



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



*Persea americana* Mill. YAPRAKLARINDAN  
SENTEZLENEN GÜMÜŞ VE ALTIN  
NANOPARTİKÜLLERİN BİYOLOJİK  
AKTİVİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Büşra ADIGÜZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı

Haziran-2023  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ KABUL VE ONAYI

Büşra ADIGÜZEL tarafından hazırlanan “*Persea americana* Mill. Yapraklarından Sentezlenen Gümüş ve Altın Nanopartiküllerin Biyolojik Aktivitelerinin Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 22/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Gökhan ZENGİN

.....

#### Danışman

Prof. Dr. Gökâl Özmen GÜLER

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇETİN

.....

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

**Prof. Dr. Şerife Yurdagül KUMCU**  
**FBE Müdürü**

Bu tez çalışması Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından 2213MER03001 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.

Büşra ADIGÜZEL

Tarih: 22/06/2023

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### *Persea americana* Mill. YAPRAKLARINDAN SENTEZLENEN GÜMÜŞ ve ALTIN NANOPARTİKÜLLERİN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Büşra ADIGÜZEL

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
NANOBİLİM ve NANOMÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

2023, 83 Sayfa

Jüri

Danışman Prof. Dr. Gökalp Özmen GÜLER

Prof. Dr. Gökhan ZENGİN

Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇETİN

Nanoteknolojinin bilim ve teknoloji içerisinde multidisipliner bir alan olması sayesinde özellikle nanopartiküllerin üretimi ve kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Ayrıca, dünyadaki değişimin bir sonucu olarak inovatif ve ekolojik olarak çevre dostu bilimsel yöntemlerin geliştirilmesine olan ilgi de artmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, *Persea americana* Mill. (Avokado) yaprak ekstraktları aracılığıyla gümüş ve altın nanopartikül sentezi gerçekleştirmek ve sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin biyolojik aktivitesini incelemektir. *Persea americana* Mill., endüstriyel tarıma ihtiyaç duymadan doğal olarak yetişebilen ve aynı zamanda Akdeniz bölgesinde de kültürü yapılabilen bir bitkidir. Ayrıca içerdiği temel besinler ile hem meyveleri hem de yaprakları ile farmakolojik, kozmetik, diyetetik açıdan önemli bir yer tutmaktadır. Bundan hareketle yapılmış olan bu tez çalışmasında *Persea americana* Mill. (Avokado) yapraklarından su ekstraktı hazırlanmış, daha sonra yeşil sentez yaklaşımı ile gümüş ve altın nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gümüş nanopartikül sentezi sonucunda sarıdan kahverengiye dönen çözelti rengi oluşmuş, altın nanopartiküllerde de altın sarısı renginden kırmızımsı renge dönüşen çözelti rengi gözlemlenmiştir. Nanopartikülleri yapısal ve morfolojik açıdan incelemek amacıyla ultra-viyole (UV-Vis) spektroskopisi, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR), taramalı geçirimli elektron mikroskopisi (STEM), X-ray difraktometresi (XRD), nanopartikül boyut ve Zeta potansiyeli ölçümü gibi çeşitli yöntemlerden yararlanılmıştır. Karakterizasyon bulgularına bakıldığında gümüş nanopartiküller genellikle küresel şekle sahip olan ve ortalama  $12.18 \pm 2.18$  nm aralığında görülmekte iken altın nanopartiküllerin de küresel ve üçgen şekilli morfolojiye sahip ve ortalama  $14.84 \pm 3.99$  nm boyutlarında olduğu tespit edilmiştir. Avokado yaprak ekstraktı ve yaprak ekstraktından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde tayininin yanı sıra toplam antioksidan kapasite (fosfomolibdat), DPPH, ABTS, CUPRAC, FRAP ve metal şelatlama gibi çeşitli metotlar kullanılarak antioksidan aktivite testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan antioksidan testlerinde gümüş nanopartiküllerin Fosfomolibdat aktivitesi 0.29 mmol TE/g, DPPH aktivitesi 20.94 mg TE/g, ABTS aktivitesi 25.66 mg TE/g, CUPRAC aktivitesi 61.39 mg TE/g, FRAP aktivitesi 41.99 mg TE/g olarak tespit edilmişken altın nanopartiküllerin ise Fosfomolibdat aktivitesi 0.05 mmol TE/g, DPPH aktivitesi 28.14 mg TE/g, ABTS aktivitesi 1.40 mg TE/g, CUPRAC aktivitesi 35.50 mg TE/g, FRAP aktivitesi 21.48 mg TE/g olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar avokado yaprak ekstraktının ve ekstraktan sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin antioksidan etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Altın nanopartikül, Avokado, Biyolojik aktivite, Biyosentez, Gümüş nanopartikül, Nanoteknoloji, *Persea americana*, Yeşil sentez.

## ABSTRACT

### MS THESIS

#### ASSESSMENT OF BIOLOGICAL ACTIVITIES OF SILVER AND GOLD NANOPARTICLES SYNTHESIZED FROM *Persea americana* Mill. LEAVES

Büşra ADIGÜZEL

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. Gokalp Ozmen GULER

2023, 83 Pages

Jury

Advisor Prof. Dr. Gokalp Ozmen GULER

Prof. Dr. Gokhan ZENGIN

Asst. Prof. Kemal CETIN

Nanotechnology, due to its multidisciplinary fields within the of science and technology, has gained popularity, especially in the production and use of nanoparticles. Additionally, there is an increasing interest in the development of innovative and environmentally friendly scientific methods as a result of global changes. The aim of this thesis is to perform silver and gold nanoparticles synthesis through leaf extract of *Persea americana* Mill. (avocado) and examine the biological activities of synthesized silver and gold nanoparticles. *Persea americana* Mill. is a plant that can naturally grow without need for industrial agriculture and can be also cultivated in the Mediterranean region. It holds an important place in terms of pharmacological, cosmetics, and dietary aspects with both its fruits and leaves containing essential nutrients. In this prepared thesis, leaf extract was prepared from *Persea americana* Mill. (avocado), and then silver and gold nanoparticle synthesis was carried out using a green synthesis approach. According to obtained results, the solution color turned from yellowish to reddish-brown in the case of silver nanoparticle synthesis while the solution color changed from yellow to red in gold nanoparticle synthesis. Various methods such as ultraviolet-visible (UV-Vis) spectroscopy, Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), scanning transmission electron microscopy with energy-dispersive X-ray spectroscopy (STEM), X-ray diffraction (XRD), nanoparticle size and Zeta potential measurements were utilized to examine the nanoparticles structurally and morphologically. When the characterization findings are examined, it is determined that silver nanoparticles generally have a spherical shape and are observed in the range of approximately  $12.18 \pm 2.18$  nm, while gold nanoparticles exhibit both spherical and triangular morphologies with average dimensions of  $14.84 \pm 3.99$  nm. Antioxidant activity tests were performed using various methods, including total phenolic and total flavonoid substance, as well as total antioxidant capacity (phosphomolybdate), DPPH, ABTS, CUPRAC, FRAP, and metal chelation for avocado leaf extract and silver and gold nanoparticles synthesized from the extract. In the antioxidant tests, silver nanoparticles exhibited phosphomolybdate activity of 0.29 mmol TE/g, DPPH activity of 20.94 mg TE/g, ABTS activity of 25.66 mg TE/g, CUPRAC activity of 61.39 mg TE/g, and FRAP activity of 41.99 mg TE/g, while gold nanoparticles showed phosphomolybdate activity of 0.05 mmol TE/g, DPPH activity of 28.14 mg TE/g, ABTS activity of 1.40 mg TE/g, CUPRAC activity of 35.50 mg TE/g, and FRAP activity of 21.48 mg TE/g. The obtained results demonstrated that avocado leaf extract and nanoparticles synthesized from the extract has antioxidant effects.

**Keywords:** Avocado, Biological activity, Biosynthesis, Green synthesis, Gold nanoparticle, Nanotechnology, *Persea americana*, Silver nanoparticle.

## ÖNSÖZ

Dünya'daki bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hızlı yaşandığı süreçte fizik, kimya, biyoloji ve matematik gibi temel bilimlerde çeşitli çalışmalar yürüten araştırmacılar Richard Feynman'ın 1960'larda nanoteknoloji ve nanomühendislik meşalesini yaktığı bu alanda son zamanlarda oldukça özgün ve inovatif katkılarda bulunmaya devam etmektedir. Özellikle nano boyutlarda madde sentezi, tasarlanması ve moleküler üretim gibi bilimsel konularda farklı yöntemler geliştirilmektedir. Dolayısıyla bilimsel çalışmalarda gelenek kabul edilen bazı yöntemlere alternatif olan potansiyel yöntemler ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi yeşil sentez olan ve kısa sürede geniş kitlelere yayılmış modern bir yöntemdir. Yeşil sentez yöntemi kolayca benimsenerek insanlığın modern çağda yaşadığı herkesçe bilinen iklimsel ve çevresel sorunları hepten yok edemese bile vereceği zararı azaltmak amacıyla birçok bilimsel araştırmanın merkezinde yer almıştır.

Dünya'da olduğu gibi Türkiye'deki bilim insanları da yeşil sentez konusu üzerine eğilmiş ve son yirmi yıldır bu konu hakkında tezlerin ve bilimsel yayınların yapıldığı görülmüştür. Yeşil sentez yöntemi ile nanopartikül sentezi çalışma konusunda literatür taraması yapılarak Türkiye'de kültürel olarak yetiştirilen *Persea americana* Mill. (avokado) bitkisi ile ilgili çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Yapılmış olan bu tez çalışmasında avokado yapraklarının gümüş ve altın nanopartikül sentezi için elverişli olup olmadığını ve yeşil sentez yöntemi ile *Persea americana* Mill. (avokado) yaprak ekstraktı kullanılarak gümüş ile altın nanopartikül sentezi ve sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin antioksidan aktivitesi incelenmiştir.

Tez çalışmasını gerçekleştirebilmek için 2213MER03001 nolu proje ile destek veren Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne, tez çalışmasındaki laboratuvar süreçlerinin yürütülmesini sağlayan ve yardımcı olan Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin kıymetli personel ve öğrencilerine, BİTAM'da tez çalışmalarını yürütürken değerli bilgiler edindiğim ve paylaştığım çalışma arkadaşlarım olan Tevfik Hoca, İbrahim, Mehmet Emin, Ainur, Melek ve İrem Sena'ya teşekkür ederim.

Tez çalışması boyunca şahsıma rehber olan, yönlendiren, önerilerde bulunan ve yardım etmek konusunda kendimi hiç esirgenmiş hissetmediğim Sayın Dr. Öğretim Üyesi Kemal Çetin'e, antioksidan çalışmaları için katkıları ve yardımları ile sayın Prof. Dr. Gökhan ZENGİN'e ve tez danışmanlığımı üstlenen kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Gökçalp Özmen GÜLER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini arkamda her daim hissettiren ve istisnasız her koşulda yanımda olan çok kıymetli ADIGÜZEL ailesine, emeğiyle çalışan ve bu hayatta insanlık adına bir iz bir doku bırakmaya gayret eden, ilimde ve bilimde hayat boyu öğrenmeyi felsefe edinen insanlara bu tez çalışmasını ithaf ederim.

Büşra ADIGÜZEL  
KONYA-2023

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
TABLO DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Bilimin Multidisipliner Hali: Nanobilim ve Nanomalzemeler .....	4
2.2. Gümüş ve Altın Nanopartiküller .....	6
2.3. Nanopartikül Sentezleme Yaklaşımları .....	11
2.4. Botanik Tanımlamalar .....	13
2.4.1. <i>Familia: Lauraceae (Defnegiller)</i> .....	13
2.4.2. <i>Genus: Persea</i> Mill. ....	14
2.4.3. <i>Species: Persea americana</i> Mill. (Avokado) .....	14
2.5. <i>Persea americana</i> Mill. (Avokado) Üzerine Yapılan Akademik Çalışmalar .....	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	21
3.1. Bitki Materyali.....	21
3.2. Bitki Ekstraksiyonu İşlemleri.....	21
3.2.1. Ekstraksiyon Öncesinde Bitkinin Hazırlanması .....	21
3.2.2. Avokado Yaprağından Su Ekstraktı Eldesi .....	22
3.3. Nanopartiküllerin Sentezi .....	23
3.3.1. Gümüş Nanopartikülün Sentezi .....	23
3.3.2. Altın Nanopartikülün Sentezi .....	26
3.3.2.1. Stok H <sub>2</sub> AuCl <sub>4</sub> Çözeltisinin Hazırlanması.....	26
3.3.2.2. Altın Nanopartikül Sentezleme İşlemleri .....	26
3.4. Karakterizasyonların Gerçekleştirilmesi.....	27
3.5. Gümüş ve Altın Nanopartiküllerin Biyolojik Aktivitesi.....	28
3.5.1. Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi için Metotlar.....	28
3.5.1.1. Toplam Antioksidan Kapasite Testi.....	28
3.5.1.2. DPPH ve ABTS Aktivite Testleri .....	29
3.5.1.3. FRAP ve CUPRAC İndirgeme Testleri.....	29
3.5.1.4. Metal Şelatlama Aktivitesi .....	30
3.5.1.5. Toplam Fenolik Madde Testi.....	30
3.5.1.6. Toplam Flavonoid Madde Testi.....	30

<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>31</b>
4.1. Gümüş Nanopartikül Sentezi.....	31
4.2. Altın Nanopartikül Sentezi.....	32
4.3. Karakterizasyon Analiz Bulguları .....	32
4.3.1. UV- Vis-NIR Spektroskopi Bulguları.....	32
4.3.1.1. Gümüş Nanopartiküllerin UV-Vis-NIR Spektrumu .....	33
4.3.1.2. Altın Nanopartiküllerin UV-Vis-NIR Spektrumu.....	34
4.3.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrum (FT-IR) Bulguları.....	34
4.3.2.1. Gümüş Nanopartikül FT-IR Grafiği.....	35
4.3.2.2. Altın Nanopartikül FT-IR Grafiği.....	35
4.3.3. Taramalı Geçirimli Elektron Mikroskopisi (STEM) ve SEM Bulguları .....	36
4.3.3.1. Gümüş Nanopartikül .....	36
4.3.3.2. Altın Nanopartikül .....	38
4.3.4. X-ray Difraksiyon Bulguları.....	41
4.3.4.1. Gümüş Nanopartikül .....	41
4.3.4.2. Altın Nanopartikül .....	42
4.3.5. Nanopartikül Boyutu ve Zeta Potansiyeli .....	43
4.4. Avokado Yaprak Ekstraktı, Gümüş ve Altın Nanopartiküllerin Biyolojik Aktivite Bulguları .....	46
4.4.1. Toplam Antioksidan Kapasitesi.....	46
4.4.2. DPPH ve ABTS Aktiviteleri .....	47
4.4.3. CUPRAC ve FRAP Aktiviteleri .....	48
4.4.4. Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Test Sonuçları.....	50
4.4.5. Metal Şelatlama Aktivitesi .....	50
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>51</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>53</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

<b>nm</b>	Nanometre
<b>mg</b>	Miligram
<b>µg</b>	Mikrogram
<b>g</b>	Gram
<b>mmol</b>	Milimol
<b>mM</b>	Milimolar
<b>TE</b>	Troloks eşitliği
<b>°C</b>	Santigrat derece
<b>mL</b>	Mililitre
<b>rpm</b>	Dakikadaki devir sayısı
<b>pH</b>	Çözeltideki asitlik veya bazlık derecesi.
<b>µm</b>	Mikrometre
<b>θ</b>	Theta
<b>keV</b>	Elektron volt
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Ag</b>	Gümüş
<b>Fe</b>	Demir
<b>Mo</b>	Molibden
<b>AgNO<sub>3</sub></b>	Gümüş nitrat
<b>HAuCl<sub>4</sub></b>	Kloraurik asit
<b>FeCl<sub>3</sub></b>	Demir (III) klorür
<b>CuCl<sub>2</sub></b>	Bakır (II) klorür
<b>FeCl<sub>2</sub></b>	Demir (II) klorür

## **Kısaltmalar**

<b>STEM</b>	Taramalı geçirimli elektron mikroskobu
<b>TEM</b>	Geçirimli elektron mikroskobu
<b>AFM</b>	Atomik kuvvet mikroskobu
<b>UV-Vis-NIR</b>	Ultraviyole, görünür ışık ve yakın kızılötesi spektrum
<b>FT-IR</b>	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
<b>XRD</b>	X-Işınları Difraktometresi
<b>EDX</b>	Enerji dağılımlı X-Işını spektroskopisi
<b>DPPH</b>	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
<b>ABTS</b>	2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)
<b>CUPRAC</b>	Bakır iyonu indirgeme gücü antioksidan kapasite
<b>FRAP</b>	Demir iyonu indirgeme gücü antioksidan kapasite
<b>TPTZ</b>	2, 4, 6-tripiridil-s-tirazin
<b>EDTA</b>	Etilendiamin tetraasetik asit
<b>0-D</b>	Sıfır boyutlu
<b>1-D</b>	Bir boyutlu
<b>2-D</b>	İki boyutlu
<b>3-D</b>	Üç boyutlu
<b>MÖ</b>	Milattan önce
<b>HPLC-DAD</b>	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
<b>MCF-7</b>	Meme kanseri hücre dizisi, Michigan cancer foundation-7
<b>PTZ</b>	Pentilentetrazol
<b>PCT</b>	Pikrotoksin
<b>BCL</b>	Bicuculinne
<b>A549</b>	Adenokarsinom hücre hattı, akciğer kanseri hücre hattı

## TABLO DİZİNİ

<b>Tablo 2.1.</b> Nanopartikül sentezinde kullanılan bitkisel kaynaklar .....	10
<b>Tablo 3.1.</b> Avokadonun taksonomik sınıflandırılması. ....	21
<b>Tablo 4.1.</b> Nanopartiküllerin FT-IR spektrumları. ....	34
<b>Tablo 4.2.</b> Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin antioksidan aktivitesi.....	46
<b>Tablo 4.3.</b> Yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin radikal süpürme potansiyeli sonuçları.....	47
<b>Tablo 4.4.</b> Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgeme gücü kapasitesi sonuçları.....	50
<b>Tablo 4.5.</b> Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin toplam fenolik ve flavonoid içeriği.....	50
<b>Tablo 4.6.</b> Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin metal şelatlama aktivitesi.....	50



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Nanomalzemelerin sınıflandırılmasını özetleyen bir diyagram. ....	5
Şekil 2.2. Nanomalzeme sentezlemek için kullanılan yöntemler. ....	13
Şekil 2.3. <i>Persea americana</i> (avokado) meyvesi. ....	14
Şekil 3.1. Avokado yaprakları ve avokado yapraklarının öğütülmüş görünümü. ....	22
Şekil 3.2. (a) distile su-bitki tozu, (b) ekstraksiyon çözeltisi karışımı. ....	22
Şekil 3.3. (a-b) Avokado yaprağından su ekstraktı elde etme uygulaması, (c) ekstraktın süzgeçten geçirilmesi, (d) avokado su ekstraktı, (e) liyofilizatörden çıkmış avokado toz ekstraktı. ....	23
Şekil 3.4. (a) (2 mg/mL) ekstrakt-su çözeltisi, (b) AgNO <sub>3</sub> çözeltisi. ....	24
Şekil 3.5. Gümüş nanopartikülün geleneksel metotla yeşil sentezi. ....	24
Şekil 3.6. (a) Santrifüj edilmeden önceki görünümü, (b) santrifüj işlemi sonrası nanopartiküllerin görünümü. ....	25
Şekil 3.7. Santrifüjden sonra süpernatant çekilmesi ve vortekslenerek partiküllerin karıştırılması. ....	25
Şekil 3.8. Gümüş nanopartikül bulunan numune örneği. ....	25
Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan H <sub>2</sub> AuCl <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O çözeltisi. ....	26
Şekil 3.10. (a) avokado yaprak ekstraktı (1 mg/mL), (b) 1 mM H <sub>2</sub> AuCl <sub>4</sub> çözeltisi. ....	26
Şekil 3.11. Altın nanopartiküllerin yeşil sentezi. ....	27
Şekil 3.12. Altın nanopartikül içeren toz numune tüpü örneği. ....	27
Şekil 4.1. (1) numaralı fotoğraf sentezin başlangıcındaki çözelti rengini, (2) Sentez sonrası meydana gelen çözelti rengini göstermektedir. ....	31
Şekil 4.2. Altın nanopartikül sentezinin renk değişimi ....	32
Şekil 4.3. Avokado yaprak ekstraktı, altın ve gümüş nanopartiküllerin UV-Vis-NIR spektrum grafiği. ....	33
Şekil 4.4. Gümüş nanopartiküllerin ve yaprak ekstraktının UV-Vis-NIR spektrum grafiği. ....	33
Şekil 4.5. Altın nanopartiküllerin ve avokado yaprak ekstraktının UV-Vis-NIR spektrum grafiği. ....	34
Şekil 4.6. Gümüş nanopartikülün FT-IR grafiği. ....	35
Şekil 4.7. Avokado yaprak ekstraktı ile altın nanopartikülün FT-IR spektrum grafiği. ....	36
Şekil 4.8. Gümüş nanopartiküllerin boyut dağılım grafiği. ....	37
Şekil 4.9. Biyosentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin farklı oranlarda büyütülmüş STEM görüntüleri. ....	38
Şekil 4.10. Gümüş nanopartikülün SEM spektrum grafiği. ....	38
Şekil 4.11. Altın nanopartiküllerin boyut dağılım grafiği. ....	40
Şekil 4.12. Avokado yaprağından sentezlenmiş altın nanopartiküllerin farklı oranlarda büyütülmüş STEM görüntüleri. ....	40
Şekil 4.13. Altın nanopartikülün SEM spektrum grafiği. ....	41
Şekil 4.14. Gümüş Nanopartikülün XRD grafiği. ....	42
Şekil 4.15. Altın Nanopartikülün XRD spektrum grafiği. ....	43
Şekil 4.16. Gümüş nanopartiküllerin parçacık boyut dağılımı. ....	44
Şekil 4.17. Altın nanopartiküllerin parçacık boyut dağılımı. ....	45
Şekil 4.18. Altın nanopartikülün zeta potansiyel grafiği. ....	45
Şekil 4.19. Avokado yaprak ekstraktın, gümüş ve altın nanopartiküllerin DPPH ve ABTS aktivite grafiği. ....	47
Şekil 4.20. Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgeme gücü. ....	49

## 1. GİRİŞ

Nanoteknoloji, bilimsel bir ivme kazanarak geniş bir alana yayılmaktadır. Bu teknoloji, maddeleri 1 ila 100 nanometre arasında tasarlanmasına olanak verir ve yeni ürün ve hizmetler geliştirmeyi vaat etmektedir (Erkoç, 2020). Nanoteknolojinin kapsamında bulunan nanopartiküller de 1 ila 100 nm arasında boyuta sahip olan lipit bazlı, inorganik-metal, organik-metal, metal oksit ya da karbondan üretilen nanomalzemelerdir (Kalidas ve Pranav, 2022). Metal nanopartiküllerin sahip olduğu birtakım optik ve fizikokimyasal özellikleri nedeniyle kullanıldığı görülmektedir (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018; Lee ve Jun, 2019).

Nanoteknoloji uygulamalarında nanopartikül sentezlemek için birçok yöntem bulunmaktadır (Kanwar vd., 2022). Bu yaklaşıma göre nanomalzemenin yukarıdan aşağıya veya aşağıdan yukarıya şeklinde sentezleneceği planlanmaktadır. Bu yöntemler; fiziksel, kimyasal ve biyosentez olarak sınıflandırılmaktadır (Bharadwaj Kumar vd., 2021; Javed vd., 2023). Metal nanopartikül sentezleme çalışmalarında elektrokimyasal ve fotokimyasal indirgeme gibi kimyasal yöntemler; termal, difüzyon ve elektroliz gibi fiziksel yöntemlerin yanı sıra bakteri, mantar, alg ve bitkiler gibi biyolojik organizmalar kullanılarak yeşil sentez yaklaşımı olarak da bilinen nanopartikül sentezleme yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Baran, 2017, 2021; Çiftçi, 2021). Fiziksel ve kimyasal sentezleme yöntemlerinde nanopartiküllerin stabilizasyonu için sitrat, hidrazin gibi kimyasal stabilizatörler kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasallar hem pahalı hem de toksisiteye neden olmaktadır. Bu endişelerin giderilmesi amacıyla mevcut yöntemlere alternatif olarak son yıllarda biyolojik yaklaşım benimsenmektedir (Das vd., 2017; Forough ve Fahadı, 2011).

Biyolojik yaklaşımda fitokimyasalların rolü sayesinde diğer yöntemlere göre bir stabilizatöre ihtiyaç duyulmaması, basit bir şekilde uygulanabilir olması, ekonomik, enerji ve zamandan tasarruf sağlamasıyla avantajlı bir yöntem olduğu bulgulanmıştır (Gebre, 2022). Biyolojik kaynaklar kullanılarak üretilen nanopartiküllerin üretimi diğer yöntemlere göre nispeten daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. Biyosentez yaklaşımı ile gerçekleştirilen üretim çevre dostu ve güvenilirdir. Bu nedenle diğer metotlar arasında güçlü bir yöntem olma potansiyelini günden güne arttırmaktadır (Yavuz ve Yılmaz, 2021). Yeşil sentez yaklaşımı, diğer yöntemlere göre minimum seviyede toksik etkisi nedeniyle son yıllarda benimsenmektedir (Rafique vd., 2017). Ayrıca nanopartikül üretiminde kontrolün sağlanabilir olması araştırmacılar tarafından yeşil sentez veya biyosentez yöntemini tercih edilebilir kılmaktadır.

Nanopartikül sentezinde istenilen metalin elde edilebilmesi için sodyum borohidrit, sodyum hidroksit ve diazan gibi indirgeyici ajanlar kullanılmaktadır (Esmeray ve Özata, 2019). Fakat yeşil sentez yönteminde kullanılan biyolojik indirgeyici ajanlar biyolojik organizmalar ya da bitkisel moleküllerdir (Pandit vd., 2022). Bu nedenle nanopartikül sentezlemek için aracı olarak bakteri, mantar, arke, maya, alg veya bitkilerden yararlanılabilmektedir (Aboelfetoh vd., 2017; Mohandoss vd., 2023; Rajkumar vd., 2021). Nanoteknolojik ürünlerin geliştirilmesinde bitkilerden yararlanılması sonucu ürünlerin hem çevre dostu hem de uzun ömürlü olması yeşil sentez yönteminin daha güvenilir olduğunu göstermektedir (Ersöz vd., 2018). Dolayısıyla başarılı bir nanopartikül sentezlemek için kullanılan bitkilerin belirli özelliklere sahip olması gerektiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalara bakıldığında sıklıkla tıbbi ve aromatik bitkilerin tercih edildiği görülmektedir (Shaikh vd., 2021). Çünkü bu tür bitkiler doğal antioksidan kaynağı olmakla birlikte zengin metabolit bileşikleri de içermektedir. Böylece medikal, ilaç ve diğer uygulama alanları için biyoyumluluk özelliği de sağlamaktadır (Shafiq vd., 2021).

Metal nanopartiküllerin yapılan çalışmalara göre antibakteriyel, antiviral ve antioksidan gibi biyolojik aktivitelerinin bulunduğunu bildiren bilimsel çalışmaların olduğu görülmektedir (Donga ve Chanda, 2022; Guleria vd., 2022). *Vicia faba* ekstraktı kullanılarak gümüş ve altın nanopartikül sentezi yapılmış ve katalitik, antibakteriyel, antifungal ve antikanser özellikleri araştırılmıştır (Shirzadi-Ahodashti vd., 2022). *Pyracantha coccinea*'dan sentezlenen gümüş nanopartiküllerin bitki hücre ve doku kültürlerindeki eksplantların yüzeysel sterilizasyonunda etil alkol ve sodyum hipoklorit yerine kullanılabileceği Nartop (2016) tarafından bildirilmiştir.

Aydın ve Pehlivanoğlu (2019), *Rosmarinus officinalis* özütüyle sentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin meme kanseri tedavisinde antikanser ajan olarak kullanma potansiyelini belirtmiştir. Diş hekimliği alanında da metal nanopartiküllerin ağız patojenlerinde etkili bir dezenfeksiyon ve antimikrobiyal etki gösterdiği ve biyomalzeme olarak kullanılabilirliğini ortaya koyan çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Shabankareh vd., 2023).

Gümüş ve altın nanopartikül üretiminde fizikokimyasal yöntemlerin yanında yeşil sentez ya da biyosentez yaklaşımı kullanılarak nanopartikül sentezinin yapıldığı anlaşılmaktadır (Kumar vd., 2018; Patel vd., 2023). Gümüş nanopartiküllerin antioksidan (Bhakya vd., 2016; Mini vd., 2023), antibakteriyel (Bhardwaj vd., 2018; Castillo-Henríquez vd., 2020), antiviral, antifungal (Gibala vd., 2021) ve antikanser

(Ratan vd., 2020; Zubair vd., 2022) özellikler gösterdiği birçok potansiyel çalışma ile ortaya konmuştur. Gümüş nanopartikülü; bakteriler, mantarlar ve diğer patojenik organizmalar için güçlü inhibisyon etkinliği göstermektedir (Mudhafar vd., 2021). Bu etkileri nedeniyle oldukça tercih edilen nanopartiküllerden birisidir (Ahmed vd., 2016).

