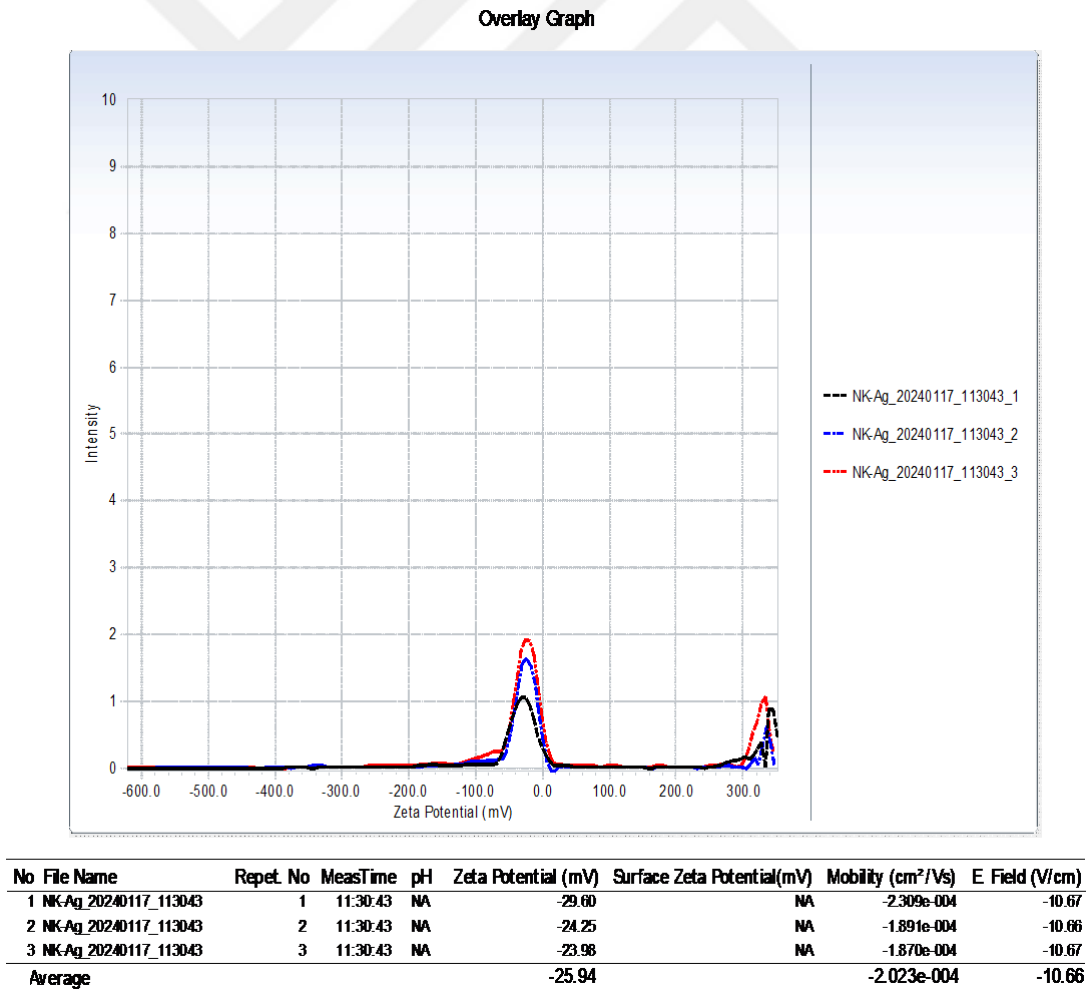


Şekil 4.17. *C. origanifolium* ekstraktı ve AgNPs'nin FTIR spektrumu

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'dan sentezlenen AgNPs içerisinde bulunan fonksiyonel grupların belirlenmesi FTIR ile gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda AgNPs sentezi için Ag^+ 'nın Ag^0 'a indirgenmesi ve AgNPs'nin stabilizasyonu FTIR analizi ile tespit edilebilmektedir. Bitki ekstraktı ve sentezlenen AgNPs arasındaki farklılıklar fonksiyonel gruplara bağlı olarak nanopartikül sentezinin başarılı şekilde gerçekleştiğini belirtmektedir. FTIR analizi sonucuna göre 3332 cm^{-1} 'de -OH grubu, 2145 cm^{-1} 'de $-C\equiv N$ grubu, 1635 cm^{-1} 'de $-C=O$ grubu nanopartiküllerin sentezi sürecinde görev almaktadır (Aktepe vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise bitki ekstraktı ile AgNPs elde edilmiş ve fonksiyonel gruplarının belirlenebilmesi için FTIR analizi yapılmıştır. AgNPs numunesinde 659 cm^{-1} , 954 cm^{-1} , 1204 cm^{-1} , 1383 cm^{-1} , 1545 cm^{-1} , 1639 cm^{-1} ve 2349 cm^{-1} 'de bantlar elde edilmiştir. Bitki ekstraktı ile AgNPs FTIR spektrumları kıyaslandığında bantların konum ve geçirgenlik değerlerindeki farklılıklar ön plana çıkmaktadır. Piklerde meydana gelen bu değişiklikler bitki ekstraktındaki fonksiyonel grupların nanopartikül sentezinde görev alarak $AgNO_3$ çözeltilisinden AgNPs sentezinin başarılı olarak gerçekleştiğini göstermektedir (Ajitha vd., 2014).

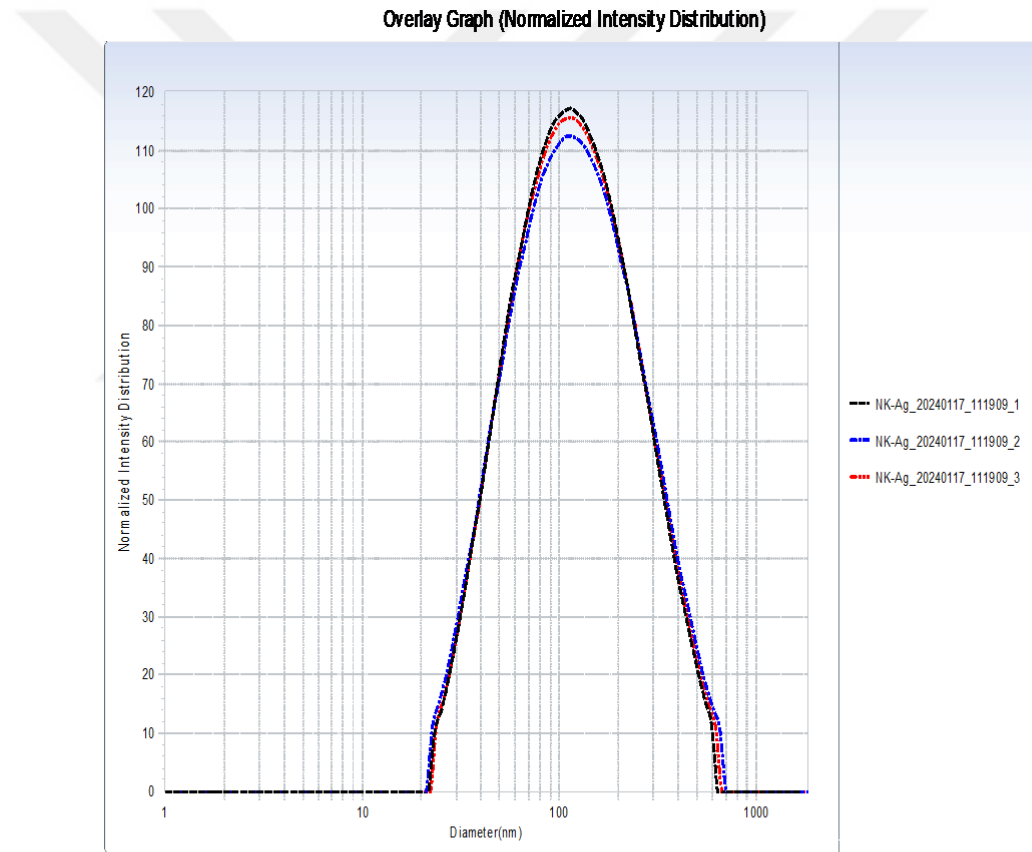
4.2.5. Zeta potansiyeli ve nanopartikül boyutu

C. origanifolium'dan sentezlenen AgNPs'nin zeta potansiyeli ile nanopartiküllerin elektriksel yük değeri belirlenmiştir. AgNPs numunesinin 3 tekrarlı okunması ile birbirlerine çok yakın değerlere sahip zeta potansiyeli değerleri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda elde edilen AgNPs'nin -25.94 mV değerinde elektriksel yüke sahip olduğu kaydedilmiştir (Şekil 4.18.). Yapılan bir çalışmada *Pistacia atlantica* ekstraktı kullanılarak AgNPs sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AgNPs'nin stabilitesinin belirlenebilmesi için farklı pH değerlerinde Zeta potansiyeli değerleri kaydedilmiştir. Bitki ekstraktı kullanılarak hazırlanan AgNPs'nin zeta potansiyeli değerinin negatif olması durumunda ve geniş pH aralıklarında stabilite sergilediği tespit edilmiştir. Çünkü bitkilerde bulunan biyomoleküller AgNPs'nin stabilizasyonu ve sentez sürecinin gerçekleşmesi için gerekli ve yeterli işleve sahip olduğu belirlenmiştir (Sadeghi ve Gholamhoseinpoor, 2015).



Şekil 4.18. AgNPs zeta potansiyeli spektrumu

Nanopartikül boyut analizi ile AgNPs'nin boyut dağılımı karakterize edilmiştir. AgNPs numuneleri 3 tekrarlı olarak analiz edilmiş ve polidispersite indeksinin (PI) birbirine çok yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Ortalama PI değeri ise 0.243 olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.19.). Nanopartikül boyut analizi sürecinde cihazların optik konfigürasyonuna bağlı olarak nanopartikül boyutlarında normale göre kaçınılmaz bir artış olduğu ortaya çıkmıştır (Tantra vd., 2010). Yapılan bir çalışmada *Angelica gigas* ekstraktı kullanılarak AgNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AgNPs'nin 0.314 ± 0.01 PI değerine sahip olduğunu belirlenmiştir (Ryu vd., 2022). Aynı zamanda numunenin PI değerinin sıfıra veya sıfıra yakın olması monodispersiteye sahip olduğunu, bir veya bire yakın olması ise polidispersiteye sahip olduğunu göstermektedir (Nayak vd., 2016).

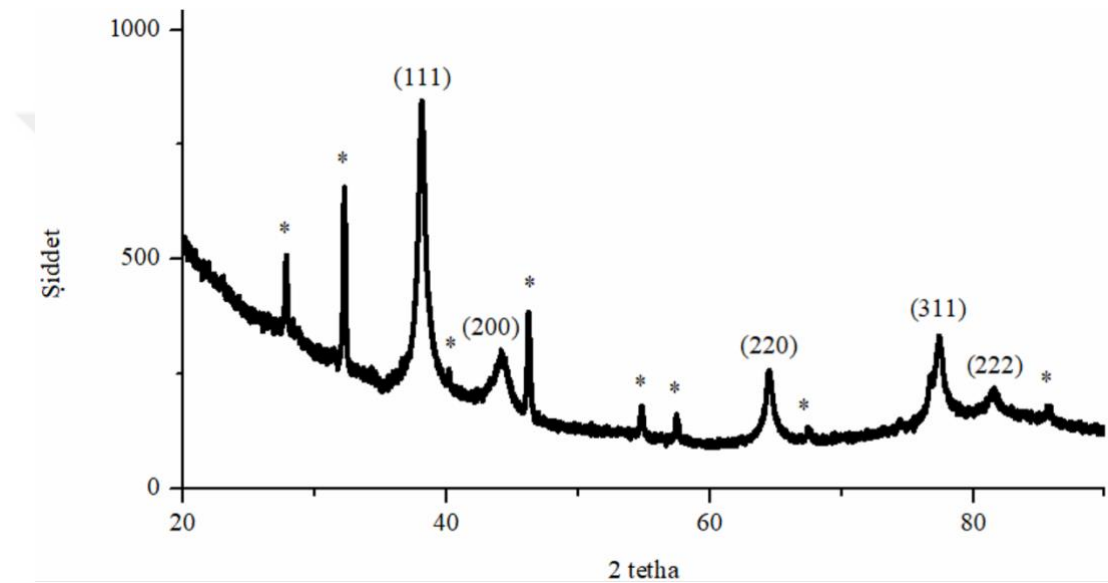


No	Data	Repet. No	pH	Ave.Diameter (nm)	P.I.	Mean.(nm)	D (10%) (nm)	D (50%) (nm)	D (90%) (nm)
1	NK-Ag_20240117_111909_1	1	NA	99.5	0.222	149.0	43.7	111.4	292.3
2	NK-Ag_20240117_111909_2	2	NA	98.5	0.259	154.4	42.7	113.0	308.4
3	NK-Ag_20240117_111909_3	3	NA	99.4	0.248	151.7	43.9	112.4	299.3
Average :				99.1	0.243	151.7	43.4	112.3	300.0

Şekil 4.19. AgNPs nanopartikül boyut karakterizasyonu

4.2.6. X Işını Difraktometresi (XRD)

C. origanifolium'dan sentezlenen AgNPs'nin XRD karakterizasyonu 20° - 90° arasında 2θ derecesindeki kırınım noktaları açısından değerlendirilmiştir (Şekil 4.20.). Bu doğrultuda AgNPs numunesin 38.04° , 44.19° , 64.45° , 77.41° ve 81.50° 'de elde edilen pikler sırasıyla (111), (200), (220), (311) ve (222) düzlemlerine karşılık gelmektedir. Aynı zamanda spekturum üzerinde elde tespit edilen 27.81° , 32.20° , 40.19° , 46.19° , 54.78° , 57.45° , 67.48° ve 85.72° 'deki piklerin (*) bitki ekstraktından kaynaklı kristal yapıli moleküller olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.20. AgNPs XRD spektrumu

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'dan sentezlenen AgNPs'nin kristal yapısı XRD analizi ile belirlenmiş ve dört adet yoğun pik olduğu gözlemlenmiştir. AgNPs'nin 2θ değerlerinin (111), (200), (220) ve (311) değerlerinin tespit edilmesi sentezlenen AgNPs'nin küresel kristalliğe sahip olduğunu belirtmektedir. AgNPs'nin (111) değerine 38.11° , (200) değerine 44.30° , (220) değerine 64.44° ve (311) değerine ise 77.40° ile sahip olduğu tespit edilmiştir (Aktepe vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise yeşil sentez ile elde edilen AgNPs'nin kristal yapısının belirlenebilmesi için XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen AgNPs (111) değerine 38.21° , (200) değerine 44.39° , (220) değerine 64.62° ve (311) değerine ise 77.59° ile sahip olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen değerler Birleşik Toz Kırınım Standartları Komitesi (JCPDS) dosya no: ICDD-PDF2, Sürüm 2007, PA, ABD referans alınarak belirlenmiştir (Sadeghi ve Gholamhoseinpoor, 2015).

4.3. Altın ve Gümüş Nanopartiküllerin Antioksidan Aktivite Sonuçları

4.3.1. Serbest radikal süpürme aktivitesi

Yapılan bu tez çalışmasında *C. origanifolium* ekstraktından sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinde serbest radikal etkinliğinin tespit edilebilmesi için ABTS ve DPPH testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. ABTS testine göre AgNPs numunesinde ise 13.27 ± 0.36 mg TE/g değerinde serbest radikal etkinliği sergilediği belirlenmiştir. Ancak AuNPs numunesinde ise ABTS göstermediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.). DPPH testine göre AuNPs ve AgNPs numunelerinde serbest radikal etkinliği göstermediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. AuNPs ve AgNPs numunelerinin ABTS testi sonuçları

Numuneler	ABTS (mg TE/g)
AuNPs	nd
AgNPs	13.27 ± 0.36

Ortalama \pm S.D; TE: Troloks eşdeğeri; nd: tespit edilemedi

Yapılan bir çalışmada *Mentha longifolia* ve *Rubus ellipticus* türlerine ait ekstraktlardan elde edilen AgNPs'nin antioksidan aktivitesi ABTS testi ile belirlenmiştir. Bu doğrultuda *Mentha longifolia*'dan sentezlenen AgNPs $38.6 \mu\text{g/ml}$ IC₅₀ değerine sahipken *Rubus ellipticus*'dan sentezlenen AgNPs $47 \mu\text{g/ml}$ IC₅₀ değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Habib vd., 2024). Yapılan başka bir çalışmada *Anthemis tricolor* ekstraktından AgNPs elde edilmiş ve antioksidan aktivitesi ABTS testi ile belirlenmiştir. Sentezlenen AgNPs'nin ve ekstraktın antioksidan aktivitesi IC₅₀ değerlerine göre AgNPs 4.301 ± 0.26 , ekstrakt ise 6.722 ± 0.27 olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda ekstraktın ve AgNPs'nin Troloks standardına göre çok daha aktif olduğu tespit edilmiştir (Sumer vd., 2024). Yapılan bir çalışmada *Chinese lettuce* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AuNPs'nin ve ekstraktın antioksidan aktivitesinin belirlenebilmesi ve kıyaslanabilmesi için ABTS testi uygulanmıştır. AuNPs'nin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak serbest radikal temizleme aktivitesinde arttığı tespit edilmiştir. AuNPs $100 \mu\text{g/ml}$ konsantrasyonda % 52-92 arasında maksimum inhibisyon sergilemiştir. AuNPs'nin ve askorbik asitin $20 \mu\text{g/ml}$ ve $80 \mu\text{g/ml}$ konsantrasyonları arasında serbest radikal temizleme aktivitesi açısından birbiri arasında anlamlı fark olmadığı ortaya çıkmıştır (Aghamirzaei vd., 2021). Yapılan başka bir çalışmada *Coriandrum sativum* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. AuNPs'nin

serbest radikal temizleme aktivitesi ABTS testi uygulanarak belirlenmiştir. AuNPs konsantrasyon miktarına bağlı olarak farklı oranlarda serbest radikal temizleme aktivitesi sergilemiştir. Sentezlenen AuNPs'nin 800 µM konsantrasyonda % 96.83 oranında ABTS etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir (Jiao vd., 2021).

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'un esansiyel yağ kompozisyonu ve DPPH testi uygulanarak antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Ekstraktın 0.1 mg/ml konsantrasyonda DPPH testinde % 74.86 ± 3.0 antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. *C. origanifolium*'un yüksek antioksidan özelliğe sahip olması zengin fenolik ve flavonoid içeriğine sahip olmasından kaynaklanmakta olduğu anlaşılmıştır (Gokturk vd., 2013). Yapılan başka bir çalışmada *C. origanifolium*'dan elde edilen ekstraktın antioksidan aktivitesi DPPH ve beta karoten/linoleik asit testleri ile belirlenmiştir. Antioksidan testinin uygulanması için heksan ekstraktı, diklorometan ekstraktı, metanol/su ekstraktı, metanol/CHCl₃ ekstraktı, deodorize edilmiş sıcak su ekstraktı, deodorize edilmiş metanol/su ekstraktı ve deodorize metanol/CHCl₃ ekstraktı olmak üzere farklı çözücüler kullanılarak toplam 7 farklı ekstrakt elde edilmiştir. Deodorize edilmiş metanol/su ekstraktının DPPH testinde konsantrasyona bağlı olarak en yüksek derecede % 50 inhibisyon sergilediği belirlenmiştir (Tepe vd., 2005). Yapılan bir çalışmada *Mentha longifolia* ve *Rubus ellipticus* türlerine ait ekstraktlardan elde edilen AgNPs'nin antioksidan aktivitesi DPPH testi ile belirlenmiştir. Bu doğrultuda iki tür bitkiden elde edilen AgNPs kıyaslandığında *Mentha longifolia*'dan sentezlenen AgNPs'nin daha yüksek seviyede antioksidan aktivite sergilediği belirlenmiştir (Habib vd., 2024). Yapılan bir çalışmada bitki ekstraktı kullanılarak sentezlenen AgNPs'nin serbest radikal temizleme aktivitesi DPPH testinde renk değişikliği izlenmesine bağlı olarak gözlemlenmiştir. Aynı zamanda AgNPs dozuna bağlı olarak serbest radikal temizleme potansiyelinde değişiklik olduğu belirlenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda askorbik asit ile AgNPs arasındaki antioksidan aktivite kıyaslandığında AgNPs'nin daha düşük oranda antioksidan aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ancak 500 µg/ml konsantrasyona sahip AgNPs % 25.78 antioksidan aktiviteye sahipken aynı konsantrasyona sahip askorbik asitin % 22.07 antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Sahoo vd., 2022).

Yapılan bir çalışmada *Chinese lettuce* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AuNPs'nin ve ekstraktın antioksidan aktivitesinin belirlenebilmesi ve kıyaslanabilmesi için DPPH testi uygulanmıştır. AuNPs'nin konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak serbest radikal temizleme aktivitesinde arttığı

tespit edilmiştir. AuNPs 100 µg/ml konsantrasyonda yaklaşık % 80 oranında maksimum derecede serbest radikal temizleme aktivitesi sergilemiştir. AuNPs'nin ve askorbik asitin 20 µg/ml ve 80 µg/ml konsantrasyonları arasında serbest radikal temizleme aktivitesi açısından birbiri arasında anlamlı fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda ekstraktın IC₅₀ değeri 44 µg/ml, AuNPs'nin IC₅₀ değeri ise 34 µg/ml olarak tespit edilmiştir (Aghamirzaei vd., 2021). Yapılan başka bir çalışmada *Coriandrum sativum* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. AuNPs'nin serbest radikal temizleme aktivitesi DPPH testi uygulanarak belirlenmiştir. AuNPs konsantrasyon miktarına bağlı olarak farklı oranlarda serbest radikal temizleme aktivitesi sergilemiştir. Sentezlenen AuNPs'nin 800 µM konsantrasyonda % 85.73 oranında DPPH etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir (Jiao vd., 2021).