Altın nanopartiküllere bakıldığı zaman tıpkı gümüş nanopartikül gibi birçok biyolojik aktivite çalışmalarında kullanılmıştır. Literatüre bakıldığında altın nanopartiküllerin antimikrobiyal (Keskin vd., 2021), antiviral (Dehghani vd., 2022), antioksidan (Bakar vd., 2020), antikanser (Kasi vd., 2023), katalitik (López-Miranda vd., 2019) ve analjezik aktivite (Sui vd., 2022) etkisinin bulunduğu görülmektedir.

Türkiye, pek çok ticari, tıbbi ve aromatik bitkilere sahip olan ve doğal bitki çeşitliliği açısından dünyaca zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle nanopartikül çalışmaları için bitki çeşitliliği havuzu bakımından zengin bir kaynak sağlamaktadır (Baydar, 2020). Bu bilgilerden hareketle çevre dostu nanopartiküller birçok alanlarda uygulamalar için ciddi potansiyel taşımaktadır.

Türkiye’de Akdeniz bölgesinde kültürü ve ticareti yapılan *Persea americana* Mill. (Avokado); meyve, yaprak ve tohumlarında bulunan biyoaktif bileşenler bakımından zengin olmakla birlikte tıbbi olarak etkili ve kullanışlı bir ağaç olduğu görülmektedir (Tavlı ve Özkan, 2020). Bilimsel verilerin ışığında, aynı zamanda bu tez çalışmasındaki bitki materyalinin üyesi olduğu *Persea* cinsi bitkilerinin meyve ve tohum ekstraktları, ayrıca elde edilen aromatik yağlar üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında içerdiği zengin fitokimyasallar açısından antikanser (Alkhalaf vd., 2019), antioksidan (Isromarina vd., 2022; Murathan ve Kaya, 2020), antikonvülsan (Ojewole ve Amabeoku, 2006), anti-inflamatuvar (Ovalle-Marin vd., 2020), antiproliferatif (Tessalonica ve Roeslan, 2020), yumuşakça öldürücü (Silva vd., 2020), larvasit (Nallal vd., 2022) ve antibakteriyel (Selvam vd., 2020; Lillo vd., 2021) gibi birçok biyolojik aktivite bakımından potansiyelini ortaya koyan birçok çalışma bulunmaktadır (Arslantürk vd., 2019; Kavaz ve Ogbonna, 2019; Cerda-Opazo vd., 2021; Ahmed vd., 2022).

Bu tez çalışmasında *Persea americana* Mill. (avokado) yaprak ekstraktından gümüş ve altın nanopartiküller sentezlenmesi, karakterizasyonlarının farklı tekniklerle sergilenmesi ve gümüş ile altın nanopartiküllerin antioksidan aktivitelerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Bilimin Multidisipliner Hali: Nanobilim ve Nanomalzemeler

Bilim ve teknoloji alanında gerçekleşen olaylar son yirmi yıl içinde bilimi ve dünyayı git gide farklı bir noktaya taşımaktadır. Özellikle Richard Feynman “*There’s plenty of room at the bottom (Aşağıda çok yer var)*” diyerek nano boyuta dikkati çekmiştir (Feynman, 1960). Nanoteknolojinin bilimsel tarihine genel olarak bakıldığı zaman 1960’lı yıllarda ünlü fizikçi Richard Feynman’ın bir bilimsel toplantıda nanoteknolojiden bahsettiği bilinmektedir (Goddard III vd., 2007). Bu ünlü toplantının arkasından nano boyutlu yapılar hakkında daha fazla bilgi edinebilmek için görüntüleme tekniklerinin geliştirilmesi ise önemli bir bilimsel basamak olmuştur. 1974 yılında nanoteknoloji terimi ortaya atarak kullanan bilim insanı Tokyo Bilim Üniversitesi’nde Profesör Norio Taniguchi olmuştur (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018). Nano boyutlardaki yapıların görüntülenebilmesi amacıyla 1985 yılında Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından taramalı tünelleme (SEM) mikroskobunu geliştirilmiş, bunu takip eden 1986 yılında ise Calvin Quate, Christoph Gerber ve Gerd Binnig tarafından da atomik kuvvet mikroskobu (AFM) üretilmiştir (Ersöz vd., 2018). Tüm bu bilim ve teknolojik gelişmelerin yaşanmasında inceleme ve görüntüleme tekniklerinin payı günden güne büyümeye devam etmektedir (Lişesivdin ve Lişesivdin, 2014).

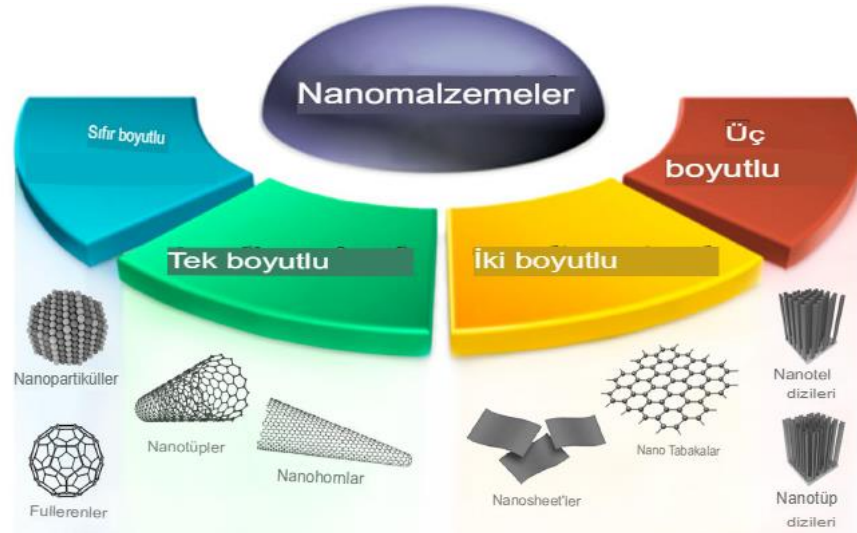
Nanobilim alanında öncü sayılan isimlerden Feynman’a göre nanoteknoloji için mevcut olan teknolojik becerilerin makro ölçekten daha küçük bir ölçeğe taşıma düşüncesinde olduğu söylenebilmektedir (Hall, 2009). Maddelerin ya da malzemelerin niteliklerinin geliştirilmesinde nanobilim ve nanoteknoloji ön plana çıkmaktadır. Henüz bir bilim disiplini olarak gençlik dönemini yaşayan nanobilim ve nanoteknoloji nihayetinde malzeme bilimi, gıda ve ambalajlama (Saka ve Terzi Gülel, 2015), uzay ve savunma teknolojileri, elektrik ve elektronik, bilgisayar teknolojileri, biyoteknoloji (Kumar vd., 2022), genetik mühendisliği, tıp, diş hekimliği ve biyomedikal (Tülü ve Kaya, 2020; Tüylek, 2021), fizik, kimya ve biyoloji gibi pek çok temel bilimlerin öncülüğünde bilimsel yenilikler getirmektedir (Erkoç, 2020). Böylece maddelerin, moleküllerin veya ürünlerin özelliklerine dair ayrıntılı bilgi edebilmek, daha özgün ve kullanışlı hale getirilmesine yardımcı olmaktadır.

Nano ölçekli kabul edilen ürünlerin en az bir boyutunun nanometre boyutunda olması gerekmektedir (Erkoç, 2020). Çünkü nanobilim ve nanoteknoloji alanında ele alınan maddelerin boyutu 1-100 nm (nanometre) arasında yer almaktadır. Yani, en az

0.1  $\mu\text{m}$  (mikrometre)'den küçük en az iki boyutu olan madde veya moleküller nano boyutlu yapı kapsamına girmektedir (Köhler, 2021).

Nano ölçekli yapılar, nano boyutta kendisini oluşturan maddelerin özelliklerinden farklılaşarak mekanik, manyetik, kimyasal, fiziksel ve termal açıdan yeni özellikler sergileyebilmektedir (Joudeh ve Linke, 2022). Bu yüzden nano boyutlu yapıların farklı kuantum özellikler gösterdiği, fiziksel yapılarının ve geometrik düzenlerinin değiştiği ayrıca bu değişikliklerin yenilikler sağladığı bildirilmektedir (Nouailhat, 2007). Elde edilen bu yeni özellikler sayesinde nano ölçekte üretilen yapı veya malzemelerin bilim insanları tarafından istendik özelliklere yönlendirilebilmesine hatta özgün ve hibrit nanomalzeme tasarımına imkân vermektedir. Bu tip uygulamalar yoluyla öncelikle tıp, diş hekimliği, medikal ve ilaç alanlarında, tekstilde su geçirmez ve yanmaz giysilerle ve kendini temizleyebilen boyalar gibi birçok ticari ve katma değeri yüksek nitelikli ürünler geliştirilebilmektedir (Tüylek, 2016; Yazdanian vd., 2022).

Nanomalzemeler şekline, boyutuna, kimyasal özelliklerine göre kategorize edilebilmektedir. Örneğin, nanoparçacıklar ve nanokristaller gibi sıfır boyutlu (0-D), nanoteller, nanoçubuklar ve nanotüpler gibi 1-D, tek veya çok tabakalı olabilen ince filmler gibi iki boyutlu (2-D) ve nanokompozitler de üç boyutlu (3-D) olarak sınıflandırılmaktadır. Küre, üçgen, çubuk, çiçek ve küp gibi birçok geometrik şekillere de sahip olabilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Nanomalzemelerin sınıflandırılmasını özetleyen bir diyagram (Joudeh ve Linke, 2022).

Nanopartiküller; nano ölçeklidir. Doğal olarak çevrede bulunabildiği gibi antropojenik yolla üretilebilen sentetik nanopartiküller de bulunmaktadır. Nanopartiküller yapısal olarak aynı atomlardan oluşabilir veya iki ya da çok sayıda

atom türü birleştirilerek sentezlenebilmektedir (Güzel ve Erdal, 2018). Bu nedenle nanopartiküllerin kimyasal bileşimi, boyutu, reaktivitesi gibi etmenler uygulamalarda önem kazanmaktadır (Liveri, 2006). Metalik nanopartiküllerin çevre sorunlarına çözüm arayışında kullanıldığı (Kaur vd., 2022), bunun yanında tarımsal uygulamalarda nanopartiküllerin kullanılmasıyla gübrelere, pestisit üretiminde yeni bir yol açtığı (Jiang vd., 2022), gıdaların koruyuculuğunda veya ambalajlanmasında, su arıtımında, sağlık ve tıp alanında sterilizasyon ve dezenfeksiyon gibi konularda da kullanımının arttığı görülmektedir (Alsaiari vd., 2023). Altın ve gümüş nanopartiküller, kataliz, manyetik, optik polarizasyon, yüzey plazmon rezonansı gibi nitelikleri ile biyomedikal ve nanobiyoteknoloji alanlarında yaygın olarak tercih edilmektedir (Çetintaş, 2020).

## 2.2. Gümüş ve Altın Nanopartiküller

Nano boyuta indirgenebilen maddelerin gösterdiği farklı fizikokimyasal nitelikler, bilim ve teknoloji alanında birtakım yenilikleri beraberinde getirmektedir. Dünya’da keşfedilen ve tanımlanmış birçok metalin kıymetli olmasının yanı sıra nanoteknoloji ve malzeme bilimi çalışmalarında özellikle gümüş ve altın metalleri hakkında araştırmaların sürdürüldüğü görülmektedir. Buna göre, altın veya gümüş nanopartiküller sensör üretiminde, tıp ve tedavi, gıda, tekstil ve biyomedikal gibi alanlardan tarımsal faaliyetlere kadar varan oldukça geniş bir araştırma ve çalışma alanında yer aldığı görülmektedir (Huang vd., 2022; Sayar, 2010; Tabrizi, 2006; Yücel, 2018).

Nartop (2019) ve Loo ve diğerlerinin (2012) yaptığı çalışmalarda *Camellia sinensis*’in atık yaprakları kullanarak gümüş nanopartiküllerin sentezi gerçekleştirmiştir. Gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel aktivite ve bitki büyümesi inhibisyonundaki potansiyeli değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda gümüş nanopartiküllerin *Vigna radiata* tohumlarının büyümesinde olumlu ve *K. pneumoniae*, *E.coli* ve *C. diptheriae*’ye karşı antibakteriyel etki gösterdiği bildirilmiştir (Rajput vd., 2020).

Biyolojik aktivite potansiyeli bulunan bitkilerden elde edilen ekstraktlar ile gümüş ve altın nanopartikül sentezi çalışmaları yapılmaktadır (Demirtaş ve Şengel Türk, 2021). Gümüş ve altın nanopartiküller; mikroorganizmaların hücre zarına zarar vererek ya da enzimleri inhibe ederek çeşitli antibakteriyel etkiler gösterebilmektedir. Gümüş nanopartiküller antibakteriyel etki potansiyeli taşımaktadır. Ancak bitkilerdeki biyoaktif bileşiklerin katkısıyla daha güçlü ve etki kapasitesi yüksek nanopartikül

sentezi gerçekleştirilerek böylece bakterilerin patolojik etkilerini kırmakta yardımcı olmaktadır (Çiftçi vd., 2021).

Gümüş nanopartiküllerin fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri sayesinde birçok uygulama alanında tercih edilmektedir (Lee ve Jun, 2019). Gümüş nanopartikül üretimi amacıyla klasik olarak kabul edilen birçok yöntem bulunmaktadır (Altınsoy, 2012; Budama, 2011; Yer, 2012). Gümüş nanopartikül sentezlemek için kimyasal buhar yoğunlaştırma, hidrojen redüksiyonu, asal gaz yoğunlaştırma, sol-jel yöntemi, alev sentez yöntemi ve hidrotermal sentez yöntemi gibi teknikler de kullanılmaktadır (Ceylan, 2015). Tüm bunlara ilaveten günümüzün bilimsel ve teknolojik ihtiyaçları temel alınarak klasik yöntemlerin yeni tekniklerle entegrasyonu nanopartikül üretimi için farklı bakış açıları sunmaktadır (Rafique vd., 2017). Yani fiziksel ve kimyasal bazı yöntemlerle birlikte gümüş nanopartikülleri biyolojik öge kullanarak sentezlemenin son yıllarda yaygınlaşmış olduğu görülmektedir.

Böylece gümüş ve altın nanopartiküllerin sentezinde şekil ve boyutlarının çeşitliliği, birçok karakterizasyon yöntemleri ile analiz edilebilmesi ve toksisitesinin düşük olması ayrıca biyouyumlulukları gibi birçok iyi özelliği barındırması sonucunda tercih edilmesinde öncelik tanınmaktadır. (Alsikhan vd., 2022). Yapılan son çalışmalara bakıldığında bitkiler, bakteriler (Perni vd., 2014; Zhang vd., 2014), algler (Rajkumar vd., 2021; Fernandes vd., 2023) ve mantarlar (Das vd., 2012) gümüş nanopartikül üretiminde indirgeyici ajan olarak kullanılmakta ve bu konu üzerindeki çalışmalar günden güne artmaktadır (Ahmadi vd., 2016; Şahin, 2019).

Gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel, antioksidan, antikanser ve antifungal aktivitelerini incelemek amacıyla bitkisel kaynaklı nanopartikül sentez çalışmaları devam etmektedir (Aminu, 2023; Bar vd., 2009). Gümüş nanopartikülün antibakteriyel (Castillo-Henríquez vd., 2020), antioksidan (Bhakya vd., 2016), antikanser (Ratan vd., 2020) ve antifungal aktiviteleri sebebiyle birçok alanda kullanılmıştır (Tatlıcı, 2019). Örneğin, bir ağız gargarası içeriğine *Ulva lactuca*'dan elde edilen ekstrakt yardımıyla gümüş nanopartiküllerin oral tedavilerde kullanılabilirliği araştırılarak olumlu sonuçlar elde edildiği test edilmiştir (Mohandoss vd., 2023). Nano gümüş, güçlü bir inhibitör, bakteri kırıcı etkisi ve antimikrobiyal aktivitesi gibi nedenlerden dolayı nanopartikül sentezi çalışmalarında en çok çalışılan nanopartikül özelliğini taşımaktadır (Beykaya ve Çağlar, 2016).

Altın nanopartiküller, barındırdığı kimyasal ve fiziksel özellikleri nedeniyle çalışmalarda yer bulmaktadır. Farklı boyut ve şekillerde sentezlenebilmektedir. Bu

nedence nano boyutlu altın, değişen optik özellikleri sayesinde düşük seviyede toksisite göstermektedir ve biyoyumluluk açısından yüksek bir etkinliğe sahip olmaktadır (Alsikhan vd., 2022). Sentezlenmesinde dayanıklı ve kararlı olması altın nanopartikülü avantajlı kılmaktadır (Güney ve Küçüksarıyıldız, 2019).

Altın nanopartiküller kimyasal araçlar kullanılarak (Cabrera vd., 2017; Misawa ve Takahashi, 2011) veya biyosentez yöntemi ile alg (González-Ballesteros vd., 2022), maya (Tahar vd., 2019), mantar (Pei vd., 2017) ve yoğun olarak bitki ekstraktlarıyla sentezlenebilmektedir (Tabrizi vd., 2009). Çeşitli bitkilerin organlarından ekstraksiyon yapılarak altın nanopartikül sentezi gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, *Artemisia absinthium* yaprakları (Keskin vd., 2021), *Crataegus monogyna* meyvesi (Baran vd., 2021), *Pinus nigra* polenleri ve *Curcuma pseudomontana* rizomları, *Garcinia kola* tohumu (Anadozie vd., 2023) ve *Helicteres isora* meyvelerinden (Mohammadiazar vd., 2022) hazırlanan ekstraktlar aracılığıyla çeşitli şekillerde altın nanopartiküllerinin başarılı bir şekilde sentezlenebildiği görülmektedir.

Altın nanopartiküllere bakıldığı zaman tıpkı gümüş nanopartikül gibi birçok biyolojik aktivite çalışmalarında kullanılmıştır. Örneğin, Umamaheswari ve Abirami'nin (2023) yaptığı bir çalışmada *Allium sativa* ekstraktı kullanılarak *Candida* türleri üzerindeki antifungal aktivitesi değerlendirilmiş ve antikandidal açıdan altın nanopartiküllerin aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir.

Devendrapandi ve diğerlerinin (2023) de *Aegle marmelos* meyvesini kullanarak sentezlenen altın nanopartiküllerinin akciğer kanseri hücre dizileri (A549) üzerinde antikanser aktivitesine sahip olduğu görülmüştür.

Pei ve diğerlerinin (2017) *Mariannaea sp.* HJ'den sentezlediği altın nanopartiküllerin katalitik aktiviteye sahip olduğu ancak *Arthrobacter sp. WI* ve *Escherichia coli* BL21 bakterilerine karşı belirgin bir antibakteriyel aktivite göstermediğini bildirmiştir.

Bitkiler ve diğer biyolojik kaynaklar kullanılarak sentezlenen altın nanopartiküller çeşitli testlere tabi tutulmuştur. Örneğin, *Wedelia urticifolia*'nın çiçek ekstraktı kullanılarak 20 nm'nin altında altın nanopartiküllerinin sentezlendiği görülmüştür. Altın nanoparçacıkların Rhodamine-B'ye karşı boya bozunma özelliği test edilmiştir. Sonuç olarak altın nanoparçacıklarının bu konuda potansiyeli olduğu ortaya konulmuştur (Rather vd., 2022).

Serdar (2021)'in çalışmasına göre mikrodalga yöntemi kullanılarak *Eriobotrya japonica* yaprak ekstraktı ile altın nanopartikül sentezi başarılı bir sonuç vermiştir. Yeşil

bitkilerin dışında altın nanopartikül sentezi için algler de kullanılmıştır. Buna örnek olarak *Halymenia pseudofloresii* ekstraktı ile sentezlenmiş altın nanopartikül çalışması bulunmaktadır. Karakterizasyon sonuçlarına bakıldığında 27 nm boyutlarında kübik ve dikdörtgensel partiküller elde edilebilmiştir. Partiküllerin biyolojik aktivitesi farklı testlere tabi tutularak değerlendirilmiştir (Palaniyandi vd., 2023).

Yapılan çalışmalara ilave olarak altın nanopartiküller antikanser (Alizadeh, 2023; Bharadwaj Kumar vd., 2021; Das vd., 2022; Kumar vd., 2019), anti biyofilm (Shilpha vd., 2022), suyun remediasyonu (Kathuria vd., 2022), antibakteriyel (Willian vd., 2022), anti-inflamatuar (Gao vd., 2022), antifungal (Umamaheswari ve Abirami, 2023) gibi biyolojik aktivite uygulamalarında kullanılmıştır. *Cinnamomum* sp. (Şahin, 2019), *Citrus limonum* (Serdar vd., 2019), *Cynara scolymus* (Erdoğan vd., 2019), *Dianthus* sp. (Nartop, 2019), *Juglans regia* L. (Baran, 2021), *Nigella sativa* L. (Aktepe, 2021), *Prunus avium* (Baran, 2019) gibi bitki türleri nanopartikül sentezinde kullanılmıştır. Bunlara ilave olarak gümüş ve altın nanopartikül sentezi için birçok farklı bitkilerin kullanıldığı çalışmalar Tablo 2.1’de görülmektedir.

**Tablo 2.1.** Nanopartikül sentezinde kullanılan bitkisel kaynaklar

Bitki adı (Latince)	Metal	Kullanılan kısım	Boyutu (nm)	Uygulama Alanı	Referans
<i>Laurus nobilis</i> L.	Ag	Yaprak	50 nm	Antibakteriyel direnç	Ayışığı vd., 2019
<i>Rhododendron ponticum</i>	Ag	Yaprak	46 nm		Korkmaz ve Karadağ, 2021
<i>Persea americana</i>	Ag	Yaprak	35.27 nm	Antibakteriyel aktivite	Arslantürk vd., 2019
<i>Citrus limon</i>	Ag	Kabuk	41.86 nm	Antikanser aktivite	Jahan ve Isıldak, 2021
<i>Eryngium carlinae</i>	Ag	Yaprak	10-20 nm	Antioksidan aktivite	Lemus-de la Cruz vd., 2023
<i>Viola tricolor</i> L.	Ag	Çiçek	49.45 nm	Biyolojik aktivite	Hassanvand vd., 2022
<i>Euphorbia rigida</i>	Ag	Yaprak	50-75 nm	Antibakteriyel aktivite	Kocadağ Kocazorbaz, 2021
<i>Scutellaria sp.</i>	Ag	Kök	20-40 nm	Antikanser aktivite	Gharari ve Hanachi, 2022
<i>Chrysanthemum indicum</i>	Ag	Çiçek	32.5 nm	Karakterizasyon uygulaması	John Alphonso vd., 2022
<i>Aloe vera</i>					
<i>Mentha arvensis</i>	Ag	Yaprak	10-22 nm	Antibakteriyel aktivite	Ahmad vd., 2022; Parimala vd., 2022
<i>Coriandrum sativum</i>					
<i>Cymbopogon citratus</i>					
<i>Hippophae rhamnoides</i>	Au	Yaprak ve meyve	55 ve 27 nm	Antioksidan ve antikanser aktivite	Sharma ve Deswal, 2018
<i>Rabdosia rubescens</i>	Au	Yaprak		Antikanser aktivite	Zhang vd., 2019
<i>Trachyspermum ammi</i>					
	Au	Tohum	16.63 nm	Antikanser ve biyofilm inhibisyon aktivitesi	Perveen vd., 2021
<i>Ricinus communis</i> L.	Au	Tohum	100 nm	Antibakteriyel	Rahman vd., 2021
<i>Amygdalus communis</i>	Au	Yaprak	<100 nm	Antimikrobiyal ve antikanser aktivite	Baran vd., 2023
<i>Ocimum basilicum</i>	Au	Çiçek	19-44 nm	Antikanser aktivite	Jiang vd., 2023
<i>Pandanus amaryllifolius</i>	Au	Yaprak	20 nm	Antibakteriyel, antioksidan, antikanser ve ekotoksisite incelenmesi	Kasi, vd., 2023
<i>Capsicum annuum</i>					
	Au	Meyve	20-30 nm	Antianjiyojenik, antioksidan ve anti-inflamatuvar aktiviteleri	Patil vd., 2023a
<i>Ziziphus spina-christi</i>	Au	Yaprak	20-30 nm	Antikanser	Abed vd., 2023
<i>Cordia myxa</i> L.					
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Au		2-10 nm	Biyolojik aktivite	Bekheit vd., 2022

### 2.3. Nanopartikül Sentezleme Yaklaşımları

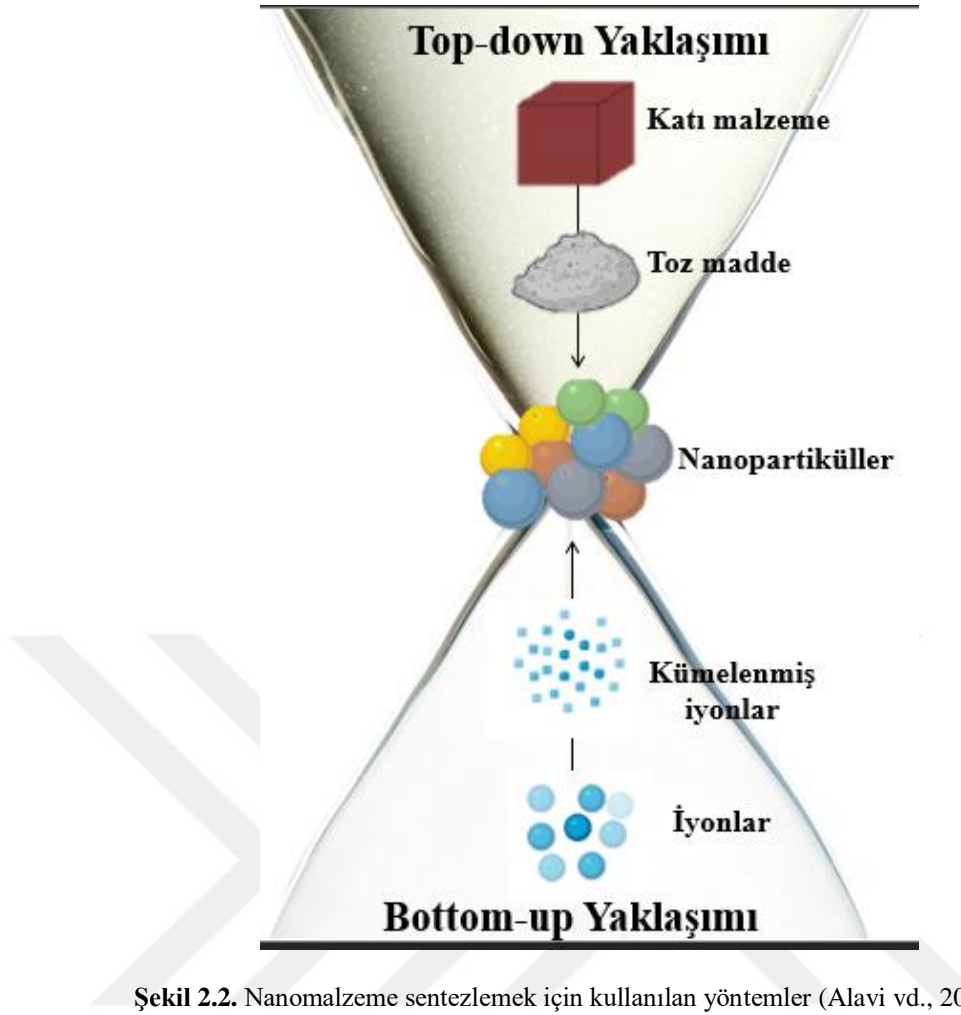
Nanomalzemelerin üretimi için kullanılan çok sayıda metot bulunmaktadır. Yaygın olarak nanomalzeme üretiminde aşağıdan yukarıya (Bottom up) ya da yukarıdan aşağıya (Top down) adı verilen metotlardan yararlanılmaktadır (Şekil 2.2). Aşağıdan yukarıya üretim metodu genellikle kimyasal ve biyolojik üretim metotlarını kapsamaktadır. Örneğin, hidrojen redüksiyonu, kimyasal buhar biriktirme, kimyasal buhar yoğunlaştırma gibi kimyasal sentez yöntemleridir (Okoye vd., 2022).