4.3.2. İndirgeme gücünün belirlenmesi

Yapılan bu tez çalışmasında *C. organifolium* ekstraktından sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin bakır indirgeme gücünün tespit edilebilmesi için CUPRAC testi, demir indirgeme gücünün tespit edilebilmesi için FRAP testi gerçekleştirilmiştir. İki testten elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanarak (Çizelge 4.2.)'de ve (Çizelge 4.3.)'de belirtilmiştir. CUPRAC testine göre AuNPs numunesinde 13.88 ± 0.27 mg TE/g ve AgNPs numunesinde 28.46 ± 2.10 mg TE/g değerinde bakır indirgeme gücüne sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21.). FRAP testine göre AuNPs numunesinde 8.68 ± 0.06 mg TE/g ve AgNPs numunesinde 18.86 ± 0.28 mg TE/g değerinde demir indirgeme gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22.).

Çizelge 4. 2. AuNPs ve AgNPs numunelerinin CUPRAC testi sonuçları

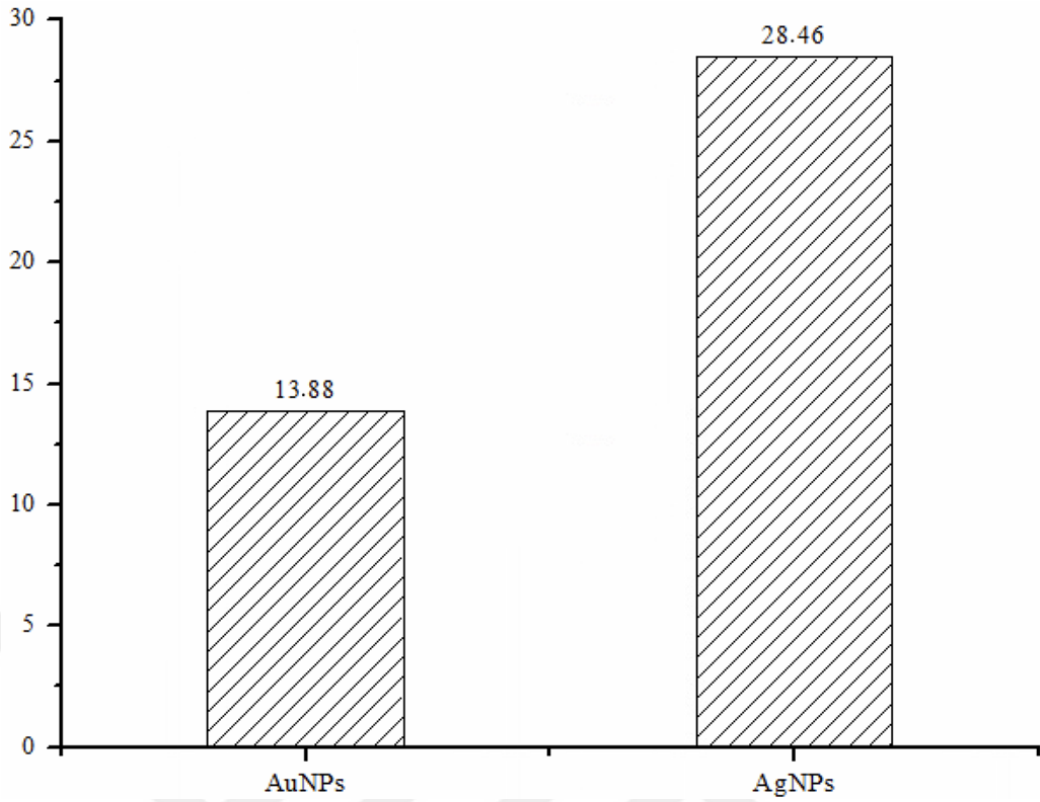
Numuneler	CUPRAC (mg TE/g)
AuNPs	13.88 ± 0.27
AgNPs	28.46 ± 2.10

Ortalama ± S.D; TE: Troloks eşdeğeri

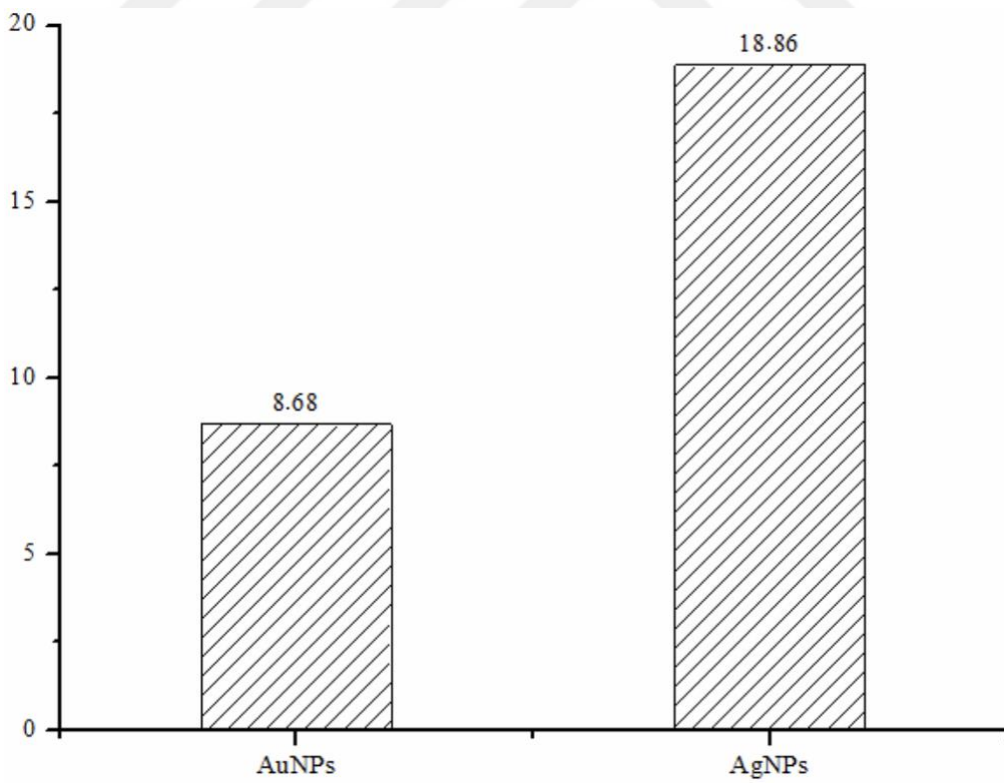
Çizelge 4. 3. AuNPs ve AgNPs numunelerinin FRAP testi sonuçları

Numuneler	FRAP (mg TE/g)
AuNPs	8.68 ± 0.06
AgNPs	18.86 ± 0.28

Ortalama ± S.D; TE: Troloks eşdeğeri



Şekil 4. 21. AuNPs'nin ve AgNPs'nin CUPRAC testi



Şekil 4. 22. AuNPs'nin ve AgNPs'nin FRAP testi

Yapılan bir çalışmada infüzyon ve kaynatma yöntemleri *C. origanifolium*'un ekstraktları elde edilerek antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. İnfüzyon ve kaynatma yöntemi ile elde edilen ekstraktlardan sırasıyla rutin 1143.27; 517.08 mg/kg, kaempferol 648.36; 552.11 mg/kg, kampferol-3-O-rutinosid 323.6; 205.92 mg/kg fenolik bileşikleri tespit edilmiştir. 2 farklı ekstrakta DPPH ve CUPRAC testleri uygulanmış ve antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Özer, 2019). Yapılan bir çalışmada *Anthemis tricolor* ekstraktından AgNPs elde edilmiş ve bakır indirgeme aktivitesi CUPRAC testi ile belirlenmiştir. AgNPs'nin 1.741 ± 0.013 mmol TE/g, ekstraktın ise 1.098 ± 0.02 mmol TE/g değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Sumer vd., 2024). Yapılan başka bir çalışmada ise *Camellia sinensis*, *Ilex paraguariensis*, *Salvia officinalis*, *Tilia cordata*, *Levisticum officinale*, *Aegopodium podagraria*, *Urtica dioica*, *Capsicum baccatum*, *Viscum album*, ve *Porphyra yezoensis* türlerinden ekstraktlar elde edilmiş ve bu ekstraktlar ile AgNPs sentezlenmiştir. *Camellia sinensis* ekstraktından sentezlenen AgNPs'nin bakır indirgeme aktivitesi diğer ekstraktlardan elde edilen AgNPs numunelerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda *Camellia sinensis* ekstraktından sentezlenen AgNPs'nin bakır indirgeme aktivitesi 73.6754 Troloks eş değerince bakır indirgeme aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine *Porphyra yezoensis* ekstraktından sentezlenen AgNPs'nin bakır indirgeme aktivitesi 1.6422 Troloks eş değerince bakır indirgeme aktivitesi ile en düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (Sumer vd., 2024).

Yapılan bir çalışmada *Crescentia alata*, *Randia echinocarpa*, ve *Vitex mollis* meyve ekstraktları kullanılarak AgNPs sentezlenmiştir. Ayrıca *Vitex mollis* meyve ekstraktından AuNPs sentezlenmiştir. Sentezlenen nanopartiküllerin antioksidan aktivitesinin belirlenebilmesi için demir indirgeme testi olan FRAP testi uygulanmıştır. *Crescentia alata* ekstraktından sentezlenen AgNPs 160.4 ± 4.8 μ mol TE/g, *Randia echinocarpa* ekstraktından sentezlenen AgNPs 154.3 ± 13.4 μ mol TE/g, *Vitex mollis* ekstraktından sentezlenen AgNPs ise 725.4 ± 5.5 μ mol TE/g demir indirgeme aktivitesi sergilediği tespit edilmiştir. Aynı zamanda *Vitex mollis* ekstraktından sentezlenen AuNPs'nin 3.4 ± 13.9 μ mol TE/g demir indirgeme aktivitesi sergilediği belirlenmiştir (Montes-Avila vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada *Turnera diffusa* ekstraktı kullanılarak AuNPs sentezlenmiştir. Elde edilen AuNPs'nin antioksidan aktivitesinin belirlenebilmesi için FRAP testi uygulanmıştır. Bu doğrultuda AuNPs'nin demir indirgeme gücü konsantrasyon artışına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda

AuNPs ile Troloks kıyaslandığında ise AuNPs'nin 12.5 ile 50 µg/ml konsantrasyonlarında yüksek; 100 ve 200 µg/ml konsantrasyonlarında ise düşük derecede demir indirgeme gücüne sahip olduğu belirlenmiştir. Böylece AuNPs güçlü şekilde serbest radikal temizleme aktivitesi sergilemiştir (Reyes-Becerril vd., 2021).