Yukarıdan aşağıya metoduna bakıldığında ise boyutlarının aşamalı şekilde küçültüldüğü öğütme, dağlama, sıçratma, litografi ve elektro-patlama gibi fiziksel teknikleri içermektedir (Gürmen ve Ebin 2008). Bahsedilen yöntemler fiziksel ve kimyasal metotlar ile nanomalzeme üretme yöntemleridir. Fiziksel ve kimyasal metotlara alternatif olarak son zamanlarda Yeşil Sentez Yaklaşımı (Green Chemistry Approach) ortaya çıkmıştır. Yeşil sentez yaklaşımı ile sentezlenen malzemelerin ya da nanoparçacıkların temel prensibinde organik kökenli yapıların kullanılıyor olmasıdır (Devra, 2022). Fiziksel ve kimyasal metotlara nazaran daha az tehlikeli, toksisite ve kimyasal malzeme kullanımı bakımından da tercih edilebilir bir metot olması nedeniyle yeşil sentez yaklaşımından yararlanılmaktadır. Yeşil sentez metoduna göre diğer üretim metotları ile kombine edilerek mayalar, mantarlar, bitkiler, bakteriler ve hatta organik atıklardan da nanomalzemeler elde edilebilmektedir. Yeşil sentez yaklaşımında kimyasallar çok daha az kullanılarak toksisite seviyesini düşürmektedir. Bu, organizmalar veya organik yapılar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yönüyle fiziksel ve kimyasal metotlara göre yeşil sentez yöntemi ucuz, biyoyumluluğu yüksek ve uygulaması kolay bir özelliğe sahiptir. Örneğin, geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan bitkilerden nanoparçacık üretimi amacıyla yeşil sentez yaklaşımı denenmiştir (Kartini vd., 2020).

Nanopartiküller biyolojik ajanlardan yararlanarak sentezlenebilmektedir. Biyolojik araçlar ile yapılan nanopartikül sentezinde gümüş ve altın nanopartiküllerin üretilmesi için indirgeyici ajana ihtiyaç duyulmaktadır. Ajan olarak bitki ekstraktı (Abbasi vd., 2022), mantar (Bhardwaj vd., 2018), alg (Aboelfetoh vd., 2017) ve bakteri (Kalimuthu vd., 2008) gibi organizmalardan yararlanılmaktadır. Alg, bakteri ve mantarların fizyolojisinden yararlanarak ya da bitkilerin çeşitli organlarından bitki ekstraktlarının elde edilmesi ile bu ekstraktların metal tuz içeren bir ortamda gerçekleşen reaksiyonlar sonucu nanopartikül sentezlenebilmektedir. Nanopartiküller çözeltiden ayrıştırılarak santrifüje edilmekte ve karakterizasyon teknikleri ile

incelenmektedir. Uygulama alanında ise nanopartiküllerin etkinliği ilgili ölçütlerce değerlendirilerek tamamlanan bu süreç biyolojik araçlar ile nanopartikül sentezinin genel basamaklarını meydana getirmektedir (Çiftçi vd., 2021). Yeşil sentez yönteminde bitkilerin ağırlıklı olarak kullanıldığı görülmektedir. Bitkiler kullanılarak yapılan nanopartikül sentez çalışmalarında geleneksel olarak kabul edilen Soxhlet, maserasyon veya hidrodistilasyon ekstraksiyon yöntemlerine göre çözücünün daha az miktarda kullanıldığını göstermektedir. Metotlara genel olarak bakıldığında pratik ve baskın olarak çözücünün distile su olduğu fark edilmektedir (Gupta vd., 2022).

Yeşil sentez yaklaşımı ile nanopartikül sentezlemek için bitkisel kaynağın belirlenmesinde çeşitli unsurlar önemli yer tutmaktadır. Bitkilerin organlarında bulunan biyomoleküllerdeki çeşitlilik, farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak bitki özütü çıkartılmaktadır. Bitkisel özütler yoluyla gümüş veya altın gibi metallerle nanopartikül sentezlenerek doğal bir yolla metal indirgenebilmesini sağlamaktadır (Antunes Filho vd., 2023; Kumari vd., 2023). Nanopartikül sentezlemek için çoğunlukla tıbbi alanda etkisi ortaya konmuş ve aromatik bileşikler (Fenoller, flavonoidler, esansiyel yağlar, vitaminler ve terpenoidler vb.) bakımından ön plana çıkan bitkiler kullanılmaktadır (Chaudhary vd., 2023). Çünkü bitkilerde bulunan biyoaktif bileşikler nanopartikül sentezinde indirgeyici, stabilize edici yapı olarak kullanılmaktadır. Bitkilerin kök, gövde, yaprak ve çiçek gibi organlarında biyokimyasalların nicelik ve çeşit açısından farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle nanopartikül sentezlemek için bitkiler tüm organlarıyla birlikte kullanılabilir. Ayrıca, bazı bitkilerin diğer organlarında bulunan biyokimyasallar nedeniyle yalnızca yaprak (Gaddala ve Nataru, 2015), kök (Dangi vd., 2020) ve meyvelerden (Ahmad ve Sharma, 2012) yararlanıldığı görülmektedir. Böylece, nanopartikül sentezlenirken ayrı bir yöntem olarak yeşil sentezin maliyeti azalmakta, verimli ve çevre dostu bir avantaj sağlaması ile araştırmalarda tercih edilmektedir (Rafique vd., 2017).



Şekil 2.2. Nanomalzeme sentezlemek için kullanılan yöntemler (Alavi vd., 2022).

## 2.4. Botanik Tanımlamalar

### 2.4.1. *Familia: Lauraceae (Defnegiller)*

Sistematik botanik alanında *Lauraceae* familyası; *Magnoliidae* alt sınıfı (subclassis) ve *Laurales* takımı (ordo) altında yer almaktadır. Bu familyanın üyeleri olan bitkiler, çoğunlukla herdem yeşil ağaç ya da çalılardan oluşmaktadır. Bitkilerin kabuk ve yaprak kısımları güzel kokuya sahiptir. Çiçekleri ekseriyetle yanal, nadiren panikula, umbella, spika veya rasemus; iki eşeyli, nadiren tek eşeyli; ışımsal simettrili, küçük, sarı veya beyaz renktedir. Meyveleri drupa veya bakka tipindedir (Seçmen vd., 1992).

Asya'nın tropikal bölgeleri, Amerika, Afrika ve Akdeniz ülkelerinde yayılış gösteren *Ajuouea* Aubl., *Aniba* Aubl., *Beilschmiedia* Nees, *Cassytha* L., *Cinnamomum* Schaeff. (tarçın), *Cryptocarya* R. Br., *Endiandra* R. Br., *Eusideroxylon* Teijsm. ve Binn., *Hornera* Jungh., *Laurus* L. (defne), *Licaria* Aubl., *Lindera* Thunb., *Litsea* Lam., *Nectandra* Rol. ex Rottb., *Ocotea* Aubl., *Persea* Mill. (defne), *Phoebe* Nees, *Sassafras* Nees ve Eberm. (sasafra) ve *Umbellularia* (Nees) Nutt. (Kaliforniya defnesi) gibi

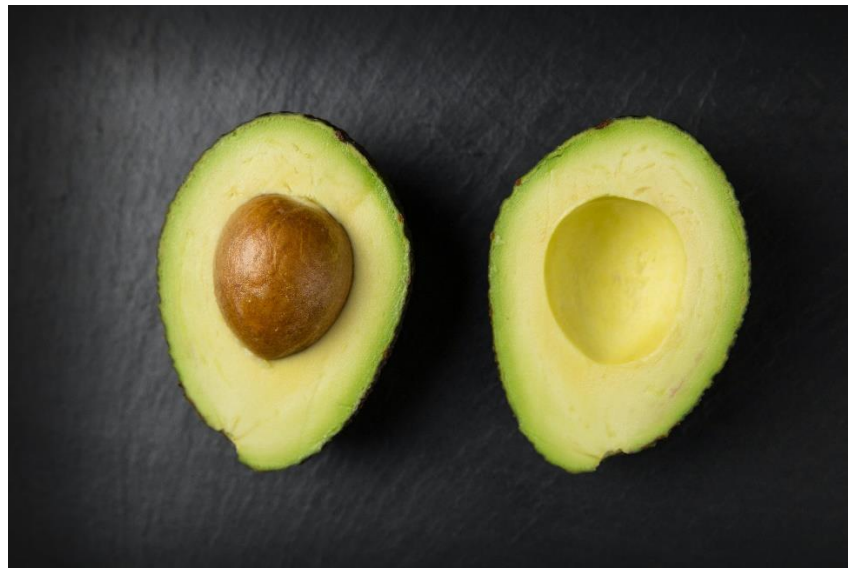
cinslerin yer aldığı 32 cins ve 2500 tür içeren familya üyeleri bulunmaktadır (ITIS, 2022; Seçmen vd., 1992). Bu familyada yer alan bitkilerin zengin içerikleri sayesinde *Cinnamomum camphora* L. odunundan kâfur, *Cinnamomum cassia* L.'nin gövde ve dallarının kabuklarından tatlı bir baharat olan tarçın elde edilmektedir. Avokadonun meyvesi, defnenin ise yaprağından yararlanılmaktadır. Bazı türleri de süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Seçmen vd., 1992).

#### 2.4.2. Genus: *Persea* Mill.

Bu cinsin bitki üyeleri çalı ya da ağaç formundadır. Yaprakları almaçlı, çiçekleri ise iki eşyilidir. Kuzey Amerika'nın doğusunda Şili, İndomalezya ve Japonya'ya kadar yayılış gösterebilen 135 türü mevcuttur (Seçmen vd., 1992).

#### 2.4.3. Species: *Persea americana* Mill. (Avokado)

Coğrafik izolasyon sonucunda *Persea americana* bitkisi bir alttür olarak bilimsel literatüre Botanikçi Miller tarafından kaydedilmiştir (Yahia, ve Woolf, 2011). Türkiye'de ise Akdeniz bölgesinde kültür bitkisi olarak yetiştirilen avokado, Orta ve Güney Amerika'nın kuzeyinde yayılış gösteren ve boyu 20 m'ye kadar ulaşabilen dikotil bir ağaçtır. Şekil 2.3'de görüldüğü üzere armut şeklinde ve olgunlaştığında morumsu renkte drupa yapıda olan meyvesi yağ asitleri ve vitamin bakımından zengindir (Hurtado-Fernández vd., 2018). Beslenme ve diyetle yaygın olarak tercih edilmektedir (Seçmen vd., 1992). Ayrıca avokado, MÖ 8000'den beri yetiştirilmekle birlikte en eski arkeolojik kayıtlar MÖ 10.000'de Meksika'nın Coxcatlan kentinde bulunmaktadır (POWO, 2022).



Şekil 2.3. *Persea americana* (avokado) meyvesi (Pexels, 2023).

## 2.5. *Persea americana* Mill. (Avokado) Üzerine Yapılan Akademik

### Çalışmalar

Doğada yayılış gösteren ya da kültüre alınarak yetiştirilen birçok bitkinin insan sağlığında önemli yere sahip olduğu bilinmektedir. Bu sebeple insanlar tarafından bitkiler tüketilmiş ve elde edilen bu kadim bilgiler nesilden nesile aktarılmıştır. Bu durum araştırmacıları bitkiler hakkında daha fazla araştırmaya yapmaya sevk etmektedir. Bu nedenle tez çalışmasının da materyali olan *Persea americana* Mill. (Avokado) üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında besinsel açıdan lipit oranı yüksek, doymamış yağ asitleri (çoktan aza doğru oleik asit> palmitik asit> linoleik asit), vitaminler (askorbik asit gibi) ve mineraller (Magnezyum, fosfor ve potasyum gibi) ile zengin içeriğe sahip olduğu ortaya konmuştur (Hurtado-Fernández vd., 2018; Yasir vd., 2010; Torun, 2013). Yapılan kimyasal analizlerin sonuçlarına göre avokado yaprak ve tohumunda yüksek konsantrasyonda tanin, terpenoid, flavonoid ve glikozitler içerdiği bilinmektedir (Odo vd., 2018; Shyam ve Bai, 2020). Yalnızca tohum ekstraktı çıkarılan çalışmalardaki verilere göre de antosiyanin, kinin, epikateşin ve proantosiyanin gibi fitokimyasallar bulunmaktadır (Araújo vd., 2020; Asiwe vd., 2021).

Melgar ve diğerlerinin (2018) yaptığı bir çalışmada avokado kabukları ve çekirdeklerinden hidroetanol ekstraktlarının fenolik bileşiklerini analiz etmiştir. Analizler sonucunda 29 bileşik tanımlanmıştır. Hem çekirdek hem de kabukta ortak olarak epikateşinler, özellikle çekirdek örneğinde kateşin bulunurken kabuk örneğinde ise epikateşin tespit edilmiştir. Avokado kabuklarındaki epikateşinden sonra flavonoidler özellikle kuarsetin tipi bileşiklerin olduğu belirlenmiştir. Fenolik karakterizasyona ek olarak antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir. Bu çalışmadaki avokado çekirdekleri ve kabuklarındaki polifenolik içeriğinin farklı olması nedeniyle antioksidan aktivite bakımından avokado çekirdeğinin kabuğuna kıyasla daha yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Antibakteriyel aktivite sonucunda ise avokado çekirdeği ve kabuğu anlamlı ölçüde bakterilere karşı etkinlik göstermiştir.

Shyam ve Bai, (2020) tarafından *P. americana*'nın kabuk, yaprak, tohum ve meyve kabuklarından su, %70 etanol ve aseton olmak üzere üç farklı solvent ile ekstrakt hazırlanmış ve fitokimyasal analizi yapılmıştır. Fenolik ve tanin içeriği bakımından asetonlu yaprak ekstraktı yüksek miktarda, üç farklı kabuk ekstraktında miktarı bulunurken sulu tohum ekstraktında ise düşük miktarda tespit edilmiştir. Yaprak meyve kabuğu ekstraktlarında alkolooidlerin varlığı gözlemlenmiştir. Etanollü yaprak, sulu ve etanollü kabuk ve üç farklı solventle hazırlanan tohum ekstraktları flavonoidler

bakımından anlamlı miktarda olduğu test edilmiştir. Terpenoidlere etanol ve asetonlu yaprak ve kabuk ekstraktlarında rastlanırken sulu yaprak ve kabuk ekstraktlarında rastlanmamıştır. Aynı durum tohum ekstraktında da gözlemlenmiştir. Ancak meyve kabuğu ile hazırlanan etanol ekstraktında terpenoidlere maksimum seviyede rastlanmış, sulu ve asetonlu ekstraktlarında daha az terpenoit varlığı tespit edilmiştir.

Isromarina ve diğerleri (2022) de avokado meyvesi, kabuğu ve tohumunun etanol ekstraktını çıkartarak antioksidan aktivitesi, toplam flavonoid ve tanen içeriği tespit edilmiş ve antioksidan aktivite değerlendirmesi yapılmıştır. Tüm analizlerin sonucunda avokado kabuğunun etanol ekstraktı, flavonoid ve tanenler içerdiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda antioksidan aktiviteye sahip olduğu kanıtlanmış ve avokado kabuğunun etanollü ekstraktı antioksidan potansiyeli taşırken toplam flavonoid bileşiklerinin toplam tanen içeriğinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Murathan ve Kaya'nın (2020) çalışmasında Antalya ilinin Alanya ilçesindeki ekolojik ortamda yetiştirilen Hass ve Fuerte avokado çeşitlerinin meyve ve yaprak ekstraktlarındaki toplam fenolik, flavonoid ve askorbik asit tayinine ek olarak antioksidan aktivitesi yapılmıştır. Bunun sonucunda yaprak ekstraktlarının meyve ekstraktlarına göre daha fazla toplam fenolik, flavonoid ve askorbik asit madde içerdiğini göstermiştir. Fenolik madde içeriği bakımından Fuerte avokado çeşidinin yaprak ekstraktlarında daha yüksek olurken; Hass çeşidinin meyve ekstraktlarında daha düşük içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Toplam flavonoid maddeleri kıyaslandığında Hass ve Fuerte çeşitlerinin yaprak ekstraktlarında benzer oranlarda içerik bulunmuştur. Antioksidan etkinlikler göz önüne alındığında yaprak ekstraktlarının meyveye kıyasla daha fazla kapasite gösterdiği tespit edilmiştir.

Avokado tohumlarının kimyasal içeriğine bakıldığında genellikle tohumların meyveye kıyasla lipit içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir (Vo vd., 2019). *Persea americana* tohumunun kompozisyonuna bakılmak üzere yapılan bir çalışmaya göre 100 g'lık avokado tohumunda 49.03 g karbonhidrat bulunduğu tespit edilmiştir. Bunu takip eden 17.90 gram ile lipitler ve 15.55 gram da proteinler olmuştur (Ejiofor vd., 2018).

*P. americana* üzerine yapılmış bir çalışma da avokado meyve tohumlarından çıkarılan kloroform ve metanol ekstraktlarının lipit içeriği karşılaştırılmıştır. Analiz bulgularına bakıldığında avokadonun meyvesinde bulunan lipit oranının tohuma göre daha yüksek seviyede olduğu ve meyvesinde oleik asit ve palmitik asitin yüksek oranlarda tespit edildiği görülmektedir. Tohum ekstrakt kompozisyonunda ise linoleik, oleik, palmitik, palmitoleik, stearik ve a-linoleik asit olduğu görülmüştür. Aynı

zamanda çalışmadaki tüm ekstraktların antioksidan, anti-inflamatuvar ve antikanser özellikleri incelenmiştir. Antioksidan testlerinden elde edilen sonuca göre tohumun lipit ekstraktı meyveye oranla gözle görülür ölçüde inhibe ettiği; tohumdan çıkarılan lipitlerin meyveden izole edilenlere kıyasla daha belirgin anti-inflamatuvar etki gösterdiği; referans ilaç olarak sorafinib kullanılan antikanser aktivite analizinde hem tohum hem de meyveden elde edilen lipit ekstraktlarının önemli ölçüde inhibitör etkisi olduğu bulgulanmıştır (Alkhalaf vd., 2019).

Avokado meyvesi iklimi yeterli ve uygun olan birçok ülkede kültürü yapılarak yetiştirilebilmektedir. Birçok farklı ülkede yetiştirilebilmesinin sonucu olarak avokadonun birçok farklı varyeteleri ortaya çıkmıştır. Avokadonun Hass, Fuerte, Reed ve Colinred gibi çeşitleri bulunmaktadır. Dolayısıyla yapılan araştırmalarda yetiştirildiği ortamın etkisi nedeniyle avokadonun besin içeriğinde değişiklikler görülmektedir (Demircan ve Velioğlu, 2021). Farklı avokado çeşitlerinin farklı ekstraktlarında bulunan fitokimyasallar da doğal olarak farklı miktarda ya da oranda olabilmektedir (Setyawan vd., 2021). Buradan hareketle, avokado bitkisinin yaprağı (Sorkulu, 2020), meyvesi, meyve kabuğu (Hefzalrahman vd., 2022) ve tohumu (Setyawan vd., 2021) üzerine analizler yapılarak biyokimyasal özellikleri irdelenmiştir (Bhuyan vd., 2019; Güzel, 2018). Avokado meyvesinin birçok varyetesi kullanılarak yapılan kimyasal bileşim analizlerinde oleik asitin tüm avokado çeşitlerinde en çok bulunan yağ asidi olarak belirlendiği görülmektedir (Mardigan vd., 2019). Bazı çalışmalarda ise Hass kültürünün daha verimli olduğu ortaya konmuştur (Rozan vd., 2021). Kolombiya kültürü avokado meyve kabuğu ve tohumundan aseton ve metanol ekstraksiyonu yapılmıştır. Meyve kabuğu ve tohum ekstraktlarında bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitede etkili olduğu gösterilmiştir (Rosero vd., 2019).

Avokadonun Parkinson hastalığı ve oksidatif stres üzerindeki etkileri için antioksidan kaynağı olabileceği öngörülen bir çalışmada *P. americana* varyeteleri ile hazırlanan %80'lik metanolik meyve ve tohum ekstraktları kullanılarak fenolik içeriği ve antioksidan kapasite analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan varyeteler arasında meyve kabuğu ekstraktının antioksidan kapasitesi en yüksek Colinred varyetesinde; tohum kabuğundan elde edilen ekstraktlar arasında Hass ve Colinred iken, varyetelerin tohumlarından hazırlanan ekstraktlar arasında Reed varyetesinde antioksidan kapasitenin diğerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Ortega-Arellano vd., 2019).

Pacheco-Coello ve Seijas-Perdomo'nun (2020) çalışmasına göre Venezuela'da yetiştirilen Hass avokadosunun metanolik ve sulu tohum ekstraktlarıyla antioksidan aktivitesi değerlendirilmiş, sonuç olarak metanolik tohum ekstraktının sulu ekstrakta kıyasla daha yüksek oranda etkili olduğu gösterilmiştir.

Ovalle-Marin ve diğerlerinin (2020) yaptığı çalışmada *P. americana*'nın meyve, yaprak ve tohumundan çıkartılan ekstraktlar ile ilgili karakterizasyon çalışmalarına bakıldığında *P. americana* cv. Hass çeşidinin yaprak ve kabuğundan sulu ve hidroalkolik ekstrakt elde edilmiş, toplam polifenol içerik ve HPLC-DAD analizi yapılmıştır. Aynı zamanda ekstraktların hücre kültürü ve antioksidan analizi de yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre yaprak ile kabuk ekstraktı kıyaslandığında en yüksek toplam polifenol içeriğin hidroalkolik ekstraktlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Buna paralel olarak da antioksidan analizinde hidroalkolik ekstraktlar, daha fazla aktivite göstermiştir. Çalışmanın sonucunda yaprakların daha fazla anti-inflamatuvar etki gösterdiği bildirilmiştir.

Castro-López ve diğerlerinin (2019) Meksika avokadosu yaprağı ile hazırladığı hidroalkolik ekstraktların antioksidan aktiviteleri analiz edilmiştir. Söz konusu çalışmada Platano, Delgado ve Criollo gibi varyeteler değerlendirilmiştir. Fenolik analiz sonuçlarına bakıldığında tıp uygulamalarına başarılı bir kaynak olabileceği çoğunluğunu fenoliklerin ve flavonoidlerin oluşturduğu en az otuz yedi fitokimyasal bulunduğunu bildirmişlerdir.

Gastronomide ve insanlar tarafından diyetlerde tercih edilerek tüketilen avokado, kozmetik alanda yağ eldesi yapılarak krem, sabun ve şampuanların içeriğine dâhil edilen endüstriyel ürün haline getirilmektedir (Tavlı ve Özkan, 2020). Buna ilaveten avokadonun tıbbi olarak kullanımını araştırmak amacıyla meyvesinden yapılan ekstrakt kullanılarak MCF-7 hücreleri üzerindeki etkisi araştırılmış, bunun sonucunda ekstrelerin antioksidan seviyelerinin artmış olduğu görülmüştür (Öğüt, 2021). Avokadonun etil asetat yaprak ekstraktı kullanılarak diyabetik sıçanlardaki antioksidan aktiviteleri araştırılmış, diyabet hastalığında bitkisel tedavi yöntemi olarak kullanılabilmesi önerilmiştir (Mashi vd., 2019). Diğer bir çalışmada ise yaprak ve meyvesinin metanolik ve etanolik ekstreleri hazırlanmış ve biyolojik aktivitesi izlenmiştir. Bunun sonucunda her iki çözücü ile hazırlanan ekstrelerin biyolojik aktivite bakımından etkili olduğu bildirilmiştir (Kavaz ve Ogbonna, 2019).

Antioksidan aktivite çalışmalarında çeşitli hastalıklar için tedavi yöntemi geliştirmek amacıyla avokado ekstraktlarından yararlanılmıştır (Elkader Abd vd., 2022;

Fatmawaty vd., 2019). Bu nedenle yaprakların içerdiği fitokimyasallar nedeniyle meyve, kabuk veya tohumuna kıyasla daha fazla antioksidatif özelliğe sahip olduğundan bahsedilmektedir (Gümüštepe vd., 2022). Farklı bir çalışmada ise asetilkolinesteraz enzimi inhibitörlerine alternatif bir kaynak olup olmayacağı öngörülmüştür. Buna göre, avokado tohum ve yaprak ekstraktının güçlü bir inhibisyon etkisi gösterebileceği bildirilmiştir (Thu vd., 2019). Antikonvülsan etkisini incelemek için *P. americana* yapraklarından hazırlanmış sulu bir ekstraktın farelerdeki pentilentetrazol (PTZ), pikrotoksin (PCT) ve bicuculinne (BCL) maddelerinin sebep olduğu nöbetlere karşı etkisi araştırılmıştır. Referans ilaçlar olarak fenobarbiton ve diazepam kullanılan çalışmada ekstraktın anlamlı ölçüde PTZ sebepli nöbetleri geciktirdiği ve pikrotoksinin de antagonist etki ettiği tespit edilmiştir. Fakat bicuculinne kaynaklı nöbetlere etkisinin zayıf olduğu görülmüştür. Çalışmadan hareketle, *P. americana* yaprak ekstraktının antikonvülsan etki potansiyeline sahip olduğu ve çocukluk dönemi konvülsiyonlar ile epilepsi hastalığı için kullanımında güven sağladığı bildirilmiştir (Ojewole ve Amabeoku, 2006).

Başka bir çalışmada *Persea americana* Mill.'in yaprakları maserasyon ile ekstrakte edilerek analjezik ve anti-inflamatuvar etkileri fareler üzerinde incelenmiş sonuç olarak ekstraktın farelerde ağrıyı azalttığı ve inhibe ettiği görülmüştür (Adeyemi vd., 2022). Avokado yaprağı üzerine yapılmış bir başka çalışmada antibakteriyel ve antioksidan açıdan etkiye sahip olduğu kanıtlanmıştır (Solís-Salas vd., 2021).

Yine diğer bir çalışmada antiprotozoal ve antimikobakteriyel aktivitelerini analiz etmek amacıyla avokado tohumu kloroform ve etanol ekstraktları bağırsak parazitleri üzerinde çalışılmış ve kloroform ve etanollü tohum ekstraktlarının etkili olduğu raporlanmıştır (Jiménez-Arellanes vd., 2013).

Başka bir çalışmada ise hem antibakteriyel hem de antikandidal aktivitelerini incelemek amacıyla avokado yaprak ekstraktları hazırlanmış, anlamlı ölçüde etki gösterdiği bilinmektedir (Bıyık, vd., 2018). Bir başka çalışmada ise avokado tohum ekstraktının insan meme kanseri hücre dizisi (MCF-7) ve diğer kanser hücre hatları üzerinde antikanser ve antioksidan aktivitesi analiz edilmiş ve sonuçta inhibitör etkisi olduğu tespit edilmiştir (Dabas vd., 2019).

Bir diğer çalışmada antimalaryal etkisini görmek amacıyla avokado yapraklarından ekstrakt hazırlanarak test edilmiştir. Sonuçta, fare modelleri üzerine malarya parazitine karşı etkili olduğu raporlanmıştır (Uzor vd., 2021).

Bir başka çalışmada ise avokadonun meyve kabuğu ile yapılan metanolik ekstraktı üç farklı sivrisinek vektörünün larvalarına karşı aktivitesi araştırılmıştır. Söz konusu çalışmanın meyve kabuğu metanolik ekstraktının larvalar üzerinde öldürücü aktivite etkisi bulunduğunu göstermiştir (Louis vd., 2020).

*Staphylococcus aureus* ile enfekte edilmiş sıçan modeli üzerinde de *P. americana* tohumlarından hazırlanmış metanol ekstraktın antibakteriyel ve yara iyileştirici özelliğini incelemek amacıyla yapılan çalışmada metanol ekstraktın iyi bir antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Ekom ve Kuete, 2022).

Yapılan bir çalışmada ise Wistar sıçanlarında dietilnitrozamin ve asetilaminoflorenden kaynaklı hepatokarsinogenezdeki antikarsinojenik etkisini değerlendirmek amacıyla *P. americana* meyve ve tohumlarından elde edilen hidroetanolik ekstraktlardan yararlanılmıştır. Uygulamanın sonunda yapılan testlere göre, sıçanların karaciğer enzimlerine bakılmış ve enzim aktiviteleri, toplam bilirubin ve tümör markırlarında anlamlı bir düşme olduğu tespit edilmiştir. Böylece *P. americana* meyve ve tohum ekstraktları antioksidan, anti inflamatuar ve apoptotik aktiviteleri ile etkili olabildiğini göstermiştir (Ahmed vd., 2022). Yine Wistar sıçanları üzerinde yapılan bir başka çalışmada hemostatik aktivitelerini incelemek amacıyla metanolik yaprak ekstraktlar kullanılmıştır. Deneysel çalışmanın sonucunda sıçanlardaki pıhtılaşma parametreleri üzerindeki etkisi araştırılmış ve pıhtılaşma süresinin azaldığı, plazma fibrinojen konsantrasyonunda artma olduğu görülmüştür (Anigbo vd., 2021).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Bitki Materyali

Bu tez çalışmasında *Persea americana* Mill. (Avokado) yaprakları Gazipaşa/Antalya'dan temin edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan avokadonun bitki sistematığına göre hiyerarşisi Tablo 3.1'de görülmektedir (ITIS, 2022).