Bu tez çalışmasında kullanılan *C. origanifolium* ile aynı aile taksonunda (Lamiaceae) bulunan farklı bitki türlerinden elde edilen AuNPs'nin ve AgNPs'nin antioksidan aktivitelerini belirlemek için ABTS, DPPH, CUPRAC ve FRAP testleri uygulanan diğer çalışmalar (Çizelge 4.4.)'de ve (Çizelge 4.5.)'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. 4. AuNPs antioksidan aktivitesi ile ilgili diğer çalışmalar

Tür adı	Uygulanan test	Sonuç	Referans
<i>Thymus vulgaris</i>	DPPH	214*	(Hemmati vd., 2020)

*:µg/ml

Çizelge 4. 5. AgNPs antioksidan aktivitesi ile ilgili diğer çalışmalar

Tür adı	Uygulanan test	Sonuç	Referans
<i>Stachys spectabilis</i>	ABTS	4.42*	(Erenler vd., 2023)
<i>Thymus vulgaris</i>	ABTS	0.55****	(Balciunaitiene vd., 2021)
<i>Salvia aethiopsis</i>	ABTS	4.93*	(Gecer, 2021)
<i>Stachys spectabilis</i>	DPPH	12.09*	(Erenler vd., 2023)
<i>Stachys lavandulifolia</i>	DPPH	371***	(Zangeneh vd., 2019)
<i>Thymus serpyllum</i>	DPPH	8***	(Wahab vd., 2022)
<i>Stachys spectabilis</i>	FRAP	2.31**	(Erenler vd., 2023)
<i>Thymus vulgaris</i>	FRAP	0.26****	(Balciunaitiene vd., 2021)
<i>Thymus vulgaris</i>	CUPRAC	0.10****	(Balciunaitiene vd., 2021)

*:IC₅₀, **:µmol TE/g, ***:µg/ml, ****:mmol TE/g

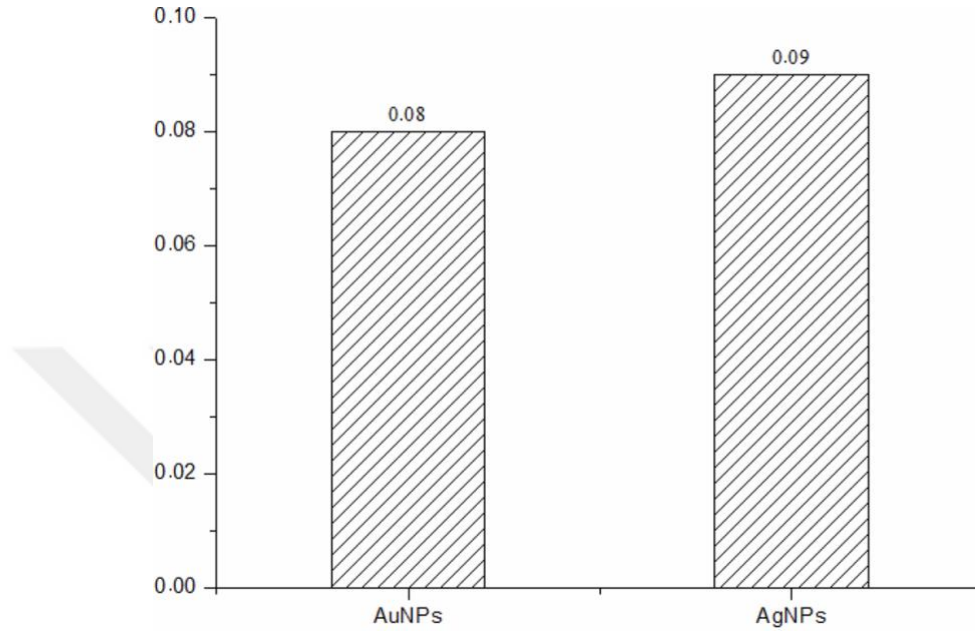
4.3.3. Fosfomolibdat testi

Yapılan bu tez çalışmasında *C. origanifolium* ekstraktından sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam antioksidan kapasitesinin tespit edilebilmesi için fosfomolibdat testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6.). AuNPs numunesinde 0.08 ± 0.01 mg TE/g ve AgNPs numunesinde 0.09 ± 0.01 mg TE/g değerinde toplam antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.23.).

Çizelge 4. 6. AuNPs ve AgNPs numunelerinin fosfomolibdat testi sonuçları

Numuneler	Fosfomolibdat (mmol TE/g)
AuNPs	0.08 ± 0.01
AgNPs	0.09 ± 0.01

Ortalama ± S.D; TE: Troloks eşdeğeri

**Şekil 4. 23.** AuNPs'nin ve AgNPs'nin fosfomolibdat testi

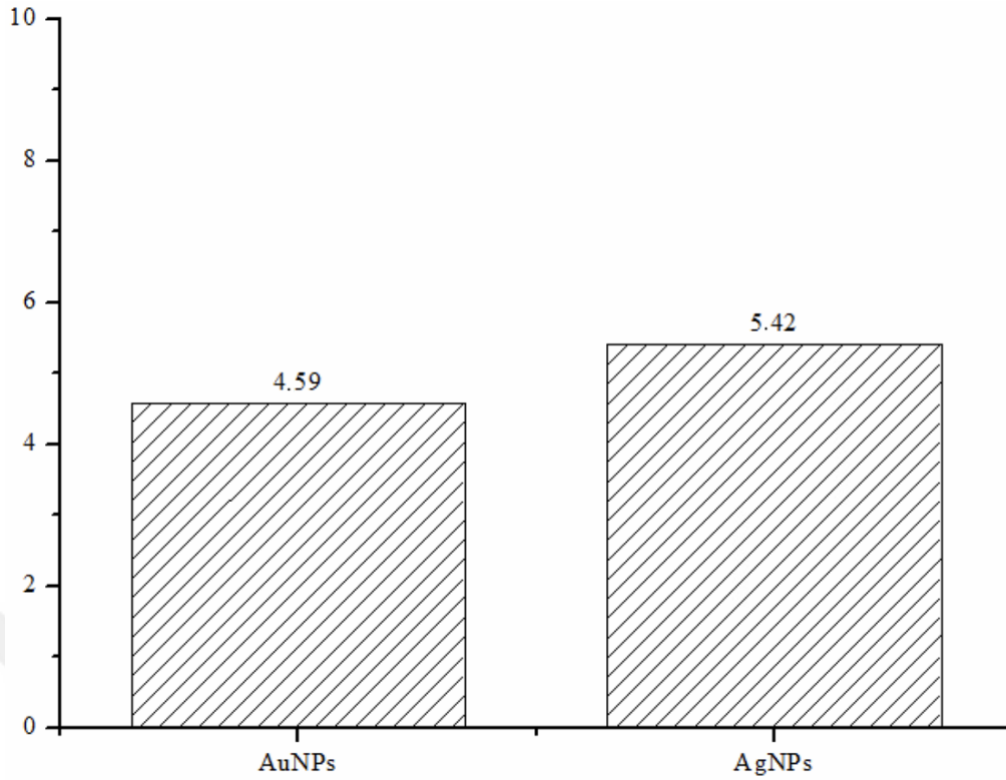
4.3.4. Toplam fenolik içerik tespiti

Yapılan bu tez çalışmasında *C. origanifolium* ekstraktından sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam fenolik içeriğinin tespit edilebilmesi için Folin-Ciocalteu testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7.). Bu doğrultuda AuNPs numunesinde 4.59 ± 0.11 mg GAE/g ve AgNPs numunesinde 5.42 ± 0.04 mg GAE/g değerinde toplam fenolik içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.24.).

Çizelge 4. 7. AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam fenolik içerik sonuçları

Numuneler	Toplam fenolik içerik (mg GAE/g)
AuNPs	4.59 ± 0.11
AgNPs	5.42 ± 0.04

Ortalama ± S.D; GAE: Gallik asit eşdeğeri



Şekil 4. 24. AuNPs'nin ve AgNPs'nin toplam fenolik içeriği

4.3.5. Toplam flavonoid içerik tespiti

Yapılan bu tez çalışmasında *C. origanifolium* ekstraktından sentezlenen AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam flavonoid içeriğinin tespit edilebilmesi için $AlCl_3$ testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler rutin eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8.). Bu doğrultuda AuNPs numunesinde 0.28 ± 0.08 mg RE/g değerinde toplam flavonoid içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak AgNPs numunesinde flavonoid içeriğe rastlanmamıştır (Şekil 4.25.).

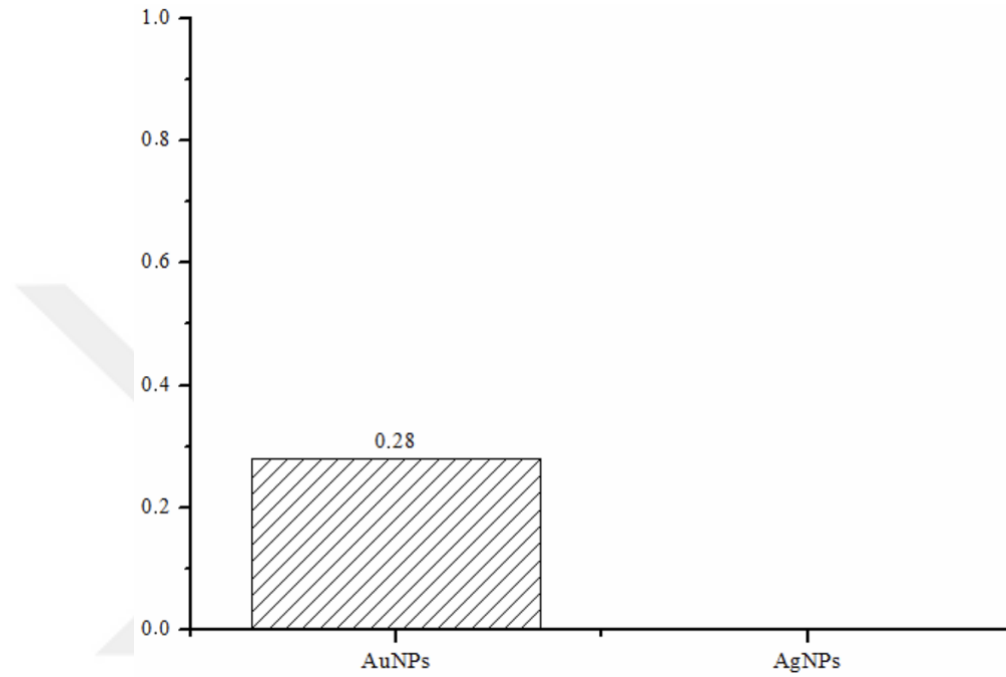
Çizelge 4.8. AuNPs ve AgNPs numunelerinin toplam flavonoid içerik sonuçları

Numuneler	Toplam flavonoid içerik (mg RE/g)
AuNPs	0.28 ± 0.08
AgNPs	nd

Ortalama \pm S.D; RE: Rutin eşdeğeri; nd: tespit edilemedi

Ayrıca biyolojik organizmadaki proteinlere serbest amino grupları ile AuNPs'nin bağlandığı, amino asit kalıntılarında bulunan karboksilat grubu ile AgNPs'nin bağlandığı tespit edilmiştir. Bu bağlanma durumun nanopartiküllerin verimliliğini olumlu şekilde etkilediği belirlenmiştir (Philip, 2009). Ekstrakt içerisinde bulunan flavonoidlerin AuNPs

sentezinde kullanılacak olan öncü maddenin indirgenmesinde, proteinlerin sahip olduğu karboksilat grubunun ise AuNPs stabilizasyonunun sağlanmasında rol aldığı düşünülmektedir. Aynı zamanda AuNPs'yi çevreleyen biyomoleküllerin yüklerine bağlı olarak elektrostatik etki oluşmaktadır. Bu durum yeşil sentez şartları ile elde edilen AuNPs'nin homojen dağılımını önemli ölçüde etkilemektedir (Vijayakumar, 2019).



Şekil 4. 25. AuNPs'nin ve AgNPs'nin toplam flavonoid içeriği

4.4. *C. origanifolium*'un Antioksidan Aktivite Sonuçları

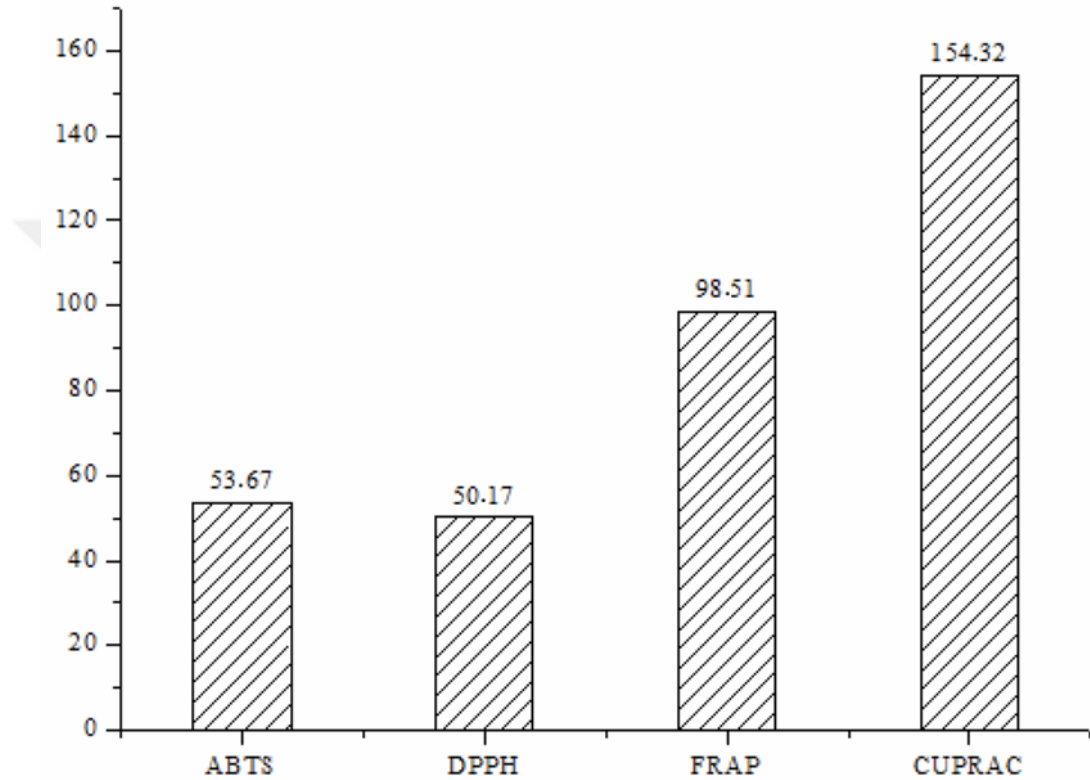
4.4.1. Genel antioksidan aktivite testleri

Yapılan bu tez çalışmasında kullanılan *C. origanifolium*'un su ekstraktının genel antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla; serbest radikal süpürme aktivitesi ABTS ve DPPH testleri ile belirlenmiştir. Bakır indirgeme gücünün tespit edilebilmesi için CUPRAC testi, demir indirgeme gücünün tespit edilebilmesi için FRAP testi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda fosfomolibdat testi ile toplam antioksidan aktivite belirlenmiştir. Gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen tüm bu veriler Troloks eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8.). Uygulanan ABTS, DPPH, CUPRAC ve FRAP testlerinin sonuçları (Şekil 4.26.)'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. 8. *C. origanifolium*'un su ekstraktının antioksidan aktivite sonuçları

Uygulanan test	Sonuç
ABTS	53.67 ± 0.11*
DPPH	50.17 ± 0.22*
FRAP	98.51 ± 1.54*
CUPRAC	154.32 ± 0.75*
Fosfomolibdat	1.67 ± 0.02**

*:mg TE/g, **:mmol TE/g



Şekil 4. 26. *C. origanifolium* ekstraktının antioksidan aktivite sonuçları

4.4.2. Toplam fenolik ve flavonoid içerik tespiti

Yapılan bu tez çalışmasında *C. origanifolium* ekstraktının toplam fenolik içeriğinin tespit edilebilmesi için Folin-Ciocalteu testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9.). Bu doğrultuda *C. origanifolium* ekstraktında 47.11 ± 0.15 mg GAE/g değerinde toplam fenolik içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. *C. origanifolium* ekstraktının toplam flavonoid içeriğinin tespit edilebilmesi için $AlCl_3$ testi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler rutin eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10.). Bu doğrultuda *C. origanifolium* ekstraktında 13.73 ± 0.25 mg RE/g değerinde toplam flavonoid içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik ve flavonoid içerik sonuçları (Şekil 4.27.)'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. 9. *C. origanifolium* ekstraktının toplam fenolik içerik sonuçları

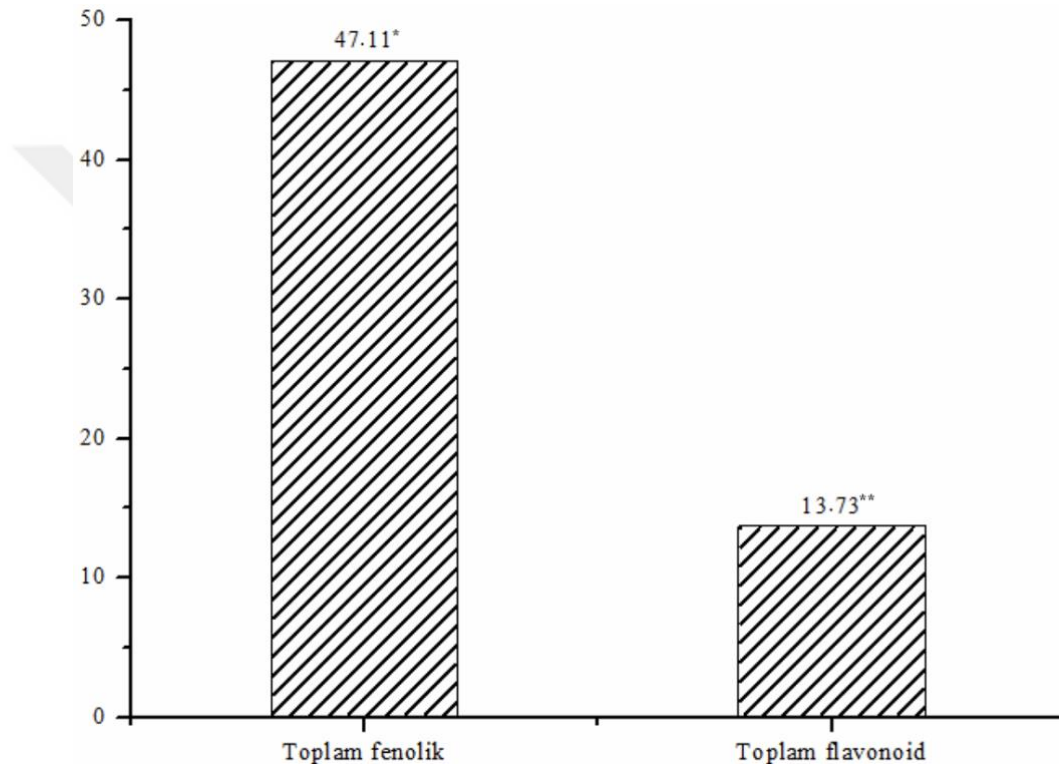
Numuneler	Toplam fenolik içerik (mg GAE/g)
Ekstrakt	47.11 ± 0.15

Ortalama ± S.D; GAE: Gallik asit eşdeğeri

Çizelge 4. 10. *C. origanifolium* ekstraktının toplam flavonoid içerik sonuçları

Numuneler	Toplam flavonoid içerik (mg RE/g)
Ekstrakt	13.73 ± 0.25

Ortalama ± S.D; RE: Rutin eşdeğeri

**Şekil 4. 27.** *C. origanifolium* ekstraktının antioksidan aktivite sonuçları
*:mg GAE/g, **:mg RE/g

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'un toplam fenolik içeriği gallik asit eş değerince 78.57 ± 0.6 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Gokturk vd., 2013). Yapılan başka bir çalışmada ise *C. origanifolium*'un toplam fenolik içeriği gallik asit eş değerince 70.0 ± 2.08 µg/ml olarak belirlenmiştir (Tepe vd., 2005).

Yapılan bir çalışmada *C. origanifolium*'un flavonoid içeriği kateşin eş değerince 610.84 ± 13.3 mg CE/100 g ve rutin eş değerince 2712 ± 20.9 mg RE/100 g olarak tespit edilmiştir (Gokturk vd., 2013).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Son zamanlarda nanoteknoloji bilimi ürünü olan nanopartiküller eşsiz özellikleriyle ön plana çıkmaktadır. Metal nanopartikül çeşitlerinden olan altın ve gümüş nanopartiküller biyolojik özelliklerinden dolayı oldukça bilinmektedir. Teknolojinin çevreye en az zarar ile gelişmeye devam etmesi sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir. Bu doğrultuda altın ve gümüş nanopartiküllerin sentezi için çevre için daha az zararlı veya hiç zarar vermeyen solventlerin kullanılması “yeşil sentez” (green synthesis) yaklaşımı ile mümkündür. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında yeşil sentez yaklaşımı ile altın ve gümüş nanopartiküller sentezlenmiştir. Bu doğrultuda *Cyclotrichium origanifolium*'un su ekstraktı geleneksel yöntem ile elde edilmiştir. Sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin karakterizasyon işlemleri UV-vis, STEM, SEM-EDX, FTIR, zeta potansiyeli, nanopartikül boyutu ve XRD analizleri ile gerçekleştirilmiştir.