**Tablo 3.1.** Avokadonun taksonomik sınıflandırılması.

Kingdom (Älem)	<i>Plantae</i> (Bitkiler âlemi)
Divisio (Bölüm)	<i>Tracheopyhta</i> (Damarlı bitkiler)
Subdivisio (Alt bölüm)	<i>Spermatophyta</i> (Tohumlu bitkiler)
Classis (Sınıf)	<i>Magnoliopsida</i>
Subclassis (Alt sınıf)	<i>Magnoliidae</i> (Manolya)
Ordo (Takım)	<i>Lurales</i>
Familia (Aile)	<i>Luraceae</i> (Defnegiller)
Genus (Cins)	<i>Persea</i> Mill.
Species (Tür)	<i>Persea americana</i> Mill.

#### 3.2. Bitki Ekstraksiyonu İşlemleri

##### 3.2.1. Ekstraksiyon Öncesinde Bitkinin Hazırlanması

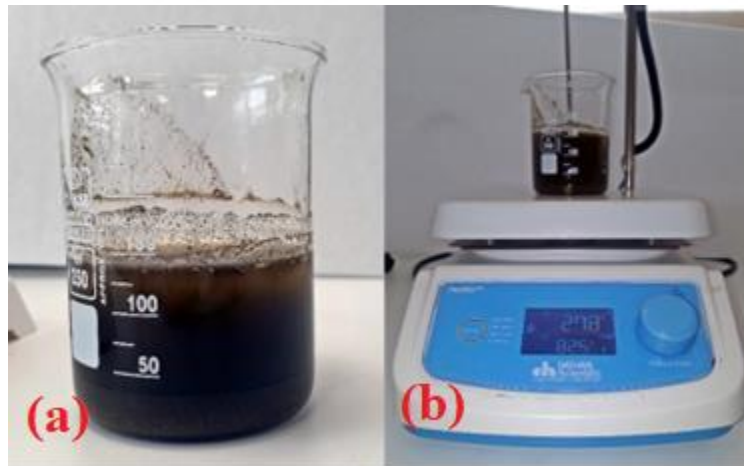
Avokado yapraklarını dallarından ayırarak ekstraksiyona hazırlamak amacıyla bir kap içerisinde toplanmıştır. Soğuk çeşme suyu altında 3 kez yıkanarak toz, böcek artıkları ve toprak gibi kirliliklerinden arındırılmış, sonrasında 2 kez distile su ile iyice durulanmıştır. Avokado yapraklarını kurutmak amacıyla laboratuvar ortamında 24 saat bekletilmiştir. Kurutulmuş yapraklar mutfak tipi blender (Sinbo-SCM 2934) ile iyice toz haline getirilmiştir. Toz haline getirildikten sonra kapaklı bir kapta ve +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Avokado yapraklarının görüntüsü ve öğütülmüş hali Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Avokado yaprakları ve avokado yapraklarının öğütülmüş görünümü.

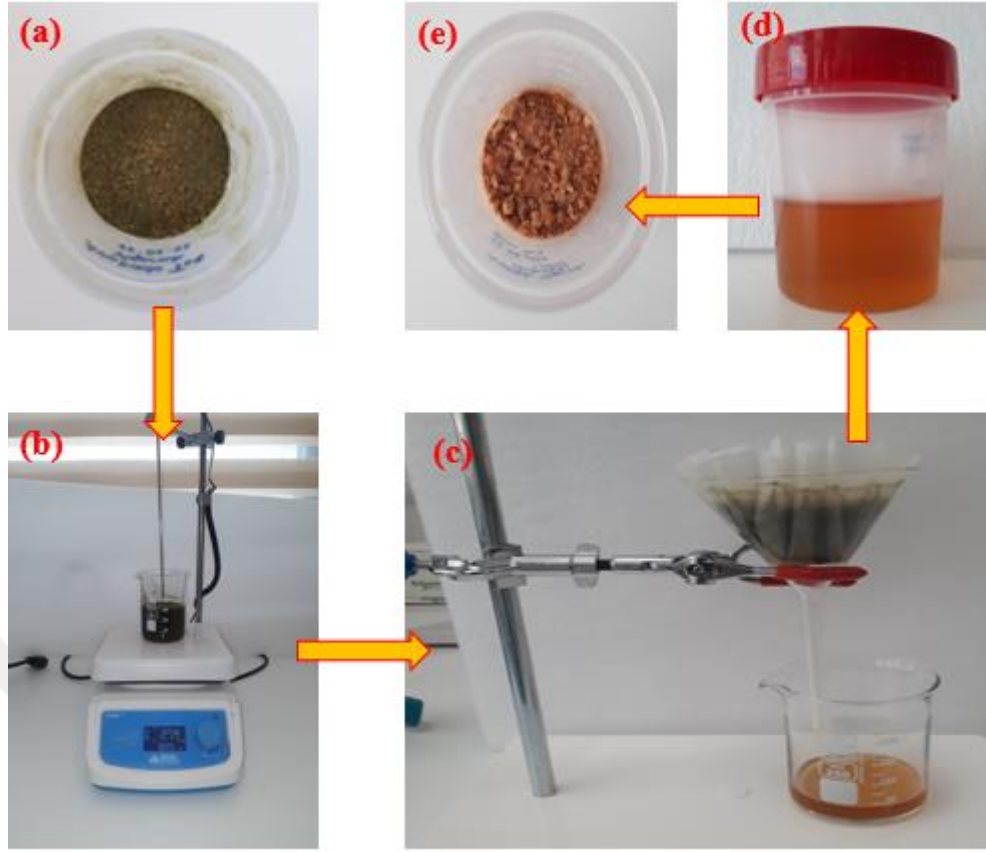
### 3.2.2. Avokado Yaprığından Su Ekstraktı Eldesi

Yaprak ekstraktının çıkarılmasında maserasyon yönteminden yararlanılmıştır. Ekstraksiyon için; öğütülmüş avokado yaprağına distile su ilave edilmiş ile ve laboratuvar ortamında ısıtıcı manyetik karıştırıcı kullanılarak 300 rpm değerinde ve 80-85°C aralığında tutularak 20 dakika boyunca karıştırılmıştır. Su ekstraktının hazırlanmasına dair görsel Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. (a) distile su-bitki tozu, (b) ekstraksiyon çözeltisi karışımı.

Whatmann No:1 filtre kâğıdı ile süzülerek  $-110^{\circ}\text{C}$ 'de liyofilize edilmek üzere önce buzdolabında  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulduktan sonra liyofilizatör cihazında (HyperCOOL/HC3110) bekletilmiş ve kuru ekstrakt elde edilmiştir. Avokado yaprağından su ekstraktı uygulaması özet olarak Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.3.** (a-b) Avokado yaprağından su ekstraktı elde etme uygulaması, (c) ekstraktın süzgeçten geçirilmesi, (d) avokado su ekstraktı, (e) liyofilizatörden çıkmış avokado toz ekstraktı.

### 3.3. Nanopartiküllerin Sentezi

#### 3.3.1. Gümüş Nanopartikülün Sentezi

Gümüş nanopartikül sentezi için hazırlanan çözeltilerin görseli Şekil 3.4'de gösterilmiştir. Bunun için avokado yaprak ekstraktı (2 mg/mL) ile 50 mL 3 mM  $\text{AgNO}_3$  çözeltilisine ilave edilip ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda  $85^\circ\text{C}$ 'de 45 dakika boyunca bekletilmiştir. Gümüş nanopartikül sentezi için çözelti renginde değişimi olup olmadığı gözlemlenmiştir. Şekil 3.5'de gümüş nanopartikül sentezinin görseli yer almaktadır.



Şekil 3.4. (a) (2 mg/mL) ekstrakt-su çözeltisi, (b)  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi.

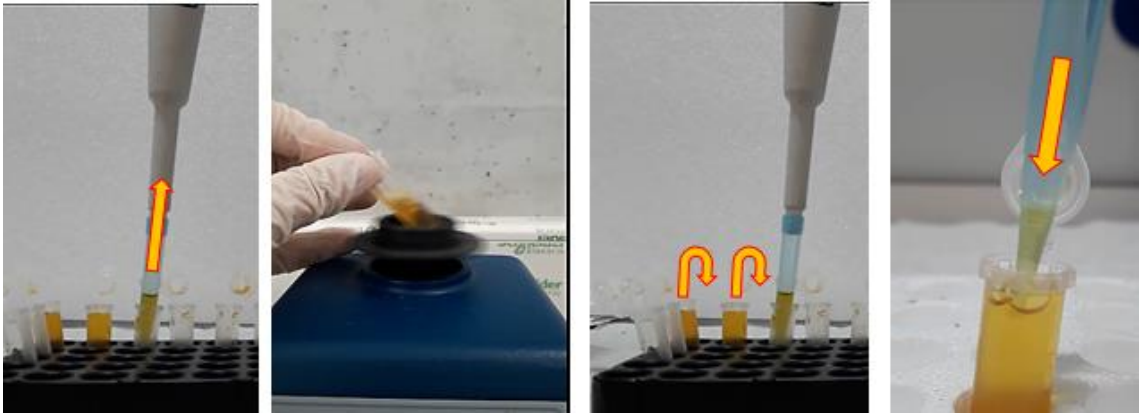


Şekil 3.5. Gümüş nanopartikülün geleneksel metotla yeşil sentezi.

Gümüş nanopartikül sentezi sonucunda elde edilen çözelti Whatmann No:1 filtre kağıdı ile süzölmüş ve santrifüj aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla 12.000 rpm ve 10 dakikalık süre boyunca tüpler santrifüj edilmiştir. Santrifüj uygulaması ile ilgili görseller Şekil 3.6 ve 3.7’de gösterilmiştir.

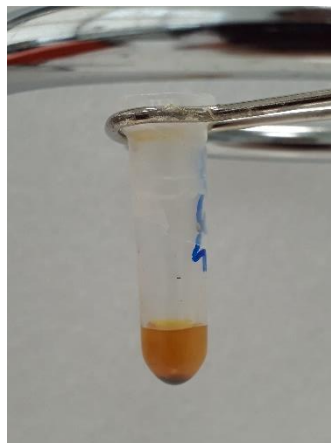


Şekil 3.6. (a) Santrifüj edilmeden önceki görünümü, (b) santrifüj işlemi sonrası nanopartiküllerin görünümü.



Şekil 3.7. Santrifüjden sonra süpernatant çekilmesi ve vortekslenerek partiküllerin karıştırılması.

Santrifüj işlemi sonucunda yıkama ve süpernatant uzaklaştırması ile Ag (gümüş) nanopartikül içeren çözelti elde edilmiştir. Bu çözelti karakterizasyon ve biyolojik aktivite için  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de buzdolabında saklanmıştır. Saklanan tüpler Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Toz numuneler ise liyofilizasyon ile liyofilizatör cihazı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 3.8. Gümüş nanopartikül bulunan numune örneği.

### 3.3.2. Altın Nanopartikülün Sentezi

#### 3.3.2.1. Stok $\text{HAuCl}_4$ Çözeltisinin Hazırlanması

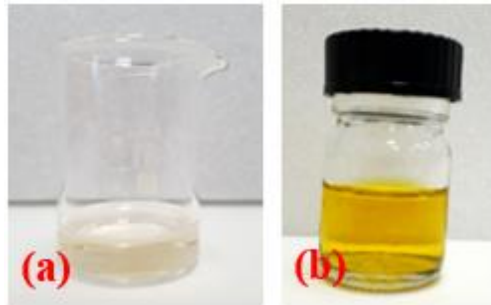
Stok çözeltisi için 53,27 mM 10 mL  $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  çözeltisi hazır edilmiştir. Bunun için 0,2098 g  $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  tartılmış ve üzerine 10 mL saf su ilave edilerek karıştırılmıştır. Altın nanopartikül sentezlemek için bahsedilen stok çözeltisi kullanılmıştır. Altın nanopartikül sentezi için hazırlanan stok altın çözeltisinin görseli Şekil 3.9'da gösterilmiştir.



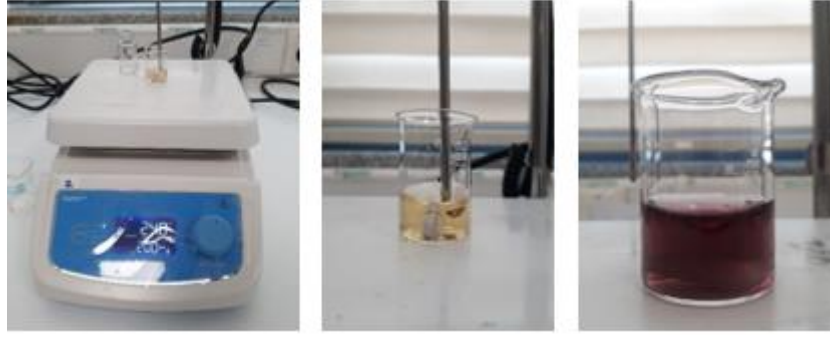
Şekil 3.9. Çalışmada kullanılan  $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  çözeltisi.

#### 3.3.2.2. Altın Nanopartikül Sentezleme İşlemleri

Altın nanopartikül sentezi için 1 mM'lik 15 mL  $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  çözeltisine 5 mL (1 mg/mL) yaprak ekstraktı çözeltisi ilave edilerek ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda 200 rpm hızında karıştırılarak renk değişimi 15 dakika içerisinde gerçekleşmiştir. Reaksiyon, laboratuvar ortam sıcaklığında (başlangıç sıcaklığı  $26,8^\circ\text{C}$ ) gerçekleştirilmiştir. Altın nanopartikül sentezi öncesinde hazırlanan avokado yaprak ekstraktı ve altın nanopartikül çözeltisi görselleri Şekil 3.10'da ve altın nanopartikül sentezi anında çekilen görüntüler Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Sentezden sonra santrifüj aşaması gerçekleştirilmiş ve süpernatant uzaklaştırma ve yıkama işlemleri yapılmıştır. Toz numune hazırlamak için Şekil 3.12'de görüldüğü gibi tüpler liyofilizasyon işlemi için liyofilizatörde bekletilmiştir.



Şekil 3.10. (a) avokado yaprak ekstraktı (1 mg/mL), (b) 1 mM  $\text{HAuCl}_4$  çözeltisi.



Şekil 3.11. Altın nanopartiküllerin yeşil sentezi.



Şekil 3.12. Altın nanopartikül içeren toz numune tüpü örneği.

### 3.4. Karakterizasyonların Gerçekleştirilmesi

*Persea americana* Mill. yapraklarından sentezlenen altın ve gümüş nanopartiküllerin morfolojik ve kimyasal karakterizasyonları Necmettin Erbakan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (BİTAM) bünyesinde bulunan cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir:

- STEM (ZEISS GeminiSEM 500) cihazı ile nanopartiküllerden görüntü alınmıştır. Tüm analizlerde sıvı numune kullanılmıştır.
- SEM analizi (HITACHI/SUI510) ile numunelerdeki elementel bileşimin ortaya konulması sağlanmıştır. Tüm analizlerde sıvı numune kullanılmıştır.
- UV-VIS-NIR spektrum analizi (Shimadzu UV-3600 Plus) gerçekleştirilmiştir. Altın ve gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonunda UV-Vis spektrum ölçümleri için 200-800 nm dalga boyu aralığı baz alınmıştır. Tüm analizlerde sıvı numune kullanılmıştır.
- FT-IR analizinde Thermo Scientific – Nicolet IS20 model cihazdan yararlanılmıştır. Avokado yaprak ekstresi, gümüş ve altın

nanopartiküllerin analizi ayrı olarak yapılmıştır. Analiz için sentezlenen gümüş ve altın nanopartikül numuneleri kullanılmıştır. Tüm analizler için sıvı numune kullanılmıştır.

- Nanopartiküllerin XRD (X-Işını difraktometresi) karakterizasyonu (PANalytical Empyrean) gerçekleştirilmiştir. Analiz için sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin toz formları kullanılmıştır.
- Nanopartiküllerin boyutu ve Zeta potansiyel (Micromeritics – Nanoplus 3) karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Tüm analizlerde sıvı numuneler kullanılmıştır.

### 3.5. Gümüş ve Altın Nanopartiküllerin Biyolojik Aktivitesi

*Persea americana* Mill. (avokado) yaprak ekstraktı, gümüş ile altın nanopartiküllerin antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla tek bir metot yeterli olmadığından birçok metottan yararlanılmıştır. Bunun için Toplam Antioksidan Kapasitesi, DPPH aktivitesi, ABTS aktivitesi, CUPRAC (Bakır indirgeme gücü) aktivitesi, FRAP (Demir indirgeme gücü) ve metal şelatlama aktiviteleri gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra Toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğe bakılmıştır.

#### 3.5.1. Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi için Metotlar

##### 3.5.1.1. Toplam Antioksidan Kapasite Testi

*Persea americana* Mill. (avokado) yaprak ekstraktı ile avokado yaprak ekstraktından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin toplam antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla Fosfomolibdat testinden yararlanılmıştır. Bu testin prensibi asidik bir ortamda Mo (VI)→Mo (V) indirgenmesine dayanmaktadır. Bunun sonucunda mavi-yeşil renkte oluşan kararlı bir kompleksin absorbansı 695 nm’de okutularak elde edilmektedir. Testin gerçekleştirilmesi için 90° C’de numune çözeltileri ile reaktif çözeltisi sırasıyla karıştırılarak 90 dakika boyunca gözlemlenmiştir. Süre tamamlandıktan sonra kendi halinde soğutulur. Soğumasını takiben numunelerin absorbans değerleri 695 nm’de kaydedilmiştir. Hesaplaması için Troloks standartından yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Troloks eşdeğeri olarak belirtilmiştir (Prieto vd., 1999).

### 3.5.1.2. DPPH ve ABTS Aktivite Testleri

*Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı ile gümüş ve altın nanopartiküllerin serbest radikal süpürme aktivitesini test etmek amacıyla DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal süpürme aktivitesi ve ABTS [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)] aktivite testleri uygulanmıştır.

- a) DPPH testi Zengin ve diğerleri (2016)'nde bahsedildiği gibi Sarikurkcu'nün (2011) çalışmasına göre yapılmış, %0.004 metanolik DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. Ardından farklı miktar/konsantrasyonlarda numuneler ayrı ayrı hazırlanarak DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır. Hazırlanan numuneler spektrofotometre aracılığıyla 517 nm'de absorbans ölçümleri yapılmıştır (Sarikurkcu, 2011).
- b) ABTS testi için Zengin ve diğerleri (2016)'nin de bahsettiği gibi 734 nm absorbans değerinde okunarak gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarında Troloks standardı uygulanmış, Troloks eş değeri (mg TE/g) olarak belirtilmiştir.

### 3.5.1.3. FRAP ve CUPRAC İndirgeme Testleri

*Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı ile gümüş ve altın nanopartiküllerin FRAP ve CUPRAC indirgeme testleri antioksidan aktivite açısından önemli testler arasında yer almaktadır.

- a) FRAP testi için asidik bir ortamda  $Fe^{3+}$ -TPTZ kompleksi içerisinde  $Fe(III) \rightarrow Fe(II)$  indirgenmesi prensibine dayanmaktadır. FRAP (Demir İndirgeyici Antioksidan Kapasite) testi için ilk olarak reaktif çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra önceden hazırlanmış numune eklenmiştir. Numuneler 30 dakika boyunca laboratuvar ortam sıcaklığında tutulmuştur. Sürenin tamamlanmasından sonra spektrofotometre aracılığıyla 595 nm'de absorbans değeri kaydedilmiştir. FRAP aktivite test sonucu Troloks eş değeri (mg TE/g) olarak belirtilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).
- b) CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasite) testi için Apak ve diğerlerinin (2007) metodundan yararlanılmıştır. Deneyin tamamlanmasından sonra kontrol çözeltisi ve numunenin bulunduğu çözelti spektrofotometre yardımıyla 450 nm'de absorbans değeri kaydedilmiştir. CUPRAC test

sonuçlarında standart olarak Troloks standardı kullanılmıştır. Troloks eşdeğeri (mg TE/g) olarak verilmiştir.

#### **3.5.1.4. Metal Şelatlama Aktivitesi**

*Persea americana* Mill. yaprak su ekstraktı ve bu bitkiden sentezlenen gümüş ile altın nanopartiküllerin  $Fe^{2+}$  iyonlarını şelatlama kapasiteleri Dinis ve diğerleri (1994)'nin yöntemine göre belirlenmiştir. Yaprak ekstraktından (2 mg/ml) 2 mL konulan deney tüplerine 2 mM 0.05 ml  $FeCl_2$  çözeltisi ilave edilmiştir. Tepkime, 0.2 ml 5 mM ferrozin eklenerek başlatılmıştır. Tüpler karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 10 dakika inkübasyona bırakılmış ve daha sonra 562 nm'de absorbans ölçümü yapılmıştır. Aynı işlemler şelatlayıcı ajan olan EDTA için de yapılmıştır. Ferrozin- $Fe^{2+}$  oluşum inhibisyonu (%) ile deney sonuçları hesaplanmış ve EDTA eş değeri olarak değerlendirilmiştir (mg EDTA/g).

#### **3.5.1.5. Toplam Fenolik Madde Testi**

Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin toplam fenolik madde miktarını belirlemek için Zengin ve Aktumsek'te (2014) bahsedildiği gibi Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır. Standart olarak gallik asit kullanılmış ve elde edilen sonuçlar gallik asit eş değeri (mg GAE/g) olarak belirtilmiştir.

#### **3.5.1.6. Toplam Flavonoid Madde Testi**

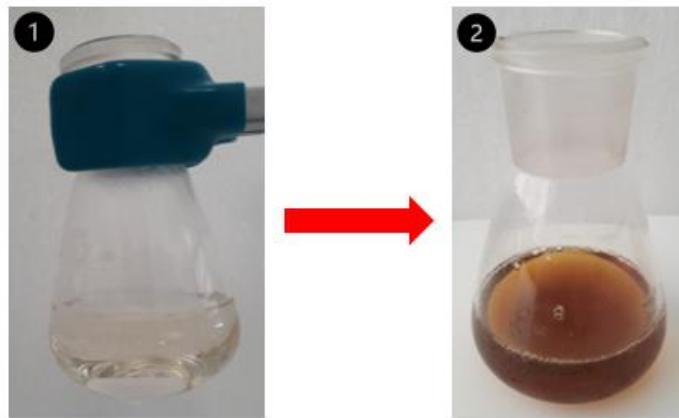
Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin toplam flavonoid madde miktarını belirlemek için Zengin ve Aktumsek'te (2014) belirtildiği gibi  $AlCl_3$  yöntemiyle gerçekleştirilmiş ve standart olarak rutin kullanılmıştır. Sonuçlar, rutin eş değeri (mg RE/g) olarak belirtilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında *Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı kullanılarak gümüş ile altın nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Ardından UV-Vis-NIR spektroskopisi, STEM, FT-IR, XRD, SEM, nanopartikül boyutu ve Zeta potansiyeli gibi karakterizasyon yöntemleri ile altın ve gümüş nanopartiküllerin karakterizasyon analizleri yapılmıştır. Daha sonra elde edilen bu gümüş ve altın nanopartiküller ile yaprak ekstraktının biyolojik aktivitesini araştırmak amacıyla da toplam antioksidan kapasitesi, DPPH, ABTS, CUPRAC, FRAP ve metal şelatlama aktivitelerinin yanında toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarına da bakılmıştır.

##### 4.1. Gümüş Nanopartikül Sentezi

Gümüş nanopartikül sentezi için yapılan çalışmalarda çözeltinin rengi kullanılan bitkiye göre değişmektedir. Çünkü, bitkilerdeki farklılık ve biyoçeşitlilik sonucu kendisinde bulundurduğu pigmentler neticesinde ekstrakt renginde farklılıklar olabilmektedir. Literatür çalışmaları incelendiğinde çözeltilerde çeşitli renk geçişleri bulunmaktadır. Örneğin, bitki ekstraktları ile sentezlenen gümüş nanopartiküllerin çözelti renginin açık kahve renginden koyu kahve rengine (Arslantürk vd., 2019; Lemus-de la Cruz vd., 2023), açık yeşilden kahverengimsi kırmızıya (Thomas vd., 2023), renksizden koyu kahveye (Darroudi vd., 2011; Gün Gök, 2021) gibi dönüştüğü görülmektedir. Fakat yaygın olarak çözeltinin rengi sarı veya açık kahveden koyu kahveye geçişin olduğu anlaşılmaktadır (Aziz vd., 2019; Rajati vd., 2023). Bu tez çalışmasında da gümüş nanopartikül sentezinin başlangıcında açık sarıdan kahverengine dönüştüğü Şekil 4.1'de gözlemlenmiş ve çözelti renginin diğer çalışmalardaki bulgularla tutarlı olduğu görülmüştür. Gümüş nanopartikül sentez süresi 45 dakika ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 4.1. (1) numaralı fotoğraf sentezin başlangıcındaki çözelti rengini, (2) Sentez sonrası meydana gelen çözelti rengini göstermektedir.

## 4.2. Altın Nanopartikül Sentezi

Altın nanopartikül sentezi tepkime sonunda elde edilen çözeltinin rengi genel olarak koyu pembe, mor menekşe veya kırmızımsı gibi renk tonlarına dönüştüğü görülmektedir. Çalışmalarda *Milletti pinnata*, *Eriobotrya japonica*, *Curcuma pseudomontana*, *Amygdalus communis* ve *Ricinus communis* gibi bitki ekstraktları kullanılarak sentezlenen nanopartiküllerin çözelti renkleri irdelendiği zaman sarı renkten kırmızımsı mor tonuna doğru değişim gösterdiği görülmektedir (Baran vd., 2023; Kumar vd., 2019; Muniyappan vd., 2021; Rahman vd., 2021; Serdar, 2021; Shilpha vd., 2022). Bu tez çalışmasında avokado yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen altın nanopartiküller literatürdeki çalışmalara paralel şekilde kırmızımsı tonlara doğru değişim göstermiştir. Altın nanopartikül sentezinin başlangıcından son haline kadar değişen görüntüsü Şekil 4.2’de görülmektedir. Ayrıca altın nanopartikül sentezi laboratuvar ortamı koşullarında ( $\approx 28^\circ \text{C}$ ) gerçekleştirilmiş ve renk değişimi 15 dakika içinde tamamlanmıştır.

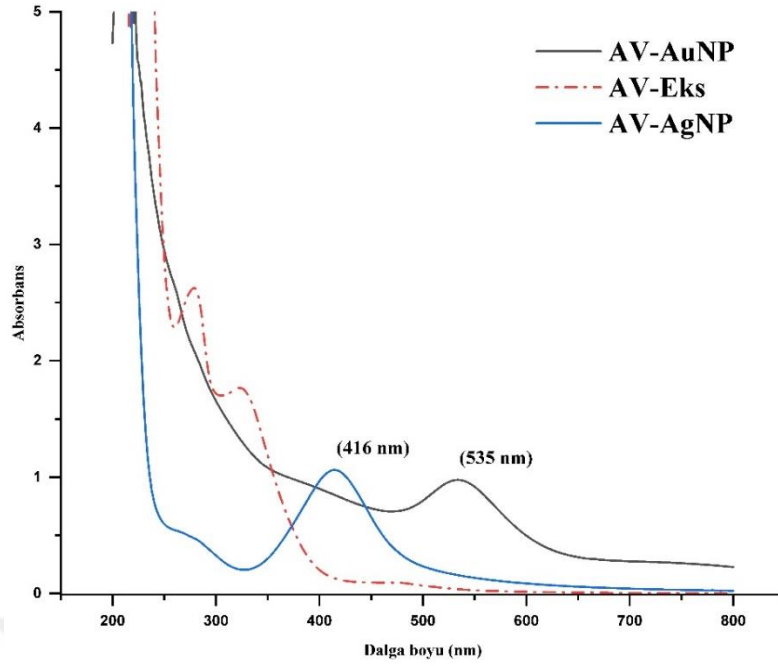


Şekil 4.2. Altın nanopartikül sentezinin renk değişimi

## 4.3. Karakterizasyon Analiz Bulguları

### 4.3.1. UV- Vis-NIR Spektroskopi Bulguları

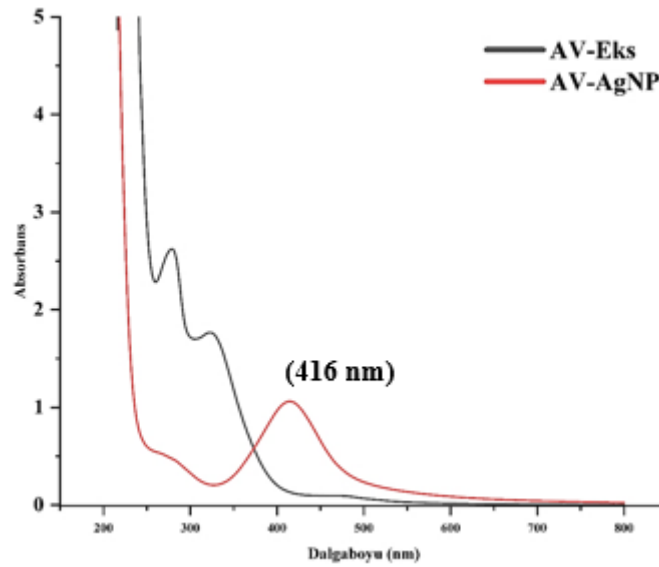
UV-Vis-NIR- spektroskopisinde numuneler mor ötesi ve görünür bölge dalga boyundaki ışığa maruz bırakılır. Bunun sonucunda nanometre değerinde bir spektrum verisi elde edilmektedir. Bu tez çalışmasında 3 mL’lik sıvı numune hazırlanarak 200-800 nm arası değerlerde ölçüm yapılmıştır. Grafik çizimleri için Origin 2023b SR1 programı kullanılarak veriler görselleştirilmiştir. Şekil 4.3’de avokado yaprak ekstraktının, avokado yaprak ekstraktından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin UV-Vis spektrum grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Avokado yaprak ekstraktı, altın ve gümüş nanopartiküllerin UV-Vis-NIR spektrum grafiği.