Sentezlenen altın nanopartiküllerin sentez sürecinde *Cyclotrichium origanifolium* ekstraktının ile HAuCl_4 çözeltisi ile karıştırılması sonucunda şarap kırmızısı rengin oluşumu gözlenmiştir. Altın nanopartiküller 538 nm dalga boyunda ve 26.49 ± 6.21 boyut dağılımına sahiptir. FTIR ile altın nanopartiküllerin fonksiyonel grupları XRD ile de kristal yapıları ortaya çıkarılmıştır. Zeta potansiyeli -32mV iken PI değerinin 0.335 olduğu belirlenmiştir.

Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin sentez sürecinde ise *Cyclotrichium origanifolium* ekstraktının ile AgNO_3 çözeltisi ile karıştırılması neticesinde kahverengi rengin oluşumu gözlenmiştir. Gümüş nanopartiküller 423 nm dalga boyunda ve 26.01 ± 8.73 boyut dağılımına sahiptir. FTIR ile altın nanopartiküllerin fonksiyonel grupları XRD ile de kristal yapıları ortaya çıkarılmıştır. Zeta potansiyeli -25.94 mV iken PI değerinin 0.243 olduğu belirlenmiştir.

Karakterizasyon başmaklarının ardından ekstrakt, altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Aynı zamanda yapılan literatür taraması sonucunda *Cyclotrichium origanifolium*'dan geleneksel yöntem ile elde edilmiş su ekstraktından altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktivitesinin araştırılması hakkında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ekstraktın ABTS aktivitesi 53.67 mg TE/g, DPPH aktivitesi 50.17 mg TE/g, CUPRAC aktivitesi 154.32 mg TE/g, FRAP aktivitesi 98.51 mg TE/g ve fosfomolibdat aktivitesi 1.67 mmol TE/g, olarak

belirlenmiştir. Altın nanopartiküllerin CUPRAC aktivitesi 13.88 mg TE/g, FRAP aktivitesi 8.68 mg TE/g ve fosfomolibdat aktivitesi 0.08 mmol TE/g olarak belirlenmiştir. Gümüş nanopartiküllerin ABTS aktivitesi 13.27 mg TE/g, CUPRAC aktivitesi 28.46 mg TE/g, FRAP aktivitesi 18.86 mg TE/g ve fosfomolibdat aktivitesi 0.09 mmol TE/g, olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda ekstraktın, altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktivitesini belirleyen faktörleri tespit edebilmek için toplam fenolik içerik ve toplam flavonoid içerik testleri gerçekleştirilmiştir. Ekstraktın toplam fenolik içeriği 47.11 mg GAE/g, altın nanopartiküllerin toplam fenolik içeriği 4.59 mg GAE/g ve gümüş nanopartiküllerin toplam fenolik içeriği 5.42 mg GAE/g; ekstraktın toplam flavonoid içeriği 13.73 mg RE/g ve altın nanopartiküllerin toplam flavonoid içeriği 0.28 mg RE/g olarak belirlenmiştir.

5.2 Öneriler

Bu tez çalışmasında *Cyclotrichium origanifolium* bitkisinin nanopartikül sentezi için yeşil sentez yaklaşımdaki rolü, altın ve gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu, *Cyclotrichium origanifolium*'un ve sentezlenen altın ve gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktiviteleri hakkında sonuçlar yer almaktadır. Böylece nanoteknoloji biliminin ürünleri olan nanopartiküllerin sentezi için yeşil sentezin önemi vurgulanmıştır. Çalışmamızın yeşil sentez süreci bakımından sonraki çalışmalar için ilham kaynağı olması düşünülmektedir. Bununla birlikte *Cyclotrichium origanifolium* kullanılarak yeşil sentez yaklaşımı dahilinde farklı metal nanopartiküllerin farklı biyolojik aktiviteleri (antimikrobiyal, antibakteriyel, antiviral, antifungal, enzim inhibisyonu vb.) üzerine daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Aghamirzaei, M., Khiabani, M.S., Hamishehkar, H., Mokarram, R.R., ve Amjadi, M., 2021, Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of biosynthesized gold nanoparticles (AuNPs) from Chinese lettuce (CL) leaf extract (*Brassica rapa* var. *pekinensis*), *Materials Today Communications*, 29, 102831. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2021.102831>.
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B.L., ve Ikram, S., 2016, A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise, *Journal of Advanced Research*, 7, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.02.007>.
- Ajitha, B., Ashok Kumar Reddy, Y., ve Reddy, P.S., 2014, Biogenic nano-scale silver particles by *Tephrosia purpurea* leaf extract and their inborn antimicrobial activity, *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 121, 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.10.077>.
- Aktepe, N., Baran, A., Atalar, M.N., Baran, M.F., Keskin, C., Taşkin, A., Yavuz, Ö., Demirtaş, İ., Oğuz, E., ve Jahan, I., 2023, Analysis of bioactive compounds using LC–ESI–MS/MS, cytotoxic, antimicrobial effects, and enzyme activities from *Cyclotrichium organifolium*, *Chemical Biology and Drug Design*, 101, 740–748. <https://doi.org/10.1111/cbdd.14177>.
- Aktepe, N., Erbay, N., Baran, A., Baran, M. Fira., ve Keskin, C., 2022, Synthesis, characterization, and evaluation of the antimicrobial activities of silver nanoparticles from *Cyclotrichium organifolium* L., *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6, 426–434. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.3.12>.
- Anastas, P. ve Eghbali, N., 2010, Green Chemistry: Principles and Practice, *Chemical Society Reviews*, 39, 301–312. <https://doi.org/10.1039/b918763b>.
- Anjaneyulu, M. ve Chopra, K., 2004, Quercetin, an anti-oxidant bioflavonoid, attenuates diabetic nephropathy in rats, *Clinical and Experimental pharmacology and physiology*, 31, 244–248.
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S.E., Bektaşoğlu, B., Berker, K.I., ve Özyurt, D., 2007, Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay, *Molecules*, 12, 1496–1547. <https://doi.org/10.3390/12071496>.
- Aswathy Aromal, S. ve Philip, D., 2012, Green synthesis of gold nanoparticles using *Trigonella foenum-graecum* and its size-dependent catalytic activity, *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 97, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.05.083>.
- Aygün, A., Özdemir, S., Gülcan, M., Cellat, K., ve Şen, F., 2020, Synthesis and characterization of Reishi mushroom-mediated green synthesis of silver nanoparticles for the biochemical applications, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 178, 112970. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.112970>.
- Azarbani, F. ve Shiravand, S., 2020, Green synthesis of silver nanoparticles by *Ferulago macrocarpa* flowers extract and their antibacterial, antifungal and toxic effects, *Green Chemistry Letters and Reviews*, 13, 41–49. <https://doi.org/10.1080/17518253.2020.1726504>.
- Bağcı, Y., Erdoğan, R., ve Doğu, S., 2016, Sarıveliler (Karaman) ve Çevresinde Yetişen Bitkilerin Etnobotanik Özellikleri, *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 42, 84–107.

- Balciunaitiene, A., Viskelis, P., Viskelis, J., Streimikyte, P., Liaudanskas, M., Bartkiene, E., Zavistanaviciute, P., Zokaityte, E., Starkute, V., Ruzauskas, M., ve Lele, V., 2021, Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extract of *Artemisia absinthium* L., *Humulus lupulus* L. and *Thymus vulgaris* L., Physico-Chemical Characterization, Antimicrobial and Antioxidant Activity, *Processes*, 9, 1304.
- Bandeira, M., Giovanela, M., Roesch-Ely, M., Devine, D.M., ve da Silva Crespo, J., 2020, Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: A review of the synthesis methodology and mechanism of formation, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 15, 100223. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100223>.
- Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., ve Rizzolio, F., 2020, The history of nanoscience and nanotechnology: From chemical-physical applications to nanomedicine, *Molecules*, 25, 1–15. <https://doi.org/10.3390/molecules25010112>.
- Benzie, I.F.F. ve Strain, J.J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay, *Analytical biochemistry*, 239, 70–76.
- Beyersmann, D. ve Hartwig, A., 2008, Carcinogenic metal compounds: Recent insight into molecular and cellular mechanisms, *Archives of Toxicology*, 82, 493–512. <https://doi.org/10.1007/s00204-008-0313-y>.
- Binnig, G., Rohrer, H., Gerber, C., ve Weibel, E., 1982, Tunneling through a controllable vacuum gap, *Applied Physics Letters*, 40, 178–180. <https://doi.org/10.1063/1.92999>.
- Brand, M.D., 2010, The sites and topology of mitochondrial superoxide production, *Experimental Gerontology*, 45, 466–472. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2010.01.003>.
- Chen, S., Fan, Z., ve Carroll, D.L., 2002, Silver nanodisk: Synthesis, characterization and self-assembly, *Materials Research Society Symposium - Proceedings*, 740, 351–356. <https://doi.org/10.1557/proc-740-i10.11>.
- Chithambharan, A., Pottail, L., Mirle, R.M., Rajalakshmi, R., ve Ponnusamy, A., 2021, Bioinspired Gold Nanoparticle Synthesis Using *Terminalia bellerica* Fruit Parts and Exploring Their Anti-bacterial Potency In Vitro, *Indian Journal of Microbiology*, 61, 298–305. <https://doi.org/10.1007/s12088-021-00937-3>.
- Collins, T.J., 1995, Introducing Green Chemistry in Teaching and Research, *Journal of chemical education*, 72, 965–966.
- Dahl, J.A., Maddux, B.L.S., ve Hutchison, J.E., 2007, Toward greener nanosynthesis, *Chemical Reviews*, 107, 2228–2269. <https://doi.org/10.1021/cr050943k>.
- Deng, H., Zhou, Z., Yang, W., Lin, L. Sen, Wang, S., Niu, G., Song, J., ve Chen, X., 2020, Endoplasmic Reticulum Targeting to Amplify Immunogenic Cell Death for Cancer Immunotherapy, *Nano Letters*, 20, 1928–1933. <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.9b05210>.
- Deshpande, R., Bedre, M.D., Basavaraja, S., Sawle, B., Manjunath, S.Y., ve Venkataraman, A., 2010, Rapid biosynthesis of irregular shaped gold nanoparticles from macerated aqueous extracellular dried clove buds (*Syzygium aromaticum*) solution, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 79, 235–240. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2010.04.003>.
- Dhaka, A., Chand Mali, S., Sharma, S., ve Trivedi, R., 2023, A review on biological synthesis of silver nanoparticles and their potential applications, *Results in Chemistry*, 6, 101108. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.101108>.
- Dozio, E., Ruscica, M., Passafaro, L., Dogliotti, G., Steffani, L., Pagani, A., Demartini, G., Esposti, D., Fraschini, F., ve Magni, P., 2010, The natural antioxidant alpha-lipoic acid induces p27Kip1-dependent cell cycle arrest and apoptosis in MCF-7