#### 4.3.1.1. Gümüş Nanopartiküllerin UV-Vis-NIR Spektrumu

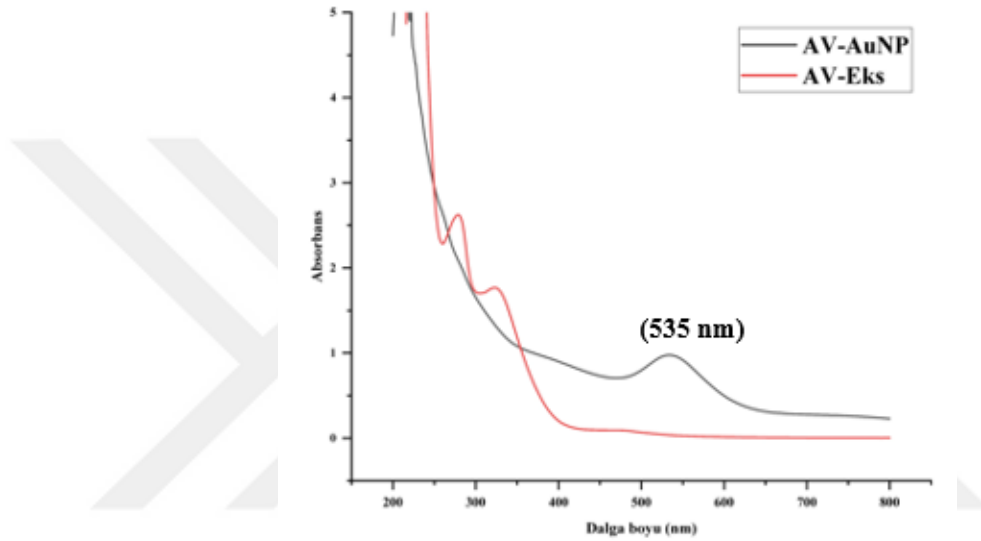
Avokado yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküller UV-Vis-NIR spektrum analizinde 416 nm absorbans değeri göstermiştir (Şekil 4.4). Literatüre göre gümüş nanopartiküller UV spektrumunda 350-500 nm arasında absorbans değerleri vermektedir. Gümüş nanopartikül sentezi yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında absorbans değerinin tutarlı olduğu görülmüştür (Adhikari vd., 2019; Salazar vd., 2018).



Şekil 4.4. Gümüş nanopartiküllerin ve yaprak ekstraktının UV-Vis-NIR spektrum grafiği.

#### 4.3.1.2. Altın Nanopartiküllerin UV-Vis-NIR Spektrumu

Avokado yaprak ekstraktı ile sentezlenen altın nanopartiküllerin absorbands değeri 535 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. Altın nanopartiküller UV spektrumunda 500-600 nm dalga boyları arasında absorbands değeri göstermektedir. Sonuç olarak bu tez çalışmasında kaydedilen 535 nm absorbands değeri yapılmış diğer çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (Baran vd., 2023; Dehghani vd., 2022; González-Ballesteros vd., 2023; Odongo vd., 2022). Şekil 4.5'te ise altın nanopartiküllerin ve avokado yaprak ekstraktının UV-Vis-NIR spektrum grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Altın nanopartiküllerin ve avokado yaprak ekstraktının UV-Vis-NIR spektrum grafiği.

#### 4.3.2. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrum (FT-IR) Bulguları

FT-IR analizi, avokado yaprak ekstraktı ile gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgenmesinde rol oynayıcı bileşiklerin, fonksiyonel grupların analizini yapmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. FT-IR analizi için 600 – 4000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında ölçüm yapılmıştır. FT-IR ham verileri grafiğe çevrilirken Origin 2023b SR1 bilgisayar programından yararlanılmıştır. *Persea americana* Mill. yaprak ekstresi ve yaprak ekstraktı kullanılarak sentezlenen altın ve gümüş nanopartikül FT-IR spektrumu için elde edilen veriler Tablo 4.1'de sunulmuştur.

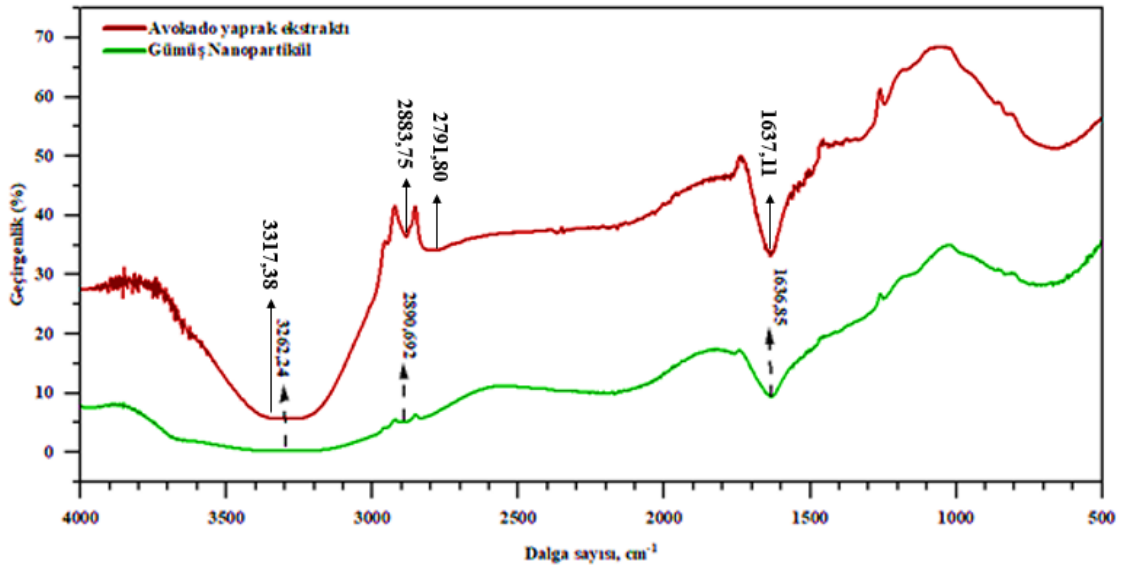
Tablo 4.1. Nanopartiküllerin FT-IR spektrumları.

Gümüş nanopartikül	Avokado yaprak ekstraktı	Altın Nanopartikül
1248,72*	1246,12*	1261,21*
1636,85	1637,11	1637,75
2890,96	2791,80	2116,97
3262,24	2883,75	3301,05
	3317,38	

(\*) ile belirtilen değerler parmak izi bölgesinde yer aldığından değerlendirilmemiştir.

#### 4.3.2.1. Gümüş Nanopartikül FT-IR Grafiği

Avokado ekstrakt spektrumu ile gümüş nanopartikül FT-IR spektrum değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Grafiğin sağından itibaren sola doğru incelendiğinde  $1500\text{ cm}^{-1}$ 'in üzerinde  $1636,85\text{ cm}^{-1}$  pik değeri bulunmaktadır. Bu değer, çift bağ bölgesinde bir alken etkileşiminin bulunabileceğini göstermektedir (Barbhuiya vd., 2022). Spektrum grafiğinde,  $3000\text{ cm}^{-1}$  noktası ayrı olarak referans alındığı zaman spektrum biraz altında kalan  $2890,69\text{ cm}^{-1}$  değeri, bölgede tekli karbon ve hidrojen bağı ile  $sp^3$  hibritleşmesi olabileceğini yansıtmaktadır (Yılmaz Öztürk ve Öztürk, 2020). Ancak sinyalin oldukça geniş bir şekilde yayıldığı görülmektedir. Grafiğin en solunda yer alan  $3262,24\text{ cm}^{-1}$  değeri geniş bir yayılım göstermektedir ve sonuç olarak bu değer in alkol ve fenol fonksiyonel gruplar ait olabileceği söylenebilir (Adhikari vd., 2022).

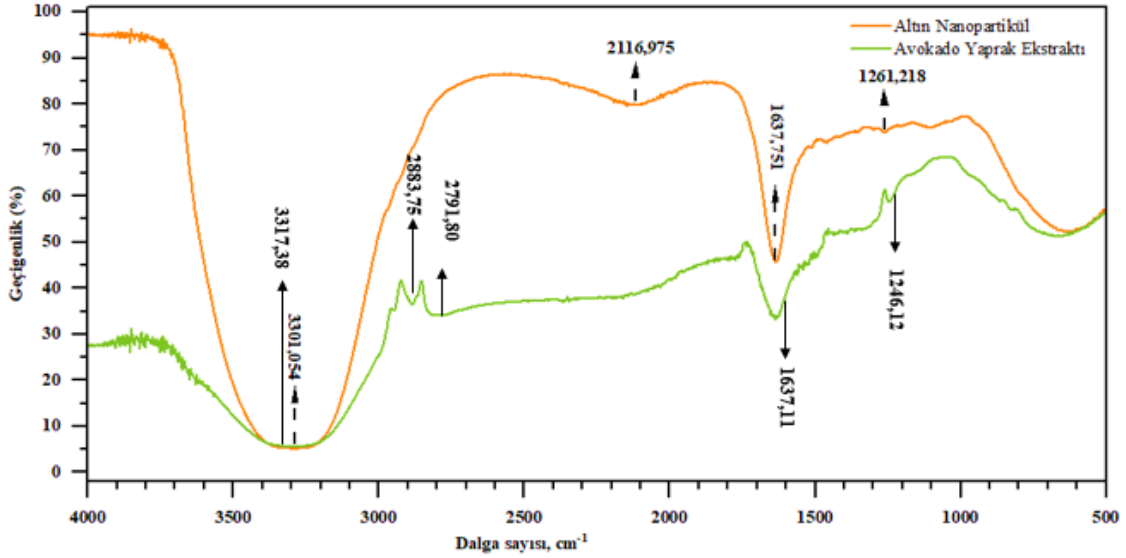


Şekil 4.6. Gümüş nanopartikülün FT-IR grafiği.

#### 4.3.2.2. Altın Nanopartikül FT-IR Grafiği

Avokado yaprak ekstraktı ile altın nanopartikülün FT-IR grafiği Şekil 4.7'de görüldüğü üzere altın nanopartikül spektrumunda  $1637,11\text{ cm}^{-1}$  pik değeri çift bağ alken grubu olabilir (Majeed vd., 2022). Genel olarak spektrum grafiğinde  $2100\text{ cm}^{-1}$  değeri, üçlü bağ yapmış karbon atomu gerilmesini temsil etmektedir. Buradan hareketle, altın nanopartikül FT-IR spektrumunda görülen  $2116,97\text{ cm}^{-1}$  karbon-hidrojen gerilme titreşimi görülmekte ancak bunun zayıf olduğu, ayrıca avokado ekstrakt spektrum grafiğinde belirgin şekilde görülemediği söylenebilir (Maduray vd., 2022). Yaklaşık olarak  $3400-3200\text{ cm}^{-1}$  değerleri arasında geniş bir bant halinde  $3301,05\text{ cm}^{-1}$  değeri

görülmektedir. Bu değerin asit özellikli hidroksil fonksiyonel grup olabileceği tahmin edilmektedir (Hatipoğlu vd., 2023).



Şekil 4.7. Avokado yaprak ekstraktı ile altın nanopartikülün FT-IR spektrum grafiği.

### 4.3.3. Taramalı Geçirimli Elektron Mikroskopisi (STEM) ve SEM Bulguları

Taramalı geçirimli elektron mikroskobu (STEM), nanopartiküllerin iki boyutlu görüntüsü ve morfolojisi hakkında bilgi vermektedir. STEM’de elde edilen bulgular, UV-Vis-NIR ve XRD spektrum analizlerinden alınan sonuçlar ile uyumludur.

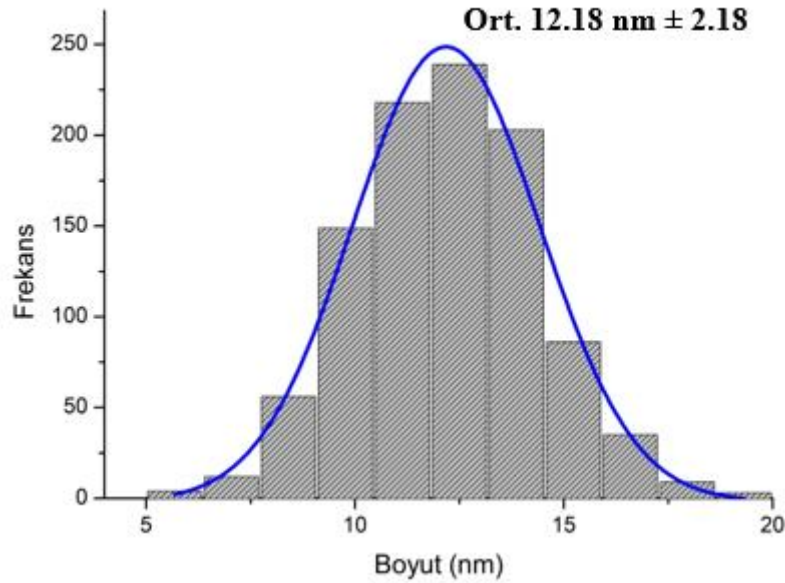
#### 4.3.3.1. Gümüş Nanopartikül

STEM aracılığıyla görüntüleri elde edilen gümüş nanopartiküllerin sayısı, ortalama boyutu ImageJ programı kullanılarak hesaplanmıştır. Avokado yapraklarından sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait görüntüler Şekil 4.9’da farklı büyütme oranlarında gösterilmektedir. Gümüş nanopartiküllerin genellikle küresel morfolojiye sahip olduğu görülmüştür. Gümüş nanopartiküllerin boyut açısından en küçüğü 5.90 nm, en büyük nanopartikülün boyutu 19.16 nm olarak ölçülmüş, ortalama olarak  $12.18 \pm 2.18$  nm olduğu söylenebilmektedir. Gümüş nanopartiküllerin boyut dağılım grafiği Şekil 4.8’de gösterilmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde 10-20 nm arasında gümüş nanopartiküller elde ettiği görülmektedir (Ahmad vd., 2022; Erenler vd., 2023; Lemus-de la Cruz vd., 2023; Pushparaj vd., 2023). Özellikle kimyasal metot ve yeşil sentez metodu ile gerçekleştirilen bir çalışmada, gümüş nanopartiküllerin boyutunun yeşil sentez ile küçüldüğü raporlanmıştır (Kumar Tyagi vd., 2023). Avokadonun yapraklarından etanolik ekstrakt hazırlanarak yapılan gümüş nanopartikül çalışmasında nanopartikül boyut aralığının 40-92 nm olduğu bildirilmektedir (Selvam

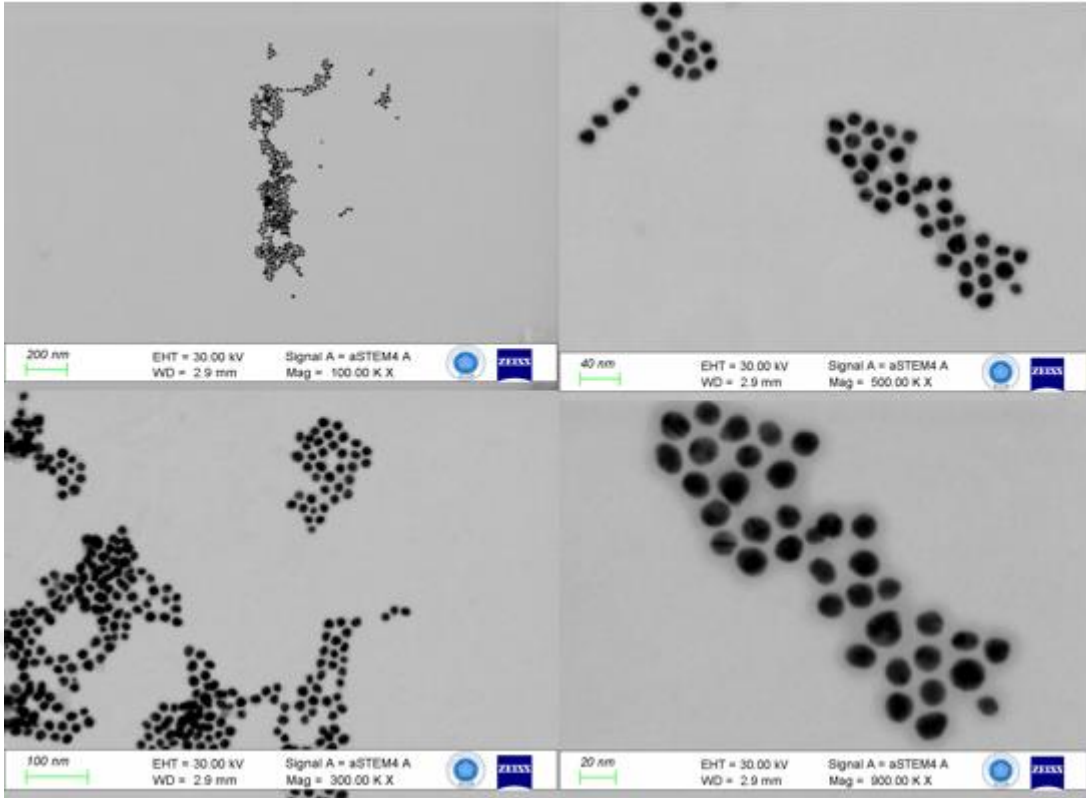
vd., 2020). *Litsea glutinosa*'dan sentezlenen gümüş nanopartiküllerin de 10-40 nm arasında olduğu bildirilmiştir (Koteswara Rao vd., 2022). 5 mM gümüş nitrat çözeltisi kullanılarak avokado yaprak ekstraktı aracılığıyla sentezlenen gümüş nanopartiküllerin boyutunun geniş aralıklı 2-70 nm olduğu görülmektedir. Bu nedenle, nanopartiküllerin sentezinde molaritenin gümüş nanopartikülün boyutu ve yoğunluğunu etkilediği söylenebilmektedir (Kumar Giri vd., 2022).

Gümüşe ait SEM görüntüleri Şekil 4.10'da sunulmaktadır. Ayrıca, spektrum grafiğinde gümüşün mevcudiyetini ispat eden yaklaşık olarak ~3 keV değerinde iyi bir absorpsiyon piki ve ayrıca gümüş yüzdesinin %60.4 oranında olması, baskın bir şekilde elementel varlık göstermektedir. Bunun yanında gümüş elementini karbon takip etmekte ve az oranlarda da oksijen, azot ve klor gibi elementlerin var olduğu tespit edilmiştir.

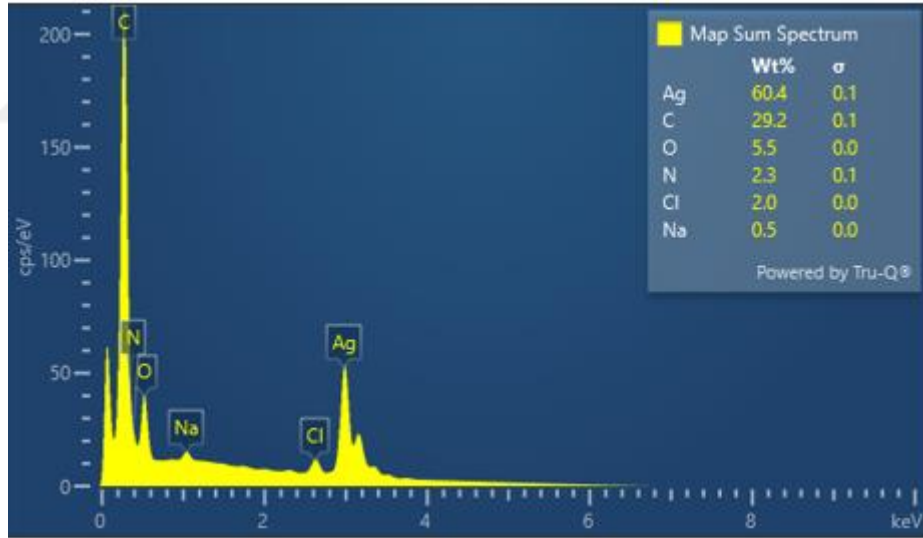
Adebayo ve diğerlerinin (2019) *Persea americana* meyve kabuğu ile sentezlediği altın ve gümüş nanopartiküllerin EDX spektrumları ile benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. *P. americana* tohumu ile yapılan bir başka çalışmada da ~3 keV değeriyle aynı sonuçların elde edildiği görülmüştür (Rajkumar ve Sundar, 2022). Aynı zamanda avokado dışında farklı bitkiler ile sentezi yapılan gümüş nanopartikülün EDX sonuçları ile aynı olduğu tespit edilmiştir (Aydın Acar vd., 2023; Singh vd., 2023; Thomas vd., 2023).



**Şekil 4.8.** Gümüş nanopartiküllerin boyut dağılım grafiği.



Şekil 4.9. Biyosentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin farklı oranlarda büyütülmüş STEM görüntüleri.



Şekil 4.10. Gümüş nanopartikülün SEM spektrum grafiği.

#### 4.3.3.2. Altın Nanopartikül

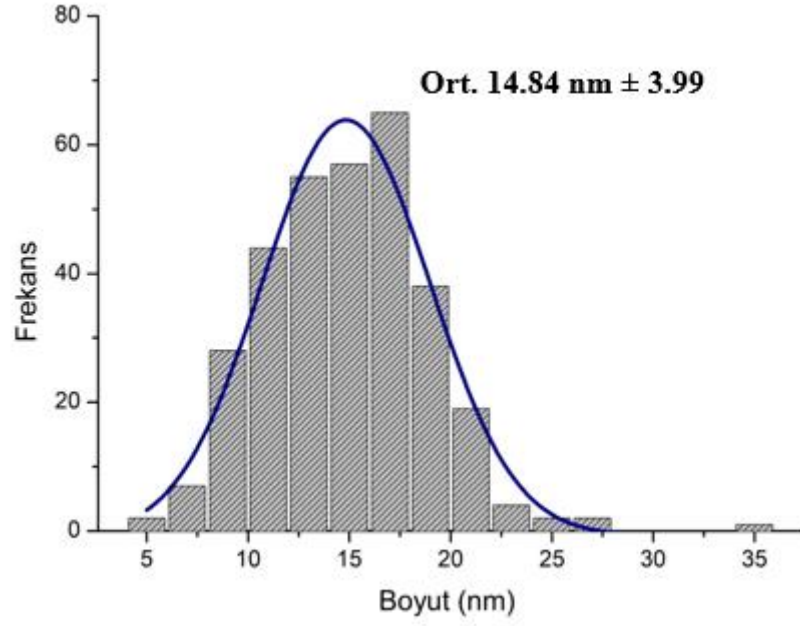
Avokado yaprağından sentezlenerek elde edilen altın nanopartiküllerin taramalı geçirimli elektron mikroskopundaki (STEM) görüntüleri Şekil 4.12’de görülmektedir. STEM’de görülen altın nanopartiküllerin başarılı bir şekilde nano boyut seviyesinde olduğu görülmüştür. STEM görüntülerinde altın nanopartiküllerin morfolojisi çeşitlilik gösterebilmektedir. Altın nanopartiküller küresel, üçgen, beşgen, altıgen veya

dörtüzlü gibi farklı geometrik şekillerde bulunduğu bilinmektedir (Rather vd., 2022; Shilpha vd., 2022).

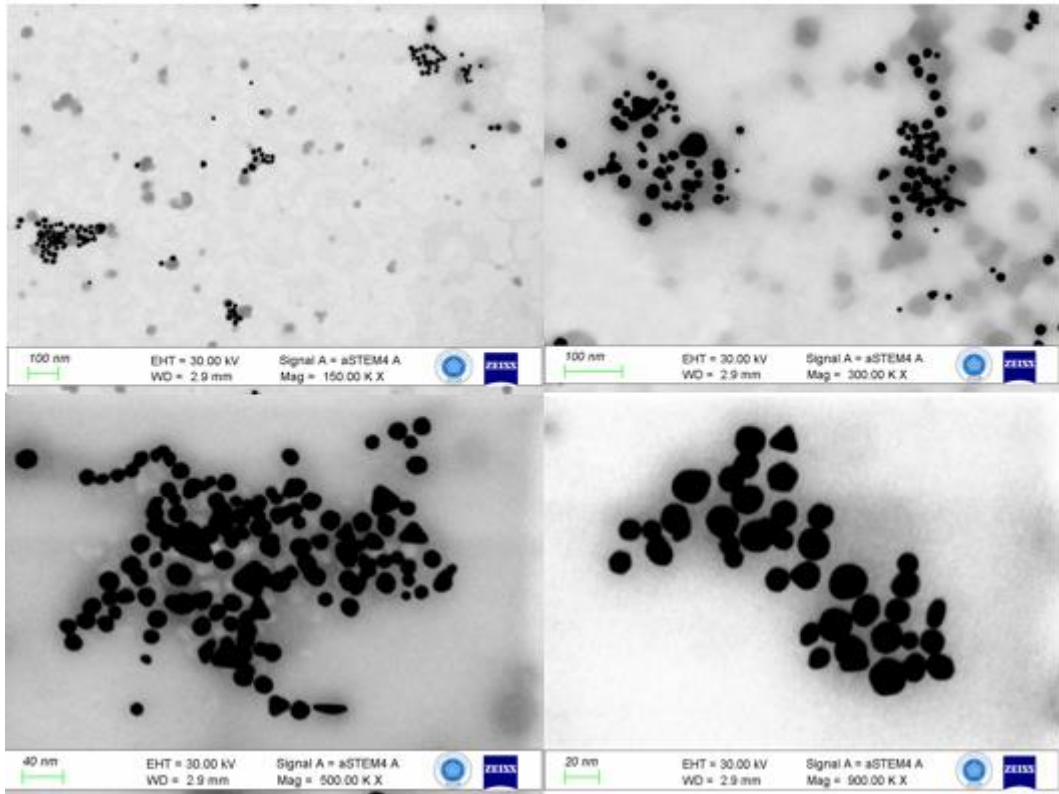
Bu tez çalışmasındaki altın nanopartikülün STEM sonuçlarına göre altın nanopartiküllerin az sayıda üçgen ve çoğunlukla küresel morfolojiye sahip olduğu görülmüştür. Altın nanopartiküllerin boyutu dağılım grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir. Altın nanopartikül sentezi ile ilgili literatüre bakıldığında 1-100 nm arasında nanopartiküllerin elde edildiği söylenebilmektedir (Al-Radadi, 2021; Dehghani vd., 2023; López-Miranda vd., 2019; Soto vd., 2023).

Bu tez çalışmasında altın nanopartiküllerin boyut açısından en küçüğü 5.76 nm, en büyük nanopartikülün boyutu 34.63 nm iken ortalama olarak  $14.84 \pm 3.99$  nm aralığında olduğu belirlenmiştir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçların Gao ve diğerlerinin (2022) yaptığı çalışma ile uyumlu olduğu görülmüştür.