- human breast cancer cells, *European Journal of Pharmacology*, 641, 29–34. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.05.009>.
- Erenler, R., Gecer, E.N., Hosaflioglu, I., ve Behcet, L., 2023, Green synthesis of silver nanoparticles using *Stachys spectabilis*: Identification, catalytic degradation, and antioxidant activity, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 659, 91–95. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2023.04.015>.
- Feynman, R.P., 1959, Plenty of Room at the Bottom, İçinde *In APS annual meeting* ((Boston)), ss. 1–7.
- Franzolin, M.R., Courrol, D.D.S., Barreto, S. de S., ve Courrol, L.C., 2022, Eugenia uniflora L. Silver and Gold Nanoparticle Synthesis, Characterization, and Evaluation of the Photoreduction Process in Antimicrobial Activities, *Microorganisms*, 10, 999. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050999>.
- Gao, Y., Jiang, P., Song, L., Liu, L., Yan, X., Zhou, Z., Liu, D., Wang, J., Yuan, H., Zhang, Z., Zhao, X., Dou, X., Zhou, W., Wang, G., ve Xie, S., 2005, Growth mechanism of silver nanowires synthesized by polyvinylpyrrolidone-assisted polyol reduction, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 38, 1061–1067. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/38/7/015>.
- Gecer, E.N., 2021, Green Synthesis of Silver Nanoparticles from *Salvia aethiopis* L. and Their Antioxidant Activity, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31, 4402–4409. <https://doi.org/10.1007/s10904-021-02057-3>.
- Ghosh, P., Han, G., De, M., Kim, C.K., ve Rotello, V.M., 2008, Gold nanoparticles in delivery applications, *Advanced Drug Delivery Reviews*, 60, 1307–1315. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2008.03.016>.
- Gokturk, R.S., Sagdic, O., Ozkan, G., Unal, O., Aksoy, A., Albayrak, S., Arici, M., ve Durak, M.Z., 2013, Essential Oil Compositions and Bioactivities of *Thymus revolutus* and *Cyclotrichium origanifolium*, *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 16, 795–805. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.813208>.
- Gomes, M.B. ve Negrato, C.A., 2014, Alpha-lipoic acid as a pleiotropic compound with potential therapeutic use in diabetes and other chronic diseases, *Diabetology and Metabolic Syndrome*, 6, 1–18. <https://doi.org/10.1186/1758-5996-6-80>.
- Gref, R., Minamitake, Y., Peracchia, M.T., Trubetskoy, V., Torchilin, V., ve Langer, R., 1994, Biodegradable long-circulating polymeric nanospheres, *Science*, 263, 1600–1603.
- Habib, A., Bibi, Y., Qayyum, I., ve Farooq, M., 2024, Hierarchical plant extracts in silver nanoparticles preparation: Minuscular survey to achieve enhanced bioactivities, *Heliyon*, 10, e24303. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24303>.
- Hemmati, S., Joshani, Z., Zangeneh, A., ve Zangeneh, M.M., 2020, Green synthesis and chemical characterization of *Thymus vulgaris* leaf aqueous extract conjugated gold nanoparticles for the treatment of acute myeloid leukemia in comparison to doxorubicin in a leukemic mouse model, *Applied Organometallic Chemistry*, 34, e5267. <https://doi.org/10.1002/aoc.5267>.
- Hong, W., Guohua, C., ve L., P.R., 1996, Total antioxidant capacity of fruits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 701–705. <https://doi.org/10.1021/jf950579y>.
- Huguet-Casquero, A., Gainza, E., ve Pedraz, J.L., 2021, Towards Green Nanoscience: From extraction to nanoformulation, *Biotechnology Advances*, 46, 107657. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107657>.
- Ijaz, I., Bukhari, A., Gilani, E., Nazir, A., Zain, H., Saeed, R., Hussain, S., Hussain, T., Bukhari, A., Naseer, Y., ve Aftab, R., 2022, Green synthesis of silver nanoparticles using different plants parts and biological organisms, characterization and

- antibacterial activity, *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 18, 100704. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100704>.
- Ijaz, I., Gilani, E., Nazir, A., ve Bukhari, A., 2020, Detail review on chemical, physical and green synthesis, classification, characterizations and applications of nanoparticles, *Green Chemistry Letters and Reviews*, 13, 59–81. <https://doi.org/10.1080/17518253.2020.1802517>.
- Jannathul Firdhouse, M. ve Lalitha, P., 2022, Biogenic green synthesis of gold nanoparticles and their applications – A review of promising properties, *Inorganic Chemistry Communications*, 143, 109800. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109800>.
- Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y.S., Dufresne, A., ve Danquah, M.K., 2018, Review on nanoparticles and nanostructured materials: History, sources, toxicity and regulations, *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9, 1050–1074. <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.98>.
- Jiao, Y., Wang, X., ve Chen, J. hua, 2021, Biofabrication of AuNPs using Coriandrum sativum leaf extract and their antioxidant, analgesic activity, *Science of the Total Environment*, 767, 144914. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144914>.
- Karabörklü, S., Azizoglu, U., Yilmaz, S., Ayvaz, A., ve Akdeniz, M., 2019, The chemical composition of cyclotrichium origanifolium essential oil and its insecticidal activity against four stored-product insect pests, *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences*, 72, 841–852. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2019.06.18>.
- Kaya, A., Başer, K.H.C., Satil, F., ve Tümen, G., 2000, Morphological and anatomical studies on Cyclotrichium origanifolium (Labill.) Manden. & Scheng. (Labiatae), *Turkish Journal of Botany*, 24, 273–278.
- Khandanlou, R., Murthy, V., ve Wang, H., 2020, Gold nanoparticle-assisted enhancement in bioactive properties of Australian native plant extracts, Tasmannia lanceolata and Backhousia citriodora, *Materials Science and Engineering C*, 112, 110922. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.110922>.
- Kilic, T., Karahan, A., Dirmenci, T., Arabaci, T., Kocabas, E., ve Goren, A.C., 2007, Essential oil compositions of some species of Cyclotrichium and antimicrobial activities, *Chemistry of Natural Compounds*, 43, 733–735. <https://doi.org/10.1007/s10600-007-0250-7>.
- Kouvaris, P., Delimitis, A., Zaspalis, V., Papadopoulos, D., Tsiapas, S.A., ve Michailidis, N., 2012, Green synthesis and characterization of silver nanoparticles produced using Arbutus Unedo leaf extract, *Materials Letters*, 76, 18–20. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.02.025>.
- Kumaran, A. ve Joel Karunakaran, R., 2007, In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five Phyllanthus species from India, *LWT-Food Science and Technology*, 40, 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.09.011>.
- Kuppusamy, P., Yusoff, M.M., Ichwan, S.J.A., Parine, N.R., Maniam, G.P., ve Govindan, N., 2015, Commelina nudiflora L. edible weed as a novel source for gold nanoparticles synthesis and studies on different physical-chemical and biological properties, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 27, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.11.045>.
- Lin, H.W., Wang, J.Y., Hsiao, V.K.S., ve Chu, C.C., 2020, “Green” Synthesis and antioxidant activity of thermally stable gold nanoparticles encapsulated in carbon nanosheets, *Applied Sciences*, 10, 2272. <https://doi.org/10.3390/app10072272>.
- Liu, J., Huang, M., Zhang, X., Hua, Z., Feng, Z., Dong, Y., Sun, T., Sun, X., ve Chen, C., 2022, Polyoxometalate nanomaterials for enhanced reactive oxygen species

- theranostics, *Coordination Chemistry Reviews*, 472, 214785. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2022.214785>.
- Loughran, P.A., Stolz, D.B., Vodovotz, Y., Watkins, S.C., Simmons, R.L., ve Billiar, T.R., 2005, Monomeric inducible nitric oxide synthase localizes to peroxisomes in hepatocytes, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 13837–13842. <https://doi.org/10.1073/pnas.0503926102>.
- Mansoori, G.A. ve Soelaiman, T.A.F., 2005, Nanotechnology - An introduction for the standards community, *Journal of ASTM International*, 2, 17–38. <https://doi.org/10.1520/JAI13110>.
- Milojević, S., 2012, Multidisciplinary cognitive content of nanoscience and nanotechnology, *Journal of Nanoparticle Research*, 14, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s11051-011-0685-4>.
- Montes-Avila, J., López-Angulo, G., Duarte-de-la-Peña, G., Díaz-Camacho, S.P., Osuna-Galindo, V.C., López-Valenzuela, J.Á., ve Delgado-Vargas, F., 2022, Antioxidant, Antibacterial, and Antiparasitary Activities of Green Nanoparticles Synthesized Using Water-Soluble Melanins of Fruits, *BioNanoScience*, 12, 228–240. <https://doi.org/10.1007/s12668-022-00940-y>.
- Muddapur, U.M., Alshehri, S., Ghoneim, M.M., Mahnashi, M.H., Alshahrani, M.A., Khan, A.A., Shakeel Iqbal, S.M., Bahafi, A., More, S.S., Shaikh, I.A., Mannasaheb, B.A., Othman, N., Maqbul, M.S., ve Ahmad, M.Z., 2022, Plant-Based Synthesis of Gold Nanoparticles and Theranostic Applications: A Review, *Molecules*, 27, 1–22. <https://doi.org/10.3390/molecules27041391>.
- Muller, F., 2000, The nature and mechanism of superoxide production by the electron transport chain: Its relevance to aging, *Journal of the American Aging Association*, 23, 227–253. <https://doi.org/10.1007/s11357-000-0022-9>.
- Muller, F.L., Liu, Y., ve Van Remmen, H., 2004, Complex III releases superoxide to both sides of the inner mitochondrial membrane, *Journal of Biological Chemistry*, 279, 49064–49073. <https://doi.org/10.1074/jbc.M407715200>.
- Muñoz-Écija, T., Vargas-Quesada, B., ve Chinchilla-Rodríguez, Z., 2017, Identification and visualization of the intellectual structure and the main research lines in nanoscience and nanotechnology at the worldwide level, *Journal of Nanoparticle Research*, 19, 62. <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3732-3>.
- Nayak, D., Ashe, S., Rauta, P.R., Kumari, M., ve Nayak, B., 2016, Bark extract mediated green synthesis of silver nanoparticles: Evaluation of antimicrobial activity and antiproliferative response against osteosarcoma, *Materials Science and Engineering C*, 58, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.022>.
- Özer, Z., 2019, The phenolic compounds, antioxidant and anticholinesterase activities of cyclotrichium organifolium (Labill.) manden & scheng and thymus sipyleus boiss teas from Turkey, *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia*, 64, 217–228. <https://doi.org/10.24193/subbchem.2019.3.18>.
- Philip, D., 2009, Biosynthesis of Au, Ag and Au-Ag nanoparticles using edible mushroom extract, *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 73, 374–381. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2009.02.037>.
- Powo, 2024, "powo.sciene.kew.org", Erişim tarihi 03.03.2024
- Prieto, P., Pineda, M., ve Aguilar, M., 1999, Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E, *Analytical Biochemistry*, 269, 337–341. <https://doi.org/10.1006/abio.1999.4019>.
- Rasheed, T., Bilal, M., Li, C., Nabeel, F., Khalid, M., ve Iqbal, H.M.N., 2018, Catalytic potential of bio-synthesized silver nanoparticles using *Convolvulus arvensis* extract