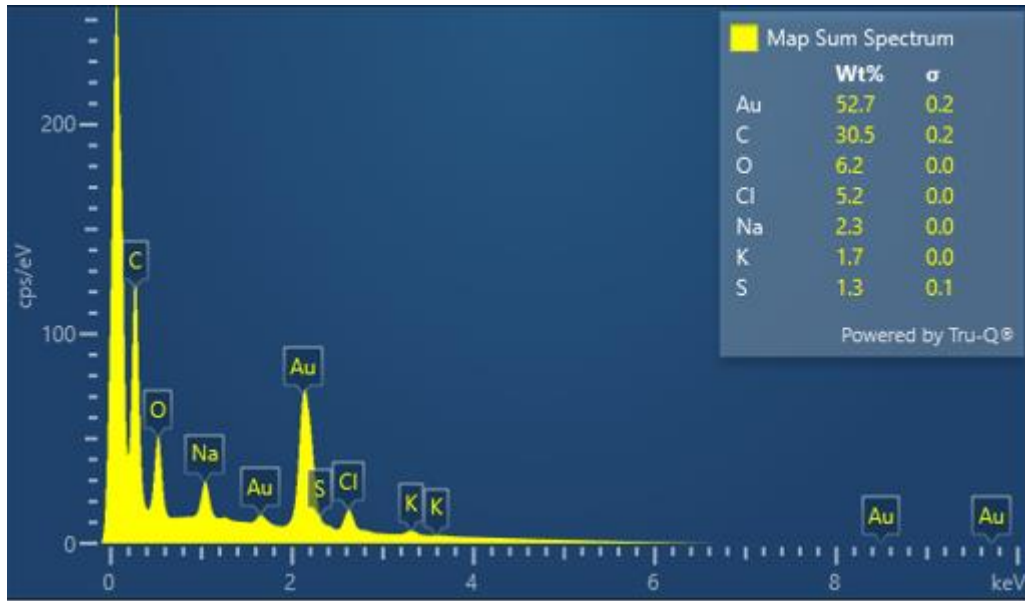
Altın nanopartikül için SEM spektrum grafiği Şekil 4.13'de gösterilmektedir. Grafiğe göre, altın nanopartikülün yaklaşık olarak ~2 keV değeri ortaya çıkmıştır. Altın elementinin %52.7 oranıyla varlığı görülmektedir. Altını takiben karbon (%30.5), oksijen, klor ve sodyum gibi diğer elementlerin de eser miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Altın nanopartiküller, karakteristik olarak 2.2 keV pik değeri göstermektedir (Patil vd., 2023b). Böylece bu tez çalışmasında elde edilen spektrum değerleri ile farklı bitkiler kullanılarak altın nanopartikül sentezi yapılmış çalışmaların EDX spektrum sonuçları arasında benzerlik bulunmaktadır (Adebayo vd., 2019).



Şekil 4.11. Altın nanopartiküllerin boyut dağılım grafiği.



Şekil 4.12. Avokado yaprağından sentezlenmiş altın nanopartiküllerin farklı oranlarda büyütülmüş STEM görüntüleri.

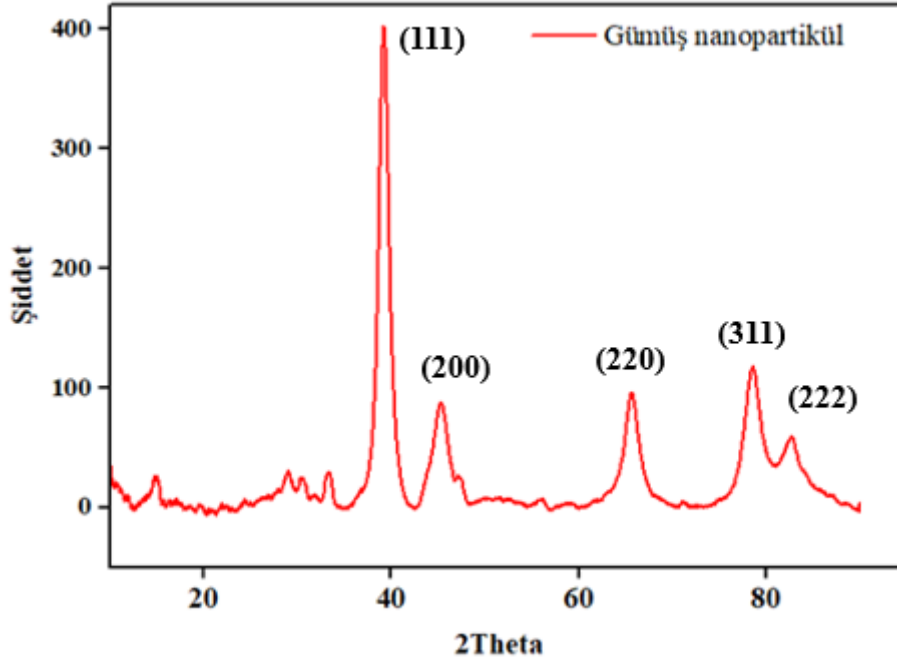


Şekil 4.13. Altın nanopartikülün SEM spektrum grafiği.

#### 4.3.4. X-ray Difraksiyon Bulguları

##### 4.3.4.1. Gümüş Nanopartikül

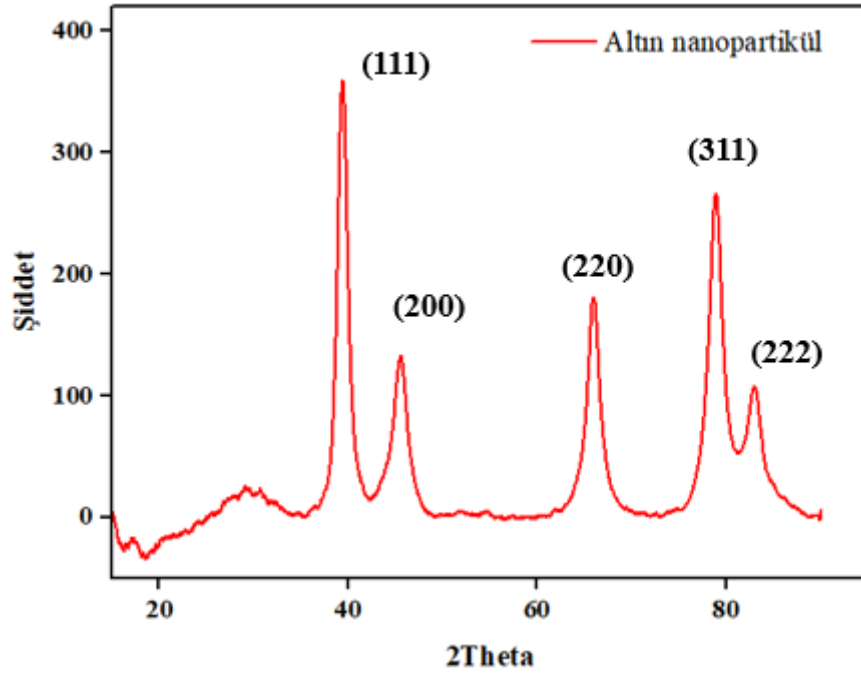
*Persea americana* Mill. yapraklarından sentezlenen gümüş nanopartiküllerin XRD grafiği Şekil 4.14'de gösterilmektedir. Gümüş nanopartiküller XRD grafiğinde 2-theta 39-82 düzleminde  $2\theta = 39,34^\circ$ ,  $45,42^\circ$ ,  $65,90^\circ$ ,  $79,12^\circ$  ve  $83,35^\circ$  pik değerleri ortaya çıkmıştır. Grafikteki büyük tepe değerlerine bakıldığında (111), (200), (220), (311) ve (222) düzlemleri elde edilmiştir. Elde edilen pikler Rajkumar ve Sundar'ın (2022) avokado tohumları üzerine yaptığı gümüş nanopartikül sentezi çalışması ile benzer olduğu görülmektedir. Ayrıca, tıbbi bir bitki olan *Salvia verticillata*, *Filipendula ulmaria* ve *Ageratum conyzoides*'den sentezlenen gümüş nanopartiküllerin XRD verileri ile uyumlu olduğu görülmektedir (Mihailović vd., 2023; Paramasivam vd., 2023).



Şekil 4.14. Gümüş Nanopartikülün XRD grafiği.

#### 4.3.4.2. Altın Nanopartikül

*Persea americana* Mill. yaprakları kullanılarak sentezlenen altın nanopartiküllerinin kristalize yapısı hakkında bilgi edinmek amacıyla XRD analizi yapılmıştır. Analiz ile ilgili görsel Şekil 4.15’de sunulmaktadır. Grafikteki verilere göre,  $2\theta = 38,23^\circ, 44,44^\circ, 64,68^\circ, 77,70^\circ$  ve  $81,87^\circ$  değerleri ölçülmüştür. Bu derecelerin karşılığı olarak (111), (200), (220), (311) ve (222) pikleri görülmektedir. Elde edilen sonuçlar yapılan çalışmalarla kıyaslandığında birbiriyle uyumludur (Asl vd., 2022). Avokado yapraklarından sentezlenen altın nanopartiküllerin kristal bir yapıya sahip olduğunu açıklamaktadır (Al-Radadi, 2021; Punnoose vd., 2022).

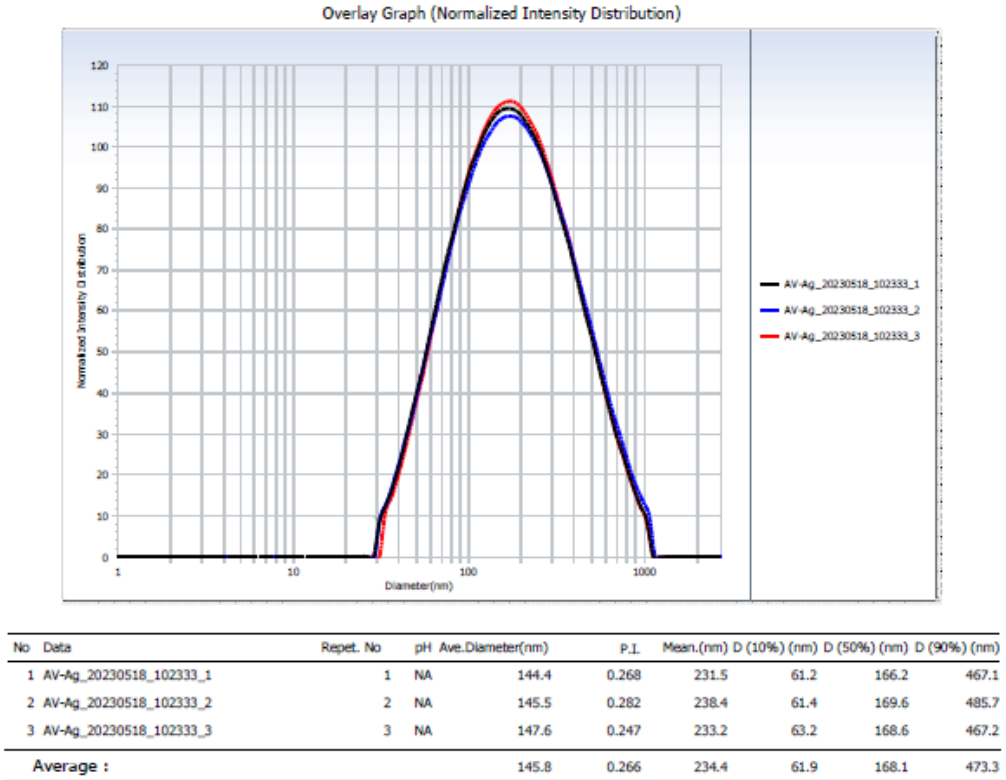


Şekil 4.15. Altın Nanopartikülün XRD spektrum grafiği.

#### 4.3.5. Nanopartikül Boyutu ve Zeta Potansiyeli

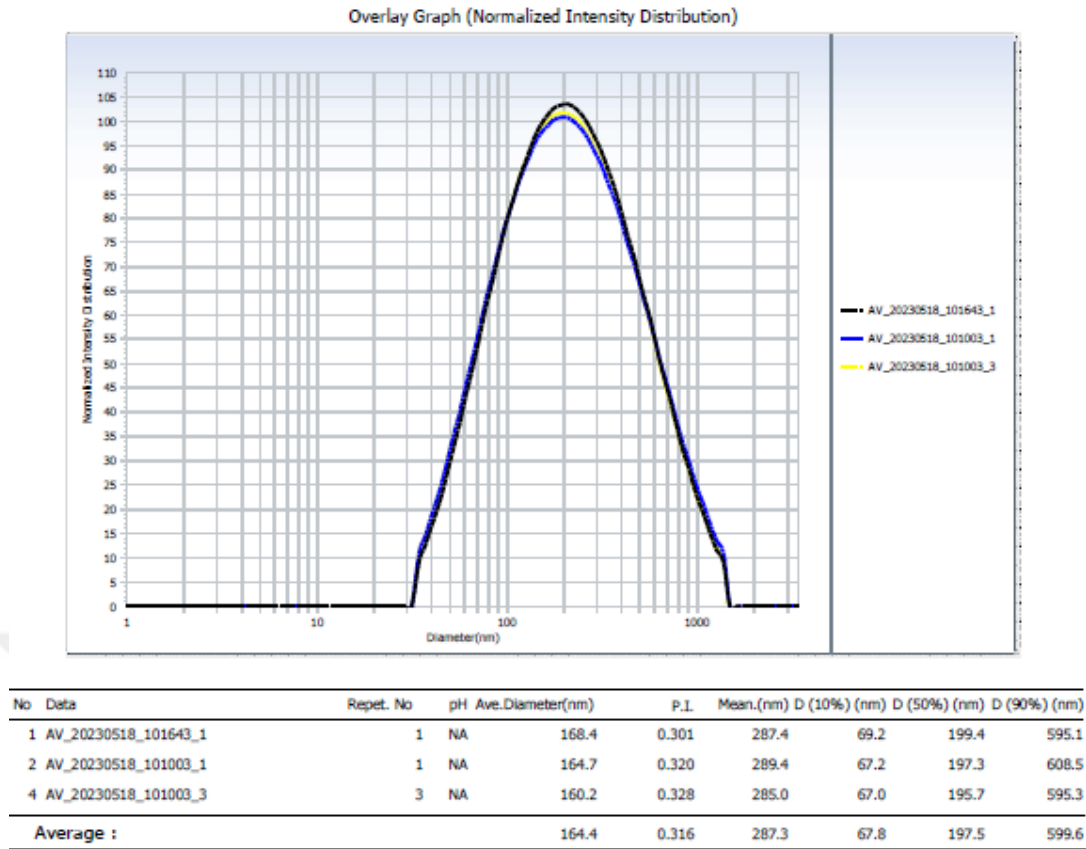
*Persea americana* Mill. yapraklarından sentezlenen gümüş ile altın nanopartiküllerin büyüklükleri ve gümüş ile altın nanopartikül yüzeylerinde bulunan elektrik yükünün belirlenmesi için partikül boyutu ve Zeta potansiyeli karakterizasyonu yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında avokado yaprakları kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin parçacık boyut dağılım sonucu Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Sonuçlara bakıldığında gümüş nanopartiküllerin ortalama parçacık boyutunun 145.8 nm olduğu ve polidispersite indeksi de 0.266 PDI olarak bulunmuştur. Rajkumar ve Sundar'ın (2022) çalışmasında *P. americana* tohum ekstraktı ile sentezlenen gümüş nanopartiküllerin PDI değeri 0.253 olarak bildirilmiştir. Hassanisaadi ve diğerlerinin (2022) çalışmasında *Aloysia citrodora* yapraklarından sentezlenen gümüş nanopartiküllerin de PDI bakımından benzer sonuçlar gösterdiği görülmüştür.

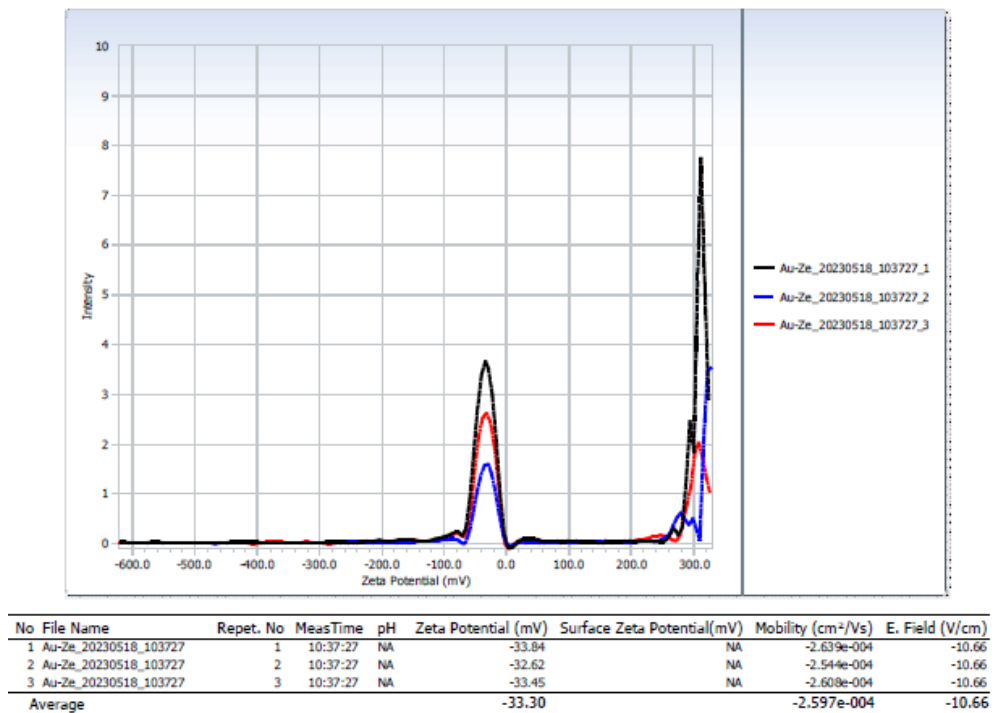


**Şekil 4.16.** Gümüş nanopartiküllerin parçacık boyut dağılımı.

Altın nanopartikül parçacık boyut dağılımı Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Şekil 4.17’ye göre altın nanopartiküllerin ortalama parçacık boyutunun 164.4 nm olduğu ve polidispersite indeksi 0.316 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.18’de ise altın nanopartiküllerin Zeta potansiyel sonucu yer almaktadır. Buna göre, altın nanopartikülün Zeta potansiyeli ortalama -33.30 mV olarak bulunmuştur. Al-Radadi’nin (2021) yaptığı çalışmaya göre tez çalışmasında elde edilen sonucun Zeta potansiyel değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında avokado yaprakları kullanılarak sentezlenen altın nanopartiküllerin kararlı olduğunu göstermektedir (Bhattacharjee vd., 2017).



Şekil 4.17. Altın nanopartiküllerin parçacık boyut dağılımı.



Şekil 4.18. Altın nanopartikülün zeta potansiyel grafiği.

#### 4.4. Avokado Yaprak Ekstraktı, Gümüş ve Altın Nanopartiküllerin Biyolojik Aktivite Bulguları

Nanopartiküllerin ve ekstrakt gibi maddelerin antioksidan aktivitelerini irdelemekteki amaç bu maddelerde bulunan metabolizma ve çeşitli hastalıkların sonucunda ortaya çıkan serbest radikal denilen moleküllerin verdiği zararı en aza indirebilme yetisini tespit etmektir. Antioksidanlar başta meyve ve sebzelerde olmak üzere bitkilerde doğal olarak bulunan bileşiklerdir (Erenler vd., 2023).

*Persea americana* Mill. (avokado) yapraklarından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin ve yaprak ekstraktının biyolojik aktivitesini belirlemek için farklı metotlar kullanılmıştır. Toplam antioksidan aktivitesi (Fosfomolibdat testi), DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC ve metal şelatlama aktivite testi uygulanmıştır. Bunların yanında toplam fenolik ve toplam flavonoid maddeye de bakılmıştır.

Literatür incelendiğinde avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküller üzerine yapılmış DPPH, ABTS ve FRAP gibi antioksidan aktivite çalışmaları bulunmakta ancak metal şelatlama aktivitesi açısından çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir (Ovalle-Marin, 2020; Solís-Salas vd., 2021).

##### 4.4.1. Toplam Antioksidan Kapasitesi

Toplam antioksidan kapasiteyi belirlemek için Fosfomolibdat testi uygulanmıştır. Fosfomolibdat testinde istenilen maddelerin antioksidan aktivitesini değerlendirebilmek amacıyla yaygın olarak tercih edilen bir yöntem olmuştur. Bu aktivite testinde asidik bir ortamda Mo(VI)→Mo(V) indirgenmesi prensibine dayanmaktadır. Bu aşamada mavi-yeşil renkli bir fosfat-Mo(V) kompleks oluşturan antioksidanlar çözeltideki fosfomolibdatı indirgemektedir (Prieto vd., 1999).

**Tablo 4.2.** Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin antioksidan aktivitesi.

Örnekler	Toplam fenolik (mg GAE/g ekstrakt)	Toplam flavonoid (mg RE/g ekstrakt)	Fosfomolibdat (mmol TE/g)
AV ekstrakt	86.35±0.56	20.22±0.33	2.74±0.01
Ag NP	15.25±0.48	nd	0.29±0.01
Au NP	7.49±0.33	nd	0.05±0.01

Ortalama ± S.D. GAE: Gallik asit eşdeğeri; RE: rutin eşdeğeri; TE: Troloks eşdeğeri; nd: tespit edilemedi

Tez çalışmasında avokado yaprak ekstraktının fenolik içeriğinin yüksek olduğu ve flavonoid varlığı görülmektedir. Bunun sonucunda nanopartikül sentezi için iyi bir indirgeyici rolü olduğunu ortaya koymaktadır. Gümüş ve altın nanopartiküllere uygulanan fosfomolibdat testi Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2 incelendiğinde *Persea*

*americana* Mill. yaprak ekstraktı 2.74 mmol TE/g, gümüş nanopartiküller 0.29 mmol TE/g ve altın nanopartiküller 0.05 mmol TE/g olarak tespit edilmiştir. Berk ve diğerlerinin (2011) *Asplenium ceterach* DC üzerine yapılan antioksidan çalışmasına göre avokado ekstraktının fosfomolibdat aktivitesi oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır.

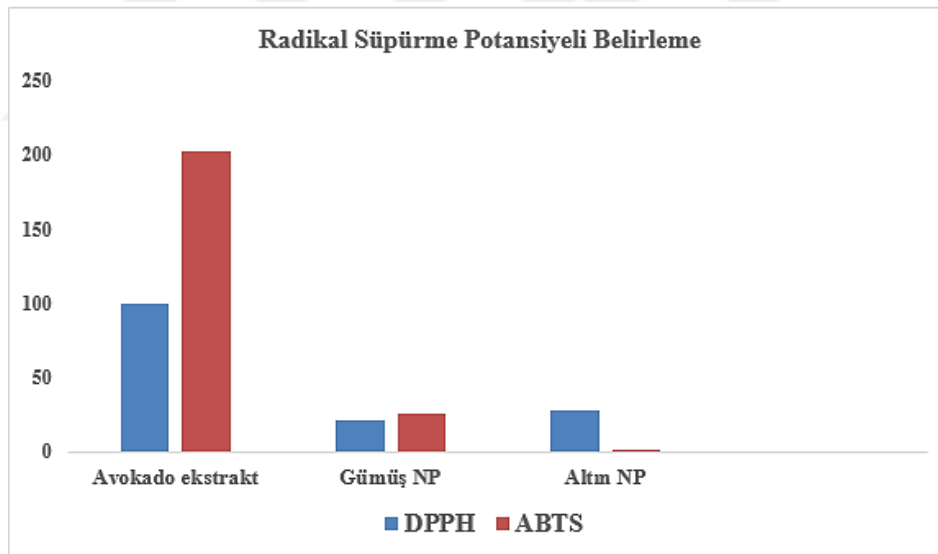
#### 4.4.2. DPPH ve ABTS Aktiviteleri

*Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı, yaprak ekstraktından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin radikal süpürme aktivitesi DPPH testi ile gerçekleştirilmiştir. Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin radikal süpürme aktivite sonuçları Tablo 4.3 ve Şekil 4.19'da görülmektedir.

**Tablo 4.3.** Yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin radikal süpürme potansiyeli sonuçları.

Örnekler	DPPH (mg TE/g)	ABTS (mg TE/g)
AV-ekstrakt	99.62 ± 0.18	202.56 ± 0.07
Ag NP	20.94 ± 6.70	25.66 ± 2.79
Au NP	28.14 ± 2.57	1.40 ± 0.31

Ortalama±S.D; TE: Troloks eşdeğeri; EDTAE: EDTA eşdeğeri. nd: tespit edilemedi



**Şekil 4.19.** Avokado yaprak ekstraktın, gümüş ve altın nanopartiküllerin DPPH ve ABTS aktivite grafiği.

*Persea americana* Mill. (avokado) yaprak ekstraktı ve bu ekstrakttan sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin DPPH test sonuçlarına bakıldığında bu tez çalışmasında kullanılan avokado yaprak ekstraktı Troloks eşdeğeri 99.62 mg TE/g olarak tespit edilmiştir. *P. americana* yaprakları ile yapılan bir başka antioksidan aktivite çalışmasında da 508.5 mg ET/g DPPH aktivitesinin yüksek olduğu görülmektedir (Solís-Salas vd., 2021). Yine avokado yapraklarının kullanıldığı başka

bir çalışmada DPPH değerinin (3.07 mg DS/g) tez çalışmasındakine göre daha az olduğu tespit edilmiştir (Ovalle-Marin, 2020).

Elde edilen bu değer Hovhannisyan ve diğerlerinin (2022) yaptığı *Ribes nigrum* L. bitkisinden elde edilen ekstrakt sonuçlarından daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Gümüş nanopartiküller için DPPH değeri 20.94 mg TE/g olarak bulunmuştur. Avokado yaprak ekstraktından sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antioksidan aktivitesi, *Rosa indica* L. çiçeklerinden sentezlenen gümüş nanopartiküllere göre yüksek olduğu görülmektedir (Balu vd., 2022).

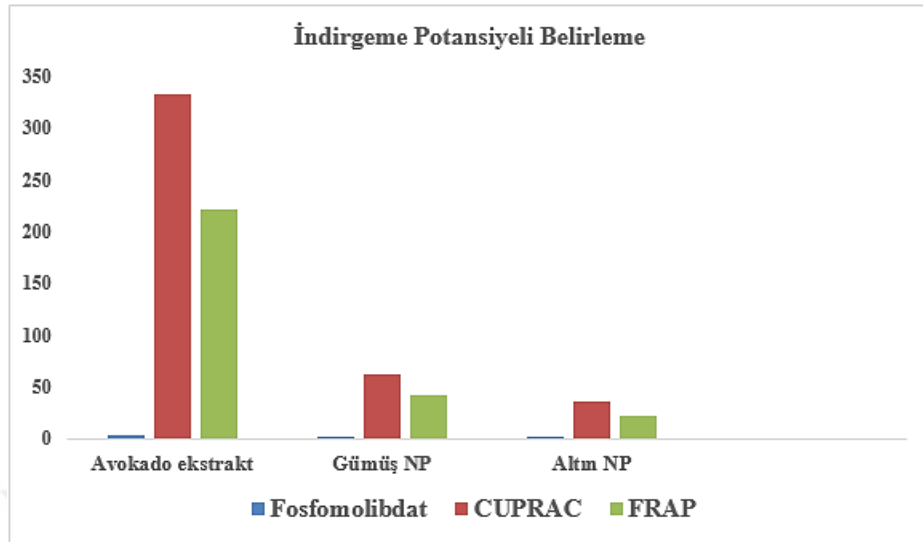
Altın nanopartiküllerde ise 28.14 mg TE/g olarak tespit edilmiştir. DPPH radikal süpürme deneyi sonucunda aktivitenin yüksek olması kullanılan numunenin antioksidan açıdan güçlü olduğunu kanıtlamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre avokado yaprak ekstraktı DPPH radikal süpürme potansiyeli açısından gümüş ve altın nanopartiküllerden daha iyi antioksidan aktivite göstermiştir. Ayrıca, altın nanopartikülün gümüşten daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği görülmüştür. DPPH radikallerini %73 gibi bir oranla inhibe eden *Halymenia pseudofloresii* ekstraktlarından sentezlenen altın nanopartikül çalışmasında 50 µg/mL konsantrasyonda oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Palaniyandi vd., 2023). Yapılan çalışmalara göre altın nanopartikül konsantrasyonu arttıkça antioksidan aktivitesinde de anlamlı bir artış olduğu Kasi ve diğerlerinin (2023) yaptığı çalışmada görülmüştür.

ABTS testinde avokado yaprak ekstraktı 202.56 mg TE/g ve gümüş nanopartiküllerin 25.66 mg TE/g değeri ile hem avokado yaprak ekstraktı hem de gümüş nanopartiküllerin güçlü bir antioksidan aktivite sergilediği tespit edilmiştir. Ancak Gecer ve Erenler (2023)'in yaptığı çalışmada *Echium vulgare*'den sentezledikleri gümüş nanopartiküllerin ABTS aktivitesi ekstrakt ABTS değerine kıyasla daha düşük seviyede olduğu görülmüştür. Avokado yaprak ekstraktında bulunan polifenoller, flavonoidler ve terpenoidler gibi fitokimyasallar sayesinde antioksidan aktivite açısından etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca, altın nanopartiküller avokado yaprak ekstraktına göre 1.40 mg TE/g değeri ile daha az aktivite gösterdiği görülmektedir. Bu tez çalışmasındaki bulguların *Persea americana* Mill. (avokado) meyvesi kullanılarak yapılan ABTS aktivite bulgularıyla benzer olduğu görülmüştür (Adebayo vd., 2019).

#### 4.4.3. CUPRAC ve FRAP Aktiviteleri

*Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı, yaprak ekstraktından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgeme güçlerinin tespit edilmesi için CUPRAC ve

FRAP aktivite testleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara ilişkin grafik Şekil 4.20’de sunulmaktadır.