- for the degradation of environmental pollutants, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 181, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.02.024>.
- Rautela, A., Rani, J., ve Debnath (Das), M., 2019, Green synthesis of silver nanoparticles from *Tectona grandis* seeds extract: characterization and mechanism of antimicrobial action on different microorganisms, *Journal of Analytical Science and Technology*, 10, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40543-018-0163-z>.
- Reyes-Becerril, M., Ruvalcaba, F., Sanchez, V., López, M.G., Silva-Jara, J., Hernandez-Adame, L., ve Angulo, C., 2021, Green synthesis of gold nanoparticles using *Turnera diffusa* Willd enhanced antimicrobial properties and immune response in Longfin yellowtail leukocytes, *Aquaculture Research*, 52, 3391–3402. <https://doi.org/10.1111/are.15184>.
- Rohman, A. ve Man, Y.B.C., 2010, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for analysis of extra virgin olive oil adulterated with palm oil, *Food Research International*, 43, 886–892. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.12.006>.
- Rotimi, L., Ojemaye, M.O., Okoh, O.O., Sadimenko, A., ve Okoh, A.I., 2019, Synthesis, characterization, antimalarial, antitrypanocidal and antimicrobial properties of gold nanoparticle, *Green Chemistry Letters and Reviews*, 12, 61–68. <https://doi.org/10.1080/17518253.2019.1569730>.
- Ryu, S., Nam, S.H., ve Baek, J.S., 2022, Green Synthesis of Silver Nanoparticles (AgNPs) of *Angelica Gigas* Fabricated by Hot-Melt Extrusion Technology for Enhanced Antifungal Effects, *Materials*, 15, 7231. <https://doi.org/10.3390/ma15207231>.
- Sadeghi, B. ve Gholamhoseinpoor, F., 2015, A study on the stability and green synthesis of silver nanoparticles using *Ziziphora tenuior* (Zt) extract at room temperature, *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 134, 310–315. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.06.046>.
- Sahoo, B., Panigrahi, L.L., Das, R.P., Pradhan, A.K., ve Arakha, M., 2022, Biogenic Synthesis of Silver Nanoparticle from *Punica granatum* L. and Evaluation of Its Antioxidant, Antimicrobial and Anti-biofilm Activity, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 32, 4250–4259. <https://doi.org/10.1007/s10904-022-02441-7>.
- Saleh, T.A., 2020, Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities, *Environmental Technology and Innovation*, 20, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101067>.
- Schwegmann, H., Feitz, A.J., ve Frimmel, F.H., 2010, Influence of the zeta potential on the sorption and toxicity of iron oxide nanoparticles on *S. cerevisiae* and *E. coli*, *Journal of Colloid and Interface Science*, 347, 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.02.028>.
- Serrano, E., Rus, G., ve García-Martínez, J., 2009, Nanotechnology for sustainable energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 2373–2384. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.003>.
- Singh, V., Yadav, P., ve and Mishra, V., 2020, Recent advances on classification, properties, synthesis, and characterization of nanomaterials, İçinde *Green synthesis of nanomaterials for bioenergy applications* s. 83–97.
- Sivakavinesan, M., Vanaja, M., Lateef, R., Alhadlaq, H.A., Mohan, R., Annadurai, G., ve Ahamed, M., 2022, Citrus limetta Risso peel mediated green synthesis of gold nanoparticles and its antioxidant and catalytic activity, *Journal of King Saud University - Science*, 34, 102235. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102235>.

- Snezhkina, A. V., Kudryavtseva, A. V., Kardymon, O.L., Savvateeva, M. V., Melnikova, N. V., Krasnov, G.S., ve Dmitriev, A.A., 2020, ROS generation and antioxidant defense systems in normal and malignant cells, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2019/6175804>.
- Sujitha, M. V. ve Kannan, S., 2013, Green synthesis of gold nanoparticles using Citrus fruits (Citrus limon, Citrus reticulata and Citrus sinensis) aqueous extract and its characterization, *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 102, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.09.042>.
- Sumer, B., Tugce, T., Işık, F., ve Bijen, O., 2024, Green Synthesis of Silver Nanoparticles by Using Anthemis Tricolor Boiss ., Factorial Design for Parameter Optimization , Characterization and In-Vitro Biological Activities, *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 19, 32.
- Tabata, S., Ikeda, R., Yamamoto, M., Furukawa, T., Kuramoto, T., Takeda, Y., Yamada, K., Haraguchi, M., Nishioka, Y., Sone, S., ve Akiyama, S.I., 2012, Thymidine phosphorylase enhances reactive oxygen species generation and interleukin-8 expression in human cancer cells, *Oncology Reports*, 28, 895–902. <https://doi.org/10.3892/or.2012.1887>.
- Tadeusz, B., Jürgen, K., Wilfried, L., Hesterberg, R., Carl-Detmar, S., ve Klaus-Dieter, F., 1983, Distribution and properties of human intestinal diamine oxidase and its relevance for the histamine catabolism, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 756, 196–203.
- Tantra, R., Schulze, P., ve Quincey, P., 2010, Effect of nanoparticle concentration on zeta-potential measurement results and reproducibility, *Particuology*, 8, 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2010.01.003>.
- Tepe, B., Sokmen, M., Sokmen, A., Daferera, D., ve Polissiou, M., 2005, Antimicrobial and antioxidative activity of the essential oil and various extracts of *Cyclotrichium organifolium* (Labill.) Manden. & Scheng, *Journal of Food Engineering*, 69, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.024>.
- Thakkar, K.N., Mhatre, S.S., ve Parikh, R.Y., 2010, Biological synthesis of metallic nanoparticles, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 6, 257–262. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2009.07.002>.
- Titus, D., James Jebaseelan Samuel, E., ve Roopan, S.M., 2018, *Nanoparticle characterization techniques* Green Synthesis, Characterization and Applications of Nanoparticles (Elsevier Inc.).
- Tshobeni, Z.Z., January, J.L., Ngema, N.P.P., Jijana, A.N., Iwuoha, E.I., Mulaudzi, T., Douman, S.F., ve Ajayi, R.F., 2023, Thioglycolic acid-capped gold nanoparticle/cytochrome P450-2E1 electrochemical biosensor for isoniazid, *Sensing and Bio-Sensing Research*, 41, 100583. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2023.100583>.
- Tubives, 2024, "www.tubives.com", Erişim tarihi 03.03.2024
- Uvarov, V. ve Popov, I., 2013, Metrological characterization of X-ray diffraction methods at different acquisition geometries for determination of crystallite size in nano-scale materials, *Materials Characterization*, 85, 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2013.09.002>.
- Vijayakumar, S., 2019, Eco-friendly synthesis of gold nanoparticles using fruit extracts and in vitro anticancer studies, *Journal of Saudi Chemical Society*, 23, 753–761. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2018.12.002>.
- Vijayakumar, S., Vinayagam, R., Anand, M.A.V., Venkatachalam, K., Saravanakumar, K., Wang, M.H., Casimeer C, S., KM, G., ve David, E., 2020, Green synthesis of gold nanoparticle using *Eclipta alba* and its antidiabetic activities through

- regulation of Bcl-2 expression in pancreatic cell line, *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 58, 101786. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.101786>.
- Wahab, M., Bhatti, A., ve John, P., 2022, Evaluation of Antidiabetic Activity of Biogenic Silver Nanoparticles Using *Thymus serpyllum* on Streptozotocin-Induced Diabetic BALB/c Mice, *Polymers*, 14, 3138. <https://doi.org/10.3390/polym14153138>.
- Watters, J.L., Satia, J.A., Kupper, L.L., Swenberg, J.A., Schroeder, J.C., ve Switzer, B.R., 2007, Associations of antioxidant nutrients and oxidative DNA damage in healthy African-American and white adults, *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 16, 1428–1436. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-06-1030>.
- Wei, Z. ve Shiow, W.Y., 2001, Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs, *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 49, 5165–5170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038>.
- Wiley, B.J., Xiong, Y., Li, Z.Y., Yin, Y., ve Xia, Y., 2006, Right bipyramids of silver: A new shape derived from single twinned seeds, *Nano Letters*, 6, 765–768. <https://doi.org/10.1021/nl060069q>.
- Xu, J., Tian, W., Ma, X., Guo, J., Shi, Q., Jin, Y., Xi, J., ve Xu, Z., 2011, The Molecular Mechanism Underlying Morphine-Induced Akt Activation: Roles of Protein Phosphatases and Reactive Oxygen Species, *Cell Biochemistry and Biophysics*, 61, 303–311. <https://doi.org/10.1007/s12013-011-9213-5>.
- Yang, Z., Shahriari, M., Liang, Y., Karmakar, B., El-kott, A.F., AlShehri, M.A., Negm, S., ve Eltantawy, W., 2024, Biosynthesis of gold nanoparticles mediated by *Curcuma longa* extract: Evaluation of its catalytic activity for the degradation of environmental pollutants and study of anti-lung adenocarcinoma effects, *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 9, 100709. <https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2024.100709>.
- Yassin-Kassab, A., Wang, N., Foley, J., Stewart, T.M., Burns, M.R., Casero, R.A., Harbison, R.A., ve Duvvuri, U., 2023, Polyamine transport inhibition and cisplatin synergistically enhance tumor control through oxidative stress in murine head and neck cancer models, *Oral Oncology Reports*, 8, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.oor.2023.100123>.
- Zangeneh, M.M., Joshani, Z., Zangeneh, A., ve Miri, E., 2019, Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of *Stachys lavandulifolia* flower, and their cytotoxicity, antioxidant, antibacterial and cutaneous wound-healing properties, *Applied Organometallic Chemistry*, 33, e5016. <https://doi.org/10.1002/aoc.5016>.
- Zeng, J., Zheng, Y., Rycenga, M., Tao, J., Li, Z.Y., Zhang, Q., Zhu, Y., ve Xia, Y., 2010, Controlling the shapes of silver nanocrystals with different capping agents, *Journal of the American Chemical Society*, 132, 8552–8553. <https://doi.org/10.1021/ja103655f>.
- Zengin, G. ve Aktumsek, A., 2014, Investigation of antioxidant potentials of solvent extracts from different anatomical parts of *Asphodeline anatolica* E. Tuzlaci: An endemic plant to Turkey, *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11, 481–488.
- Zengin, G., Nithiyantham, S., Locatelli, M., Ceylan, R., Uysal, S., Aktumsek, A., Selvi, P.K., ve Maskovic, P., 2016, Screening of in vitro antioxidant and enzyme inhibitory activities of different extracts from two uninvestigated wild plants: *Centranthus longiflorus* subsp. *longiflorus* and *Cerintho minor* subsp. *auriculata*, *European Journal of Integrative Medicine*, 8, 286–292. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2015.12.004>.
- Zinchenko, A.A., Yoshikawa, K., ve Baigl, D., 2005, DNA-templated silver nanorings, *Advanced Materials*, 17, 2820–2823. <https://doi.org/10.1002/adma.200501549>.