Şekil 4.20. Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgeme gücü.

CUPRAC testinde nötral bir ortam içerisinde gerçekleşen  $\text{Cu}^{2+}$ -Neocuproine kompleksinde  $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{+}$  indirgenmesi prensibine dayanmaktadır (Apak vd., 2007). CUPRAC testinde avokado yaprak ekstraktı 333.28 mg TE/g, gümüş nanopartiküller 61.39 mg TE/g ve altın nanopartiküller 35.50 mg TE/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. Böylece avokado yaprak ekstraktı gümüş ve altın nanopartiküllere göre çok daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Partiküller arasında ise CUPRAC aktivitesi bakımından gümüş nanopartikülün daha etkili olduğu tespit edilmiştir. *Curcuma pseudomontana* bitkisinden sentezlenen altın nanopartiküllerin antioksidan çalışmalarında antioksidan aktivitenin doza bağlı olarak arttığı ve önemli antioksidan potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir (Muniyappan vd., 2021).

Bu tez çalışmasında avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin FRAP ve CUPRAC sonuçları Tablo 4.4’de görülmektedir. Avokado yaprağının FRAP değeri 221.11 mg TE/g olarak tespit edilmiştir. Gümüş ve altın nanopartiküle göre daha yüksek değer elde edildiği açıkça görülmektedir. Ekstraktı takip eden 41.99 mg TE/g ile gümüş nanopartikül olurken altın nanopartikül ise 21.48 mg TE/g olarak tespit edilmiştir. Avokado yaprağının bakır iyonu indirgeme gücü gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgeme gücüne kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak avokado yaprağının sekonder metabolitleri açısından zengin olması gösterilebilir. Benzer şekilde *Heracleum persicum*’dan sentezlenen gümüş nanopartikülleri de antioksidan aktivite göstermiştir (Hanachi, vd., 2022).

**Tablo 4.4.** Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin indirgeme gücü kapasitesi sonuçları.

Örnekler	CUPRAC (mg TE/g)	FRAP (mg TE/g)
AV-ekstrakt	333.28±9.51	221.11±12.53
Ag NPs	61.39±1.44	41.99±0.91
Au NPs	35.50±1.44	21.48±0.62

#### 4.4.4. Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Test Sonuçları

Avokado yaprak ekstraktının toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriği ile ilgili sonuçlar Tablo 4.5'te verilmiştir. Avokado yaprak ekstraktının toplam fenolik miktarı 86.35 mg GAE/g ekstrakt olarak tespit edilmiştir. Soledad ve diğerlerinin (2021) çalışmasındaki avokado tohumu kullanılarak etanolik (30.25 mg GAE/100 g) ve aseton (30.80 mg GAE/100 g) ekstraktlarının fenolik içeriği ile karşılaştırıldığında yaprak ekstraktındaki fenolik içeriğin daha yüksek olduğu görülmektedir. Elkader Abd ve diğerlerinin (2022) yaptığı çalışmada ise avokado yapraklarının antioksidan etkisinin meyveye kıyasla daha güçlü olduğu bildirilmiştir.

**Tablo 4.5.** Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin toplam fenolik ve flavonoid içeriği.

Örnekler	Toplam fenolik (mg GAE/g ekstrakt)	Toplam flavonoid (mg RE/g ekstrakt)
AV ekstrakt	86.35±0.56	20.22±0.33
Ag NP	15.25±0.48	nd
Au NP	7.49±0.33	nd

Ortalama ± S.D. GAE: Gallik asit eşdeğeri; RE: rutin eşdeğeri; nd: tespit edilemedi

#### 4.4.5. Metal Şelatlama Aktivitesi

*Persea americana* Mill. yapraklarından sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin metal şelatlama aktivite sonuçları Tablo 4.6'da görülmektedir. Avokado yaprak ekstraktının metal şelatlama aktivitesi 21.01 mg EDTAE/g olarak bulunmuştur. Literatür incelendiğinde *P. americana*, gümüş ve altın nanopartiküller ile ilgili metal şelatlama aktivitesi üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

**Tablo 4.6.** Avokado yaprak ekstraktı, gümüş ve altın nanopartiküllerin metal şelatlama aktivitesi.

Örnekler	Metal şelatlama (mg EDTAE/g)
AV-ekstrakt	21.01±1.14
AV-AgNPs	nd
AV-AuNP	nd

Ortalama±S.D; TE: Troloks eşdeğeri; EDTAE: EDTA eşdeğeri. nd: tespit edilemedi

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yeşil sentez yaklaşımı kullanılarak *Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı ile gümüş ve altın nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Yapılan karakterizasyon teknikleri sonucunda küresel şekilde, boyutları ortalama 12.18 nm gümüş ve 14.84 nm olan altın nanopartiküllerin elde edilmesi ile hücre düzeyinde yapılacak çalışmalarda ve pandemi dönemi sonrasında artan farmasötik çalışmalarda değerlendirilebilir. Son yıllarda yaşanan çevresel sorunlar üzerine çevre dostu ve toksisitesi bakımından düşük olan nanopartiküllerden yararlanılabileceği önerilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında *P. americana* yaprakları kullanılarak sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin ve yaprak ekstraktının toplam antioksidan kapasitesi (fosfomolibdat testi), DPPH, ABTS, CUPRAC, FRAP, metal şelatlama aktivitesi gibi farklı metotlar ile antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Ayrıca toplam fenolik ve flavonoid içeriğine bakılmıştır. Avokado yapraklarının biyolojik aktivitesinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu ekstraktan sentezlenen gümüş ve altın nanopartiküllerin antioksidan aktivite bakımından potansiyelinin bulunduğu söylenebilmektedir.

Nanobilim ve nanoteknoloji disiplininde yaşanan gelişmelerin ilerleyen zamanda ulaşılabilir bir teknoloji ve hayatın birçok noktasında olmazsa olmaz denilebilecek seviyede gündelik hayata yerleşmiş olacağı kestirilmektedir. Bu öngörü neticesinde teknolojiye yön veren araştırmacılar ve girişimcilerin nanobilim ve nanoteknoloji dünyasına katkıları devam edecektir. Bu dünyada yaşanan gelişmelere katkı olabilecek her çalışmanın küçük adımlarla başladığını bilerek yeşil sentez yaklaşımı üzerine yapılmış sayısızca çalışmaların olduğu görülmektedir. Bunların ışığında tez çalışmasında Antalya/Gazipaşa ilçesinde kültürü yapılan Türkçe ismiyle avokado olarak bilinen *Persea americana* Mill. bitkisinin sağlıklı ve besin değerinin her bitkisel kaynak kadar kıymetli olduğu bilinmekte ve yapılmış analiz çalışmaları ile ortaya konmuştur. Bu nedenle avokado yapraklarında bulunan fitokimyasallar ile gümüş ve altın metallerinin daha az toksik etkisi gösteren ve çeşitli sektörlerde ihtiyaç duyulacak bu metallerin daha çevre dostu metotları benimseyerek laboratuvar ortamında sentezlenebileceğini göstermiştir.

Nihai olarak *Persea americana* Mill. yaprak ekstraktı aracılığıyla gümüş ve altın nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiş ve UV-Vis spektroskopisi, FT-IR, XRD ve STEM gibi çeşitli karakterizasyon yöntemleri ile yapısal ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Böylece bitki ekstraktı ile altın ve gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi bu tez çalışması ile ortaya konulmuştur. Ayrıca hem avokado yaprak ekstraktının hem

de gümüş ve altın nanopartiküllerin antioksidan aktivitesi test edilmiş ve bu noktada antioksidan etkiye sahip olduğu görülmüştür.



## 6. KAYNAKLAR

- Abbasi, K., Khan, F., S., Akram, M., Zainab, R., Rashid, A., Kausar, S., Keshewani, B., Parmar, P., Ravichandran, S., Madhumitha Sri, RM., Suresh, S., 2022, Synthesis of nanoparticles from plant extracts, *Acta Scientific Microbiology*, 5 (7), 29-35.
- Abed, A., S., Khalaf, Y., H., Mohammed, A., M., 2023, Green synthesis of gold nanoparticles as an effective opportunity for cancer treatment, *Results in Chemistry*, 5, 100848. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2023.100848>
- Aboelfetoh, E., F., El-Shenody R., A., Ghobara M., M., 2017, Eco-friendly synthesis of silver nanoparticles using green algae (*Caulerpa serrulata*): reaction optimization, catalytic and antibacterial activities, *Environ Monit Assess*, 189 (7): 349.
- Adebayo, A., E., Oke, A., M., Lateef, A., Oyatokun, A., A., Abisoye, O., D., Adiji, I., P., Fagbenro, D., O., Amusan, T., V., Badmus, J., A., Asafa, T., B., Beukes, L., S., Gueguim-Kana, E., B., Abbas, S., H., 2019, Biosynthesis of silver, gold and silver-gold alloy nanoparticles using *Persea americana* fruit peel aqueous extract for their biomedical properties, *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 4:13, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s41204-019-0060-8>
- Adeyemi, O., O., Okpo, S., O., Ogunti, O., O., 2002, Analgesic and anti-inflammatory effects of the aqueous extract of leaves of *Persea americana* Mill (*Lauraceae*), *Fitoterapia*, 73(5), 375-380.
- Adhikari, D., D., D., Rajeshkumar, S., Lakshmi, T., Roy, A., 2019, Characterization of silver nanoparticles using avocado extracts using ultraviolet-visible spectroscopy and transmission electron microscopy, *Drug Invention Today*, 11 (1).
- Adhikari, A., Lamichhane, L., Adhikari, A., Gyawali, G., Acharya, D., Baral, E., R., Chhetri, K., 2022, Green synthesis of silver nanoparticles using *Artemisia vulgaris* extract and its application toward catalytic and metal-sensing activity, *Inorganics*, 10, 113. <https://doi.org/10.3390/inorganics10080113>
- Ahmad, N., Sharma, S., 2012, Green synthesis of silver nanoparticles using extracts of *Ananas comosus*, *Green and Sustainable Chemistry*, 2 (4), 141-147. <https://doi.org/10.4236/gsc.2012.24020>

- Ahmad, B., Chang, L., Satti, U., Q., Rehman, S., U., Arshad, H., Mustafa, G., Shaukat, U., Wang, F., Tong, C., 2022, Phyto-synthesis, characterization, and in vitro antibacterial activity of silver nanoparticles using various plant extracts, *Bioengineering*, 9, 779. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9120779>
- Ahmadi, F., S., Tanhaeian, A., Pirkohi, M., H., 2016, Biosynthesis of silver nanoparticles using *Chlamydomonas reinhardtii* and its inhibitory effect on growth and virulence of *Listeria monocytogenes*, *Iranian Journal of Biotechnology*, 14(3), 163.
- Ahmed, O., M., Fahim, H., I., Mohamed, E., E., Abdel-Moneim, A., 2022, Protective effects of *Persea americana* fruit and seed extracts against chemically induced liver cancer in rats by enhancing their antioxidant, anti-inflammatory, and apoptotic activities, *Environmental Science and Pollution Research*, 1-16.
- Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B., L., Ikram, S., 2016, A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: a green expertise, *Journal of advanced research*, 7(1), 17-28.
- Aktepe, N., 2021, Gümüş nano materyallerin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktiviteleri, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12 (2), 347-354.
- Al-Radadi, N., S., 2021, Facile one-step green synthesis of gold nanoparticles (AuNP) using licorice root extract: antimicrobial and anticancer study against HepG2 cell line, *Arabian Journal of Chemistry*, 14, 102956. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.102956>
- Alavi, M., Kamarasu, P., McClements, D., J., Moore, M., D., 2022, Metal and metal oxide-based antiviral nanoparticles: properties, mechanism of action, and applications, *Advances in Colloid and Interface Science*, 102726. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2022.102726>
- Alizadeh, S., R., Biparva, P., Goli, H., R., Khan, B., A., Ebrahimzadeh, M., A., 2023, Green synthesis of aurnps by *Crocus caspius* - investigation of catalytic degradation of organic pollutants, their cytotoxicity, and antimicrobial activity, *Catalysts*, 13, 63. <https://doi.org/10.3390/catal13010063>
- Alkhalaf, M., I., Alansari, W., S., Ibrahim, E., A., ELhalwagy, M., E., 2019, Anti-oxidant, anti-inflammatory and anti-cancer activities of avocado (*Persea*

- americana*) fruit and seed extract, *Journal of King Saud University-Science*, 31 (4), 1358-1362.
- Alsaiani, N., S., Alzahrani, F., M., Amari, A., Osman, H., Harharah, H., N., Elboughdiri, N., Tahoon, M., A., 2023, Plant and microbial approaches as green methods for the synthesis of nanomaterials: synthesis, applications, and future perspectives, *Molecules*, 28, 463. <https://doi.org/10.3390/molecules28010463>
- Alsikhan, M., Al-Fakeh, M., Alminderej, F., El-Sayed, W., 2022, A review: gold nanoparticles in biomedical anti-cancer applications, *Journal of Qassim University for Science*, 1(1), 90-128.
- Altınsoy, Ö., 2012, Nanoreaktör sistemlerinde gümüş nanopartikül sentezi, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas.
- Aminu, A., 2023, Green synthesis of plant mediated silver nanoparticles and their anticancer potentials: review of contemporary literatures, *International Academic Journal of Advanced Pure & Applied Science Research*. <https://doi.org/42527272771832>
- Anadozie, S., O., Adewale, O., B., Sibuyi, N., R., S., Fadaka, A., O., Isitua, C., C., Davids, H., Roux, S., 2023, One-pot synthesis, characterization and biological activities of gold nanoparticles prepared using aqueous seed extract of *Garcinia kola*, *Process Biochemistry*, 128, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2023.02.010>
- Anigbo, G., C., Onyekwere, O., A., Akwukwaegbu, P., I., Lackson, A., Bando, C., D., Okoye, O., M., Okoroafor, A., B., Esemaya, P., Okolo-Gift, P., C., 2021, Evaluation of the haemostatic potentials of crude methanolic leaf extract of *Persea americana* in Wistar rats, *Acta Chemica IASI*, 29 (1), 81-96. <https://doi.org/10.47743/achi-2021-1-0006>
- Antunes Filho, S., dos Santos, M., S., dos Santos, O., A., L., Backx, B., P., Soran, M.-L., Opriş, O., Lung, I., Stegarescu, A., Bououdina, M., 2023, Biosynthesis of nanoparticles using plant extracts and essential oils, *Molecules*, 28, 3060. <https://doi.org/10.3390/molecules28073060>
- Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S., E., Bektaşoğlu, B., Berker, K., I., Özyurt, D., 2007, Comparative evaluation of various total antioxidant

capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay, *Molecules*, 12 (7), 1496-1547.

Araújo, R., G., Rodriguez-Jasso, R., M., Ruiz, H., A., Govea-Salas, M., Pintado, M., E., Aguilar, C., N., 2020, Process optimization of microwave-assisted extraction of bioactive molecules from avocado seeds, *Industrial Crops & Products*, 154, 112623. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112623>

Arslantürk, S., Uzunoğlu, D., Eser, E., Ekiz, H. İ. Özer, A., 2019, Green synthesis of silver nanoparticles as an antibacterial agent: optimization of synthesis condition with response surface methodology, *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A - Applied Sciences and Engineering*, 20 (4), 481-494. <https://doi.org/10.18038/estubtda.529702>

Asiwe, E., S., Igwe, C., U., Iheanacho, K., M., E., Onyeocha, I., O., Onwuliri, V., A., 2021, Bioactive composition and acute oral toxicity Studies on *Persea americana* seed ethyl acetate fraction, *Asian Journal of Research in Biochemistry*, 8 (4): 10-17. <https://doi.org/10.9734/AJRB/2021/v8i430186>

Asl, S., S., Tafvizi, F., Noorbazargan, H., 2022, Biogenic synthesis of gold nanoparticles using *Satureja rechingeri* Jamzad: a potential anticancer agent against cisplatin-resistant A2780CP ovarian cancer cells, *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 20168–20184. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23507-6>

Aydın, Ç., ve Pehlivanoglu, S., 2019, Gümüş nanopartiküllerin biberiye özütü ile biyosentezi ve MCF-7 meme kanseri hücrelerinde sitotoksik etkisi, *SDU Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2).

Aydin Acar, C., Pehlivanoglu, S., Yesilot, S., Yakut Uzuner, S., 2023, Microwave-assisted biofabrication of silver nanoparticles using *Helichrysum arenarium* flower extract: characterization and biomedical applications, *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03833-6>

Ayışığı, M., Yalçın, T., Aktaş, L., Y., 2019, Antimicrobial potentials of phyto-synthesized silver nanoparticles from *Laurus nobilis* L., *Celal Bayar University Journal of Science*, 15 (3), 317-321. <https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.582161>

Aziz, S., B., Hussein, G., Brza, M. A., Mohammed, S., J., Abdulwahid, R., T., Saeed, S., R., Hassanzadeh, A., 2019, Fabrication of interconnected plasmonic spherical

silver nanoparticles with enhanced localized surface plasmon resonance (LSPR) peaks using quince leaf extract solution, *Nanomaterials*, 9 (11), 1557.

- Bakar, F., Sönmez, H., Evecen, S., Turan, B., Demir, M., Gümüş, A., Çeter, T., Yazgan, İ., 2020, Synthesis and characterization of pollen extract mediated gold nanostructures, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9 (2), 1-8. <https://doi.org/10.46810/tdfd.822928>
- Balu, S., K., Andra, S., Damiri, F., Sivaramalingam, A., Sudandaradoss, M., V., Kumarasamy, K., Bhakthavachalam, K., Ali, F., Kundu, M., K., Rahman, M., H., Berrada, M., Cavalu, S., 2022, Size-dependent antibacterial, antidiabetic, and toxicity of silver nanoparticles synthesized using solvent extraction of *Rosa indica* L. petals, *Pharmaceuticals*, 15, 689. <https://doi.org/10.3390/ph15060689>
- Bar, H., Bhui, D. Kr., Sahoo, G. P., Sarkar, P., Sankar, P. D., Misra, A., 2009, Green synthesis of silver nanoparticles using latex of *Jatropha curcas*, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 339, 134-139.
- Baran, A., 2017, Metalik nanopartiküllerin biyolojik sentezi, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.
- Baran, M. F., 2019, *Prunus avium* kiraz yaprağı özütü ile gümüş nanopartikül (AgNP) sentezi ve antimikrobiyal etkisinin incelenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10 (1), 221-227. <https://doi.org/10.24012/dumf.487255>
- Baran, A., 2021, Gümüş nano malzemelerin çevre dostu, hızlı sentezi ve biyomedikal uygulamaları, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12 (2), 329-336. <https://doi.org/10.24012/dumf.880878>
- Baran, A., Hatipoğlu, A., Baran, M., F., Aktepe, N., 2021, Alıç (*Crataegus monogyna*) meyve özütünden altın nanopartiküllerin sentezlenmesi ve antimikrobiyal aktivitelerinin değerlendirilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 974-978. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1040122>
- Baran, M., F., Keskin, C., Baran, A., Eftekhari, A., Omarova, S., Khalilov, R., Adican, M., T., Rosić, G., Selakovic, D., Yıldıztekin, M., Kurt, K., Ava, C., A., Atalar, M., N., 2023, The investigation of the chemical composition and applicability of gold nanoparticles synthesized with *Amygdalus communis* (Almond) leaf

- aqueous extract as antimicrobial and anticancer agents, *Molecules*, 28, 2428.  
<https://doi.org/10.3390/molecules28062428>
- Barbhuiya, R., I., Singha, P., Asaithambi, N., Singh, S., K., 2022, Ultrasound-assisted rapid biological synthesis and characterization of silver nanoparticles using pomelo peel waste, *Food Chemistry*, 132602.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132602>
- Baydar, H., 2020, Tibbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi (8. Baskı), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Bekheit, R., A., S., Aboulthana, W., M., Serag, W., M., 2022, Bio-and Phyto-chemical study on *Nannochloropsis oculata* algal extract incorporated with gold nanoparticles, in vitro study, *Frontiers in Scientific Research and Technology* 5, 1-17.
- Benzie, I., F., Strain, J., J., 1996, The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: FRAP assay, *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70-76.
- Berk, S., Tepe, B., Arslan, S., Sarikurkcu, C., 2011, Screening of the antioxidant, antimicrobial and DNA damage protection potentials of the aqueous extract of *Asplenium ceterach DC*, *African Journal of Biotechnology*, 10 (44), 8902-8908.  
<https://doi.org/10.5897/AJB11.1011>
- Beykaya, M., Çağlar, A., 2016, Bitkisel özütler kullanılarak gümüş-nanopartikül (AgNP) sentezlenmesi ve antimikrobiyal etkinlikleri üzerine bir araştırma, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(3), 631-641.
- Bhagyaraj, S., M., Oluwafemi, O., S., 2018, Nanotechnology: the science of the invisible, *Synthesis of Inorganic Nanomaterials*. Woodhead Publishing.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101975-7.00001-4>
- Bhakya, S., Muthukrishnan, S., Sukumaran, M., 2016, Biogenic synthesis of silver nanoparticles and their antioxidant and antibacterial activity, *Appl Nanosci* 6, 755–766. <https://doi.org/10.1007/s13204-015-0473-z>
- Bharadwaj Kumar, K., Rabha, B., Pati, S., Sarkar, T., Choudhury, B., K., Barman, A., Bhattacharjya, D., Srivastava, A., Baishya, D., Edinur, H., A., Kari, Z., A.,

- Mohd Noor, N., H., 2021, Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as beneficial prospect for cancer theranostics, *Molecules*, 26(21), 6389. <https://doi.org/10.3390/molecules26216389>
- Bhardwaj, A., K., Shukla, A., Maurya, S., Singh, S., C., Uttam, K., N., Sundaram, S., Singh, M., P., Gopal, R., 2018, Direct sunlight enabled photo-biochemical synthesis of silver nanoparticles and their bactericidal efficacy: photon energy as key for size and distribution control, *J Photochem Photobiol B, Biol*, 88: 42-49.
- Bhattacharjee, A., Ghosh, T., Datta, A., 2017, Green synthesis and characterization of antioxidant-tagged gold nanoparticle (X-GNP) and Studies on its potent antimicrobial activity, *Journal of Experimental Nanoscience*, 13 (1).
- Bhuyan, D., J., Alsherbiny, M., A., Perera, S., Low, M., Basu, A., Devi, O., A., Papoutsis, K., 2019, The odyssey of bioactive compounds in avocado (*Persea americana*) and their health benefits, *Antioxidants*, 8(10), 426.
- Bıyık, H., H., Onur, M., Torun, B., Çoban, E., P., 2018, Antibacterial and anticandidal effects of the leaf extracts of *Persea americana* Mill., *Annals of Phytomedicine*, 7(2): 88-93. <https://doi.org/10.21276/ap.2018.7.2.14>
- Budama, L., 2011, Ters misel sistemi kullanarak gümüş nanopartikül sentezi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.
- Cabrera, G., F., S., Balbin, M., M., Eugenio, P., J., G., Zapanta, C., S., Monserate, J., J., Salazar, J., R., Mingala, C., N., 2017, Green synthesis of gold nanoparticles reduced and stabilized by sodium glutamate and sodium dodecyl sulfate. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 484 (4), 774-780. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.01.164>
- Castillo-Henríquez, L., Alfaro-Aguilar, K., Ugalde-Álvarez, J., Vega-Fernández, L., Montes de Oca-Vásquez, G., Vega-Baudrit, J., R., 2020, Green synthesis of gold and silver nanoparticles from plant extracts and their possible applications as antimicrobial agents in the Agricultural area, *Nanomaterials*, 10(9), 1763. <https://doi.org/10.3390/nano10091763>
- Castro-López, C., Bautista-Hernández, I., González-Hernández, M., D., Martínez-Ávila, G., C., G., Rojas, R., Gutiérrez-Díez, A., Medina-Herrera, N., Aguirre-Arzola, V., E., 2019, Polyphenolic profile and antioxidant activity of leaf purified

- hydroalcoholic extracts from seven Mexican *Persea americana* cultivars, *Molecules*, 24, 173. <https://doi.org/10.3390/molecules24010173>
- Cerda-Opazo, P., Gotteland, M., Oyarzun-Ampuero, F. A., Garcia, L., 2021, Design, development and evaluation of nanoemulsion containing avocado peel extract with anticancer potential: a novel biological active ingredient to enrich food, *Food Hydrocolloids*, 111, 106370.
- Ceylan, S., 2015, Kimyasal indirgeme yöntemi ile gümüş nanopartikül sentezinde partikül boyutuna tepkime parametrelerinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas.
- Chaudhary, J., Tailor, G., Yadav, M., Mehta, C., 2023, Green route synthesis of metallic nanoparticles using various herbal extracts: a review, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 102692. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102692>
- Çetintaş, Y., 2020, Muğla'da yetişen bazı tıbbi ve zehirli bitki ekstraktları kullanılarak gümüş ve altın nanopartiküllerin sentezi ve biyoaktivitelerindeki değişimin incelenmesi, Doktora tezi, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi*, Muğla.
- Çiftçi, H., Er Çalışkan, Ç., Öztürk, K., Yazıcı, B., 2021, Yeşil yöntemle sentezlenen biyoaktif nanopartiküller, *Karadeniz Mühendislik ve Bilim Dergisi*, 4(1), 29-42. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.816084>
- Dangi, S., Gupta, A., Gupta, D., K., Singh, S., Parajuli, N., 2020, Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous root extract of *Berberis asiatica* and evaluation of their antibacterial activity, *Chemical Data Collections*, 28, 100411.
- Dabas, D., Elias, R., J., Ziegler, G., R., Lambert, J., D., 2019, In vitro antioxidant and cancer inhibitory activity of a colored avocado seed extract, *International Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1155/2019/6509421>
- Darroudi, M., Ahmad, M., B., Zak, A., K., Zamiri, R., Hakimi, M., 2011, Fabrication and characterization of gelatin stabilized silver nanoparticles under UV-light, *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 6346-6356. <https://doi.org/10.3390/ijms12096346>
- Das, S., K., Khan, M., M., R., Guha, A., K., Das, A., K., Mandal, A., B., 2012, Silver-nanobiohybrid material: synthesis, characterization and application in water

- purification, *Bioresource Technology*, 124, 495-499.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.071>
- Das, R., K., Pachapur, V., L., Lonappan, L., 2017, Biological synthesis of metallic nanoparticles: plants, animals and microbial aspects, *Nanotechnol. Environ. Eng.* 2, 18. <https://doi.org/10.1007/s41204-017-0029-4>
- Das, T., Mishra, S., Nag, S., Das Saha, K., 2022, Green-synthesized gold nanoparticles from black tea extract enhanced the chemosensitivity of doxorubicin in HCT116 cells via a ROS-dependent pathway, *RSC Advances*, 12 (15), 8996-9007.  
<https://doi.org/10.1039/d1ra08374k>
- Dehghani, F., Mosleh-Shirazi, S., Shafiee, M., Kasaei, S. R., Amani, A., M., 2022, Antiviral and antioxidant properties of green synthesized gold nanoparticles using *Glaucium flavum* leaf extract, *Applied Nanoscience*, 13, 4395-4405.  
<https://doi.org/10.1007/s13204-022-02705-1>
- Demircan, B., ve Velioğlu, Y., S., 2021, Avokado: bileşimi ve sağlık üzerine etkileri, *Akademik Gıda*, 19 (3), 309-324.
- Demirtaş, H., Şengel Türk, C., T., 2021, Altın nanopartiküller ve kanserde kullanımları. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 45 (1), 70-95.  
<https://doi.org/10.33483/jfpau.773430>
- Devendrapandi, G., Sahay, M., I., Padmanaban, D., Panneerselvam, A., Palraj, R., Thanikasalam, R., Kuppan S., Sadaiyandi, V., Balu, R., Rajendiran, N., 2023, Biogenic synthesis of gold nanoparticles using bael fruit juice and its efficacy against human A-549 lung cancer cell line, *Inorganic Chemistry Communications*, 151. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.110636>
- Devra, V., 2022, Biological synthesis of metal nanoparticles: a review, *Academia Letters*, Article 4689. <https://doi.org/10.20935/AL4689>
- Dinis, T., C., P., Madeira, V., M., C., Almeida, L., M., 1994, Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid-peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315, 161–169.

- Donga, S., ve Chanda, S., 2022, Recent trends in green synthesis of gold nanoparticles (AuNPS) and their biological efficacies: a mini review, *In Applications of Gold Nanoparticles*, Nova Science Publishers.
- Ejiofor, N., C., Ezeagu, I., E., Ayoola, M., Umera, E., A., 2018, Determination of the chemical composition of avocado (*Persea americana*) seed, *Adv Food Technol Nutr Sci Open J*. <https://doi.org/10.17140/AFTNSOJSE-2-107>
- Ekom, S., E., Kuete, V., 2022, Methanol extract from the seeds of *Persea americana* displays antibacterial and wound healing activities in rat model, *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114573.
- Elkader Abd, A., M., Labib, S., Taha, T., F., Althobaiti, F., Aldhahrani, A., Salem, H., M., Saad, A., Ibrahim, F., M., 2022, Phytogetic compounds from avocado (*Persea americana* L.) extracts; antioxidant activity, amylase inhibitory activity, therapeutic potential of type 2 diabetes, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(3), 1428-1433. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.031>
- Entegre Taksonomik Bilgi Sistemi (ITIS) çevrimiçi veritabanından (Haziran, 2, 2022) alındı, [www.itis.gov](http://www.itis.gov), CC0 <https://doi.org/10.5066/F7KH0KBK>
- Erdoğan, O., Abbak, M., Demirbolat, G., M., Birtekocak, F., Aksel, M., Pasa, S., Çevik, O., 2019, Green synthesis of silver nanoparticles via *Cynara scolymus* leaf extracts: the characterization, anticancer potential with photodynamic therapy in MCF7 cells, *PloS one*, 14 (6), e0216496.
- Erenler, R., Geçer, E., N., Hoşafloğlu, İ., Behçet, 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>
- Erkoç, Ş., 2020, Nanobilim ve nanoteknoloji, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.
- Ersöz, M., Işitan, A., Balaban, M., 2018, Nanoteknoloji 1: nanoteknolojinin temelleri, Bilal Ofset Basım-Yayın & Matbaacılık, Denizli.
- Esmeray, E., ve Özata, O., 2019, Nanopartiküllerin çevre mühendisliği alanında kullanımı ve temel laboratuvar malzemeleri ile gümüş nanopartikül (AgNPs) sentezi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 521-527. <https://doi.org/10.31590/ejosat.570308>

- Fatmawaty, F., Anggreni, N., G., M., Fadhil, N., Prasasty, V., D., 2019, Potential in vitro and in vivo antioxidant activities from *Piper crocatum* and *Persea americana* leaf extract, *Biomed Pharmacol J*, 12(2). <https://dx.doi.org/10.13005/bpj/1686>
- Fernandes, M., González-Ballesteros, N., da Costa, A., Machado, R., Gomes, A., C., Rodríguez-Argüelles, M., C., 2023, Antimicrobial and anti-biofilm activity of silver nanoparticles biosynthesized with *Cystoseira* algae extract, *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 28, 439-450. <https://doi.org/10.1007/s00775-023-01999-y>
- Feynman, R., P., 1960, There's plenty of room at the bottom, *Engineering and Science*, 23, 22–36.
- Forough, M., ve Fahadı, K., 2011, Biological and green synthesis of silver nanoparticles, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 34 (4), 281-287.
- Gao, L., Mei, S., Ma, H., Chen, X., 2022, Ultrasound-assisted green synthesis of gold nanoparticles using *Citrus* peel extract and their enhanced anti-inflammatory activity, *Ultrasonics Sonochemistry*, 83, 105940. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105940>
- Gaddala, B., ve Nataru, S., 2015, Synthesis, characterization and evaluation of silver nanoparticles through leaves of *Abrus precatorius* L.: an important medicinal plant, *Appl Nanosci* 5, 99–104. <https://doi.org/10.1007/s13204-014-0295-4>
- Gebre, S., H., 2022, Bio-inspired synthesis of metal and metal oxide nanoparticles: The key role of phytochemicals, *Journal of Cluster Science*, 34, 665-704. <https://doi.org/10.1007/s10876-022-02276-9>
- Gecer, E., N., ve Erenler, R., 2023, Biogenic synthesis of silver nanoparticles using *Echium vulgare*: characterization, quantitative analysis of bioactive compounds, antioxidant activity and catalytic degradation, *Journal of Indian Chemical Society*, 100, 101003. <https://doi.org/10.1016/j.jics.2023.101003>
- Gharari, Z., Hanachi, P., 2022, Green synthesis of silver nanoparticles based on *Scutellaria sp.* stem extract and its antitumor activity, *11<sup>th</sup> National Congress of the New Technologies in Sustainable Development of Iran*.

- Gibała, A., Żeliszewska, P., Gosiewski, T., Krawczyk, A., Duraczyńska, D., Szaleniec, J., Oćwieja, M., 2021, Antibacterial and antifungal properties of silver nanoparticles- effect of a surface-stabilizing agent, *Biomolecules*, 11(10), 1481.
- Goddard III, W., A., Brenner, D., Lyshevski, S., E., Iafrate, G., J., 2007, Handbook of Nanoscience, Engineering, and Technology (2. Baskı), CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420007848>
- González-Ballesteros, N., Diego-González, L., Lastra-Valdor, M., Grimaldi, M., Cavazza, A., Bigi, F., Rodríguez-Argüelles, M., C., Simón-Vázquez, R., 2022, Immunomodulatory and antitumoral activity of gold nanoparticles synthesized by red algae aqueous extracts, *Marine Drugs*, 20, 182. <https://doi.org/10.3390/md20030182>
- González-Ballesteros, N., Maietta, I., Rey-Méndez, R., Rodríguez-Argüelles, M., C., Lastra-Valdor, M., Cavazza, A., Grimaldi, M., Bigi, F. i Simón-Vázquez, R., 2023, Gold nanoparticles synthesized by an aqueous extract of *Codium tomentosum* as potential antitumoral enhancers of Gemcitabine, *Marine Drugs*, 21, 20. <https://doi.org/10.3390/md21010020>
- Guleria, A., Sachdeva, H., Saini, K., Gupta, K., Mathur, J., 2022, Recent trends and advancements in synthesis and applications of plant-based green metal nanoparticles: critical review, *Appl Organomet Chem*, 2022;e6778. <https://doi.org/10.1002/aoc.6778>
- Gupta, J., Gupta, R., Roy, S., 2022, Green technologies: smart approaches for extraction of phytoactive constituents using hydrotropic solvents, *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 9 (7).
- Gümüštepe, L., Aydın, E., Özkan, G., 2022, Avokadonun biyoaktif bileşenleri ve sağlık üzerine etkileri, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10 (1), 341-359. <https://doi.org/10.21923/jesd.1005610>
- Güney, B., ve Küçüksarıyıldız, H., 2019, Nano altın partikülleri ve bazı kullanım alanlarına genel bir bakış, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (3), 1824-1833. <https://doi.org/10.29130/dubited.561973>
- Gün Gök, Z., 2021, Yara örtü materyallerinde aktif ajan olarak kullanılmak üzere jelatin kaplı gümüş nanoparçacıkların sentezlenmesi ve karakterizasyonu, *Afyon*

*Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 057203, 1247-1258. <https://doi.org/10.35414/akufemubid.889646>

Gürmen, S., ve Ebin, B., 2008, Nanopartiküller ve üretim yöntemleri-1, *Metalurji Dergisi*, 150, 31-38.

Güzel, R., ve Erdal, G., 2018, Synthesis of silver nanoparticles, *IntechOpen*, England. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.75363>

Güzel, S., 2018, Farklı avokado (*Persea americana* Mill.) çeşitlerinden yağ eldesinde uygulanan ultrasound, ultraturrax ve mikrodalga ön işlemlerinin yağ verimi ve yağın özellikleri üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.

Hall, J., S., 2009, Nanogecek Nanoteknolojinin Yarını, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.

Hanachi, P., Gharari, Z., Sadeghinia, H., Walker, T., R., 2022, Synthesis of bioactive silver nanoparticles with eco-friendly Processes using *Heracleum persicum* stem extract and evaluation of their antioxidant, antibacterial, anticancer and apoptotic potential, *Journal of Molecular Structure*. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2022.133325>

Hassanisaadi, M., Bonjar, A., H., S., Rahdar, A., Varma, R., S., Ajalli, N., Pandey, S., 2022, Eco-friendly biosynthesis of silver nanoparticles using *Aloysia citrodora* leaf extract and evaluations of their bioactivities, *Materials Today Communications*, 33, 104183. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104183>

Hassanvand, A., Saadatmand, S., Yazdi, H., L., Iranbakhsh, A., 2022, Investigation of antioxidant, antimicrobial and anticancer potential of silver nanoparticles synthesized by *Viola tricolor* L. extract, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 24 (4).

Hatipoğlu, A., Baran, A., Keskin, C., Baran, M., F., Eftekhari, A., Omarova, S., Janas, D., Khalilov, R., Adican, M., T., Kandemir, S., I., 2023, Green synthesis of silver nanoparticles based on the *Raphanus sativus* leaf aqueous extract and their toxicological/microbiological activities, *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26499-z>

- Hefzalrahman, T., Morsi, M., K., S., Morsy, N., F., S., Hammad, K., S., M., 2022, Application of enzyme and ultrasound assisted extraction of polyphenols from avocado (*Persea americana* Mill.) peel as natural antioxidants, *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 21 (2), 129–138. <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2022.0980>
- Hovhannisyan, Z., Timotina, M., Manoyan, J., Gabrielyan, L., Petrosyan, M., Kusznierevich, B., Bartoszek, A., Jacob, C., Ginovyan, M., Trchounian, K., Sahakyan, N., Nasim, M., J., 2022, *Ribes nigrum* L. extract-mediated green synthesis and antibacterial action mechanisms of silver nanoparticles, *Antibiotics*, 11, 1415. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11101415>
- Huang, M., Xiong, E., Wang, Y., Hu, M., Yue, H., Tian, T., Zhou, X., 2022, Fast microwave heating-based one-step synthesis of DNA and RNA modified gold nanoparticles. *Nature Communications*, 13 (1), 968. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28627-8>
- Hurtado-Fernández, E., Fernández-Gutiérrez, A., Carrasco-Pancorbo, A., 2018, Avocado fruit—*Persea americana*. in exotic fruits, *Academic Press*.
- Isromarina, R., Rusli, D., Sari, D., U., 2022, Antioxidant activity, total flavonoid, and total tannin content of ethanol extract of avocado peel (*Persea americana* Mill.). *Jurnal Ilmiah Farmasi*, (1), 169-174.
- Jahan, I., ve Isildak, I., 2021, Lemon peel extract of synthesizing non-toxic silver nanoparticles through one-step microwave-accelerated scheme, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (1): 1-10. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.737063>
- Javed, M., N., Bangash, S., A., K., Abbas, M., Ahmed, S., Kaplan, A., Iqbal, S., Wahab, S., 2023, Potential and challenges in green synthesis of nanoparticles: a review, *Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Science Edition*, 19 (2), 1155-1165.
- Jiang, Y., Zhou, P., Zhang, P., Adeel, M., Shakoor, N., Li, Y., Li, M., Guo, M., Zhao, W., Lou, B., Wang, L., Lynch, I., Rui, Y., 2022, Green synthesis of metal-based nanoparticles for sustainable agriculture, *Environmental Pollution*, 119755. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119755>
- Jiang, M., Zhang, L., Liang, L., Khedri, M., R., 2023, Physico-chemical characterization and anti-laryngeal cancer effects of the gold nanoparticles, *Arabian Journal of Chemistry*, 16 (4), 104545. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104545>

- Jiménez-Arellanes, A., Luna-Herrera, J., Ruiz-Nicolás, R., Cornejo-Garrido, J., Tapia, A., Yépez-Mulia, L., 2013, Antiprotozoal and antimycobacterial activities of *Persea americana* seeds, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13:109.
- John Alphonso, K., Vasantha Kumar, S., Chandrasekar, S., Boopathy, U., 2022, Green synthesis of silver nanoparticles from *Chrysanthemum indicum* and its characterization, *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 4095–4101. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S09.507>
- Joudeh, N., ve Linke, D., 2022, Nanoparticle classification, physicochemical properties, characterization, and applications: a comprehensive review for biologists, *Journal of Nanobiotechnology*, 20 (1), 262. <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01477-8>
- Kalidas, G., Pranav, R., J., 2022, Biological synthesis of metallic nanoparticles and their applications, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 10 (2). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.40274>
- Kalimuthu, K., Babu R., S., Venkataraman, D., Bilal, M., Gurunathan, S., 2008, Biosynthesis of silver nanoparticles by *Bacillus licheniformis*, *Coll Surf B Biointerf*, 65: 150-153.
- Kanwar, R., Fatima, R., Kanwar, R., Javid, M., T., Muhammad, U., W., Ashraf, Z., Khalid, A., 2022, Biological, physical and chemical synthesis of silver nanoparticles and their non-toxic bio-chemical application: a brief review, *Pure and Applied Biology*, 11(2), 421-438.
- Kartini, K., Alviani, A., Anjarwati, D., Fanany, A. F., Sukweenadhi, J., Avanti, C., 2020, Process optimization for green synthesis of silver nanoparticles using indonesian medicinal plant extracts, *Processes*, 8 (8), 998.
- Kasi, G., Thanakkasaranee, S., Seesuriyachan, P., Rachtanapun, P., 2023, One-pot synthesis of gold nanoparticles using *Pandanus amaryllifolius* leaf extract and their antibacterial, antioxidant, anticancer, and ecotoxicity assessment, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 50, 102695. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102695>
- Kathuria, D., Bhattu, M., Sharma, A., Sareen, S., Verma, M., Kumar, S., 2022, Catalytic reduction of water contaminants using green gold nanoparticles mediated by

- stem extract of *Nepeta leucophylla*, *Topics Catalysis* 65, 1899–1909. <https://doi.org/10.1007/s11244-022-01704-4>
- Kaur, M., Gautam, A., Guleria, P., Singh, K., Kumar, V., 2022, Green synthesis of metal nanoparticles and their environmental applications, *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 29 (4), 100390. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100390>
- Kavaz, D., Ogbonna, C., 2019, Comparative study of biological activity and chemical composition of methanolic and ethanolic plant extracts of *Persea americana* leaves in-vitro, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 261-270.
- Keskin, C., Atalar, M., N., Baran, M., F., Baran, A., 2021. Environmentally friendly rapid synthesis of gold nanoparticles from *Artemisia absinthium* plant extract and application of antimicrobial activities, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11 (1), 365-375. <https://doi.org/10.21597/jist.779169>
- Kocadağ Kocazorbaz, E., 2021, Green synthesis, optimization, and characterization of silver nanoparticles from *Euphorbia rigida* leaf extract and investigation of their antimicrobial activities, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 512-522. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.843005>
- Korkmaz, N., ve Karadağ, A., 2021, Ag, Ag<sub>2</sub>O ve Ag<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanopartiküllerinin mikrodalga destekli yeşil sentezi, *Türk Kimya Derneği Dergisi Bölüm A: Kimya*, 8(2). <https://doi.org/10.18596/jotcsa.784065>
- Koteswara Rao, P., Vikram Babu, B., Rama Krishna, A., Sushma Reddi, M., Sathish Mohan, B., Anjani Devi, K., Susmitha, U., Raghava Rao, T., 2022, Green synthesis of silver nanoparticles using *Litsea glutinosa* L. leaves and stem extracts and their antibacterial efficacy, *Journal of Water and Environmental Nanotechnology*, 7 (4), 363-369. <https://doi.org/10.22090/jwent.2022.04.003>
- Köhler, J., M., 2021, Challenges for Nanotechnology, *Encyclopedia*, (1), 618–631. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1030051>
- Kumar, B., Smita, K., Debut, A., Cumbal, L., 2018, Utilization of *Persea americana* (avocado) oil for the synthesis of gold nanoparticles in sunlight and evaluation of antioxidant and photocatalytic activities, *Environmental nanotechnology, Monitoring & Management*, 10, 231-237. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.07.009>

- Kumar, G., Ghosh, M., Pandey, D., M., 2019, Method development for optimised green synthesis of gold nanoparticles from *Millettia pinnata* and their activity in non-small cell lung cancer cell lines, *IET nanobiotechnology*, 13 (6), 626-633. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2018.5410>
- Kumar, N., Sinha, R., V., Sinha, S., Kumar, N., 2022, Potential applications of green synthesized nano particles in human diseases, *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7 (12).
- Kumari, S., Verma, R., Chauhan, A., Raja, V., Kumari, S., Kulshrestha, S., 2023, Biogenic approach for synthesis of nanoparticles via plants for biomedical applications: a review, *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.242>
- Kumar Giri, A., Jena, B., Biswal, B., Kumar Pradhan, A., Arakha, M., Acharya, S., Acharya, L., 2022, Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Eugenia roxburghii* DC. extract and activity against biofilm-producing bacteria, *Scientific Reports*, 12:8383. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12484-y>
- Kumar Tyagi, P., Rizvi, T., Kapse, A., V., 2023, Evaluate the toxicity of silver nanoparticles by chemical and green synthesis methods, *Materials Today: Proceedings*, 78 (1), 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.200>
- Lee, S., H., ve Jun, B. H., 2019, Silver nanoparticles: synthesis and application for nanomedicine, *International journal of molecular sciences*, 20 (4), 865.
- Lemus-de la Cruz, J., Trejo-Hurtado, M., Landa-Moreno, C., Peña-Montes, D., Landeros-Páramo, J., L., 2023, Antioxidant effects of silver nanoparticles obtained by green synthesis from the aqueous extract of *Eryngium carlinae* on the brain mitochondria of streptozotocin-induced diabetic rats, *Journal of Bioenerg Biomembr*, 55 (2), 123-135. <https://doi.org/10.1007/s10863-023-09963-w>
- Lillo, A., Carvajal-Caiconte, F., Vital, W., Silva Junior, P., I., D., Paredes-Gamero, E., J., Alvear, M., Miranda, A., 2021, Bioactive properties of *Persea lingue* Ness (*Lauraceae*) fruit and leaf extracts, *Brazilian Journal of Biology*, 83.
- Lişesivdin, B., ve Lişesivdin, S., 2014, Nanoteknoloji devrimini anlamak, Nobel Akademi Yayıncılık, Ankara.

- Liveri, V., T., 2006, Controlled synthesis of nanoparticles in microheterogeneous systems, *Springer Science+Business Media, Inc.*, New York.
- Loo, Y., Y., Chieng, B., W., Nishibuchi, M., Radu, S., 2012, Synthesis of silver nanoparticles by using tea leaf extract from *Camellia sinensis*, *International Journal of Nanomedicine*, 7, 4263.
- López-Miranda, J., L., Esparza, R., Rosas, G., Perez, R., Estévez-González, M., 2019, Catalytic and antibacterial properties of gold nanoparticles synthesized by a green approach for bioremediation applications, *3 Biotech*, 9, 135. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1666-z>
- Louis, M., R., L., M., Pushpa, V., Balakrishna, K., Ganesan, P., 2020, Mosquito larvicidal activity of avocado (*Persea americana* Mill.) unripe fruit peel methanolic extract against *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* and *Anopheles stephensi*, *South African Journal of Botany*, 133, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.06.020>
- Maduray, K., Moodley, R., Ramdhani, S., Parboosing, R., 2022, The anti-HIV activity of biogenic silver nanoparticles synthesized from *Centella asiatica* extracts. *Journal of Herbal Medicine*, 35, 100592. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2022.100592>
- Majeed, M., A., Khalil, S., G., Naeem, G., A., 2022, Spectroscopic characteristic of biosynthesized silver nanoparticles using *Ruta* leaf extract, *Iraqi Journal of Applied Physics Letters*, 5 (2), 2958-6488.
- Mardigan, L., P., dos Santos, V., J., da Silva, P., T., Visentainer, J., V., Gomes, S., T., M., Matsushita, M., 2019, Investigation of bioactive compounds from various avocado varieties (*Persea americana* Miller), *Food Science and Technology*, 39(1): 15-21. <https://doi.org/10.1590/fst.34817>
- Mashi, J., A., Sa'id, A., M., Idris, R., I., Aminu, I., Muhammad, A., A., Inuwa, I., M., 2019, *Persea americana* leaf ethyl acetate extract phytochemical, in-vitro antioxidant and in-vivo potentials to mitigate oxidative stress in alloxan-induced hyperglycaemic rats, *Asian Plant Research Journal*, 2 (2), 1-11. <https://doi.org/10.9734/APRJ/2019/v2i230041>
- Melgar, B., Dias, M. I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A. D., Ferreira, I., C., 2018, Bioactive characterization of *Persea*

*americana* Mill. by-products: a rich source of inherent antioxidants, *Industrial Crops and Products*, 111, 212-218.

- Mihailović, V., Srećković, N., Nedić, Z., P., Dimitrijević, S., Matić, M., Obradović, A., Selaković, D., Rosić, G., Katanić Stanković, J., S., 2023, green synthesis of silver nanoparticles using *Salvia verticillata* and *Filipendula ulmaria* extracts: optimization of synthesis, biological activities, and catalytic properties, *Molecules*, 28, 808. <https://doi.org/10.3390/molecules28020808>
- Mini, R., Prabhu, V., Poonkodi, K., Vimaladevi, K., Revathi, K., 2023, Green synthesis of silver nanoparticles from *Scoparia dulcis* L. plant extract and its in-vitro acetylcholinesterase, antioxidant activity, *Rasayan J. Chem.*, 16 (1), 214-222. <http://doi.org/10.31788/RJC.2023.1618075>
- Misawa, M., Takahashi, J., 2011, Generation of reactive oxygen species induced by gold nanoparticles under x-ray and UV irradiations, *Nanomedicine: NBM*, 7, 604-614. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2011.01.014>
- Mohammadiazar, S., Maham, M., Molani, F., 2022, Thermal-assisted synthesis of gold nanoparticles using aqueous extract of *Helicteres isora* L. fruit: characterization and antioxidant activity, *Chemical Physics Letters*, 793, 139483. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2022.139483>
- Mohandoss, S., Murugaboopathy, V., Haricharan, P., B., Hebbal, M., I., Saadaldin, S., Soliman, M., Eldwakhly, E., 2023, Ulvan as a reducing agent for the green synthesis of silver nanoparticles: a novel mouthwash, *Inorganics*, 11 (1), 5.
- Mudhafar, M., Zainol, I., Jaafar, C., A., Alsailawi, H. A., Desa, S., 2021, A review synthesis methods of Ag nanoparticles: antibacterial and cytotoxicity, *International Journal of Drug Delivery Technology*, 11 (2), 635-648.
- Muniyappan, N., Pandeewaran, M., Amalraj, A., 2021, Green synthesis of gold nanoparticles using *Curcuma pseudomontana* isolated curcumin: its characterization, antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory activities, *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3, 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.01.002>
- Murathan, Z., T., ve Kaya, A., 2020, Alanya ekolojik koşullarında yetiştirilen Hass ve Fuerte avokado çeşitlerinin bazı fitokimyasal içerikleri ile antioksidan

- aktivitelerinin belirlenmesi, *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (6), 1435-1440.  
<https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.674647>
- Nallal, V., U., M., Prabha, K., Razia, M., 2022, Avocado-waste mediated synthesis of silver nanoparticles and exploration of their potential biological properties, *Materials Today: Proceedings*, 64, 1745-1749.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.537>
- Nartop, P., 2016, Biyosentetik gümüş nanopartiküllerinin *Pyracantha coccinea* bitkisinin gövde eksplantlarının yüzey sterilizasyonunda kullanımı, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2016a*; 23 (6), 759-761.
- Nartop, P., 2019, Yeşil sentez yolu ile gümüş nanopartiküllerin elde edilmesinde bitkisel ekstraktlerin indirgeyici ajan olarak kullanılması, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 8 (1), 50-60.
- Nouailhat, A., 2007, An introduction to nanoscience and nanotechnology, *John Wiley and Sons Inc*, Hoboken, USA.
- Odo, J., U., Offor, C., E., Obiudu, I., K., Udeozor, P., A., 2018, Comparative chemical analysis of the leaves and seeds of *Persea americana*, *International Digital Organization for Scientific Research*, 3 (2), 52-59.
- Odongo, S., A., Okumu, F., O., Lugasi, S., O., Onani, M., O., Agong, S., G., 2022, Biogenic synthesis of gold nanoparticles from *Physalis peruviana* and application in wound healing, *Journal of Chemistry*, 9034840.  
<https://doi.org/10.1155/2022/9034840>
- Ojewole, J., A., ve Amabeoku, G., J., 2006, Anticonvulsant effect of *Persea americana* Mill. (*Lauraceae*) (Avocado) leaf aqueous extract in mice, *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 20 (8), 696-700.  
<https://doi.org/10.1002/ptr.1940>
- Okoye, U., C., Arhewoh, M., I., Okhamafe, A., O., 2022, Synthesis, characterization, and applications of nanoparticles, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 77 (1), 14-20.  
<https://doi.org/10.47583/ijpsrr.2022.v77i01.003>

- Ortega-Arellano, H., F., Jimenez-Del-Rio, M., Velez-Pardo, C., 2019, Neuroprotective effects of methanolic extract of avocado *Persea americana* (var. Colimense) peel on paraquat-induced locomotor impairment, lipid peroxidation and shortage of life span in transgenic knockdown parkin drosophila melanogaster, *Neurochemical Research*, 44 (8), 1986-1998.
- Ovalle-Marin, A., Parra-Ruiz, C., Rivas, F., Francisco Orellana, J., Garcia-Diaz, D., F., Jimenez, P., 2020, Characterization of *Persea americana* Mill. peels and leaves extracts and analysis of its potential in vitro anti-inflammatory properties, *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 19 (4).
- Öğüt, S., 2021, Meme kanseri hücre dizisi üzerinde (MCF-7), avokado (*Persea americana*) ve oğulotu (*Melissa officinalis*) bitki ekstraktlerinin antiproliferatif, apoptotik ve antioksidan etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Aydın.
- Pacheco-Coello, F., Seijas-Perdomo, D., 2020, Evaluation of the antioxidant activity of the aqueous and methanolic extracts of seeds of *Persea americana* Mill, variety hass, from the state Aragua in Venezuela, *Revista Boliviana de Química*, 37 (3), 142-147. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.2>
- Palaniyandi, T., Viswanathan, S., Prabhakaran, P., Baskar, G., Wahab, M., R., A., Sivaji, A., Ravi, M., Rajendran, B., K., Moovendhan, M., Surendran, H., Kumarasamy, S., 2023, Green synthesis of gold nanoparticles using *Halymenia pseudofloresii* extracts and their antioxidant, antimicrobial, and anti-cancer activities. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-03873-y>
- Pandit, C., Roy, A., Ghotekar, S., Khusro, A., Islam, M., N., Emran, T., B., Lam, S., E., Khandaker, M., U., Bradley, D., A., 2022, Biological agents for synthesis of nanoparticles and their applications, *Journal of King Saud University*, 34 (3), 101869. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101869>
- Paramasivam, D., Balasubramanian, B., Suresh, R., Kumaravelu, J., Vellingiri, M., M., Liu, W., C., Meyyazhagan, A., Alanazi, A., M., Rengasamy, K., R., R., Arumugam, V., A., 2023, One-pot synthesis of silver nanoparticles derived from

- aqueous leaf extract of *Ageratum conyzoides* and their biological efficacy, *Antibiotics*, 12, 688. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040688>
- Parimala, L., Ramapriya, L., Santhanalakshmi, J., 2022, Aloe leaf extract and microwave assisted green synthesis of gold nanoparticles and its catalytic activity on reductive degradation of methyl red, *In AIP Conference Proceedings*, 2446 (1), 100017. <https://doi.org/10.1063/5.0108582>
- Patel, R., R., Singh, S., K., Singh, M., 2023, Green synthesis of silver nanoparticles: methods, biological applications, delivery and toxicity. *Materials Advances*, 4(8), 1831-1849.
- Patil, T., P., Vibhute, A., A., Patil, S., L., Dongale, T., D., Tiwari, A., P., 2023a, Green synthesis of gold nanoparticles via *Capsicum annuum* fruit extract: characterization, antiangiogenic, antioxidant and anti-inflammatory activities, *Applied Surface Science Advances*, 13, 100372. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2023.100372>
- Patil, T., Gambhir, R., Vibhute, A., Tiwari, A., P., 2023b, Gold nanoparticles: synthesis methods, functionalization and biological applications, *Journal of Cluster Science*, 34, 705-725. <https://doi.org/10.1007/s10876-022-02287-6>
- Pei, X., Qu, Y., Shen, W., Li, H., Zhang, X., Li, S., Zhang, Z., Li, X., 2017, Green synthesis of gold nanoparticles using fungus *Mariaannaea sp.* HJ and their catalysis in reduction of 4-nitrophenol, *Environmental Science Pollution Research*, 24,21649-21659. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9684-z>
- Perni, S., Hakala, V., Prokopovich, K., 2014, Biogenic synthesis of antimicrobial silver nanoparticles capped with L-cystine, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 460, 219-224.
- Perveen, K., Husain, F., M., Qais, F., A., Khan, A., Razak, S., Afsar, T., Alam, P., Almajwal, A., M., Abulmeaty, M., M., M., 2021, Microwave-assisted rapid green synthesis of gold nanoparticles using seed extract of *Trachyspermum ammi*: ROS mediated biofilm inhibition and anticancer activity, *Biomolecules*, 11, 197. <https://doi.org/10.3390/biom11020197>
- Pexels, 2023, <https://www.pexels.com/tr-tr/> [Erişim tarihi: 4 Haziran 2023]

- POWO, 2022, Plants of the world online, *Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew*. <http://www.plantsoftheworldonline.org/> [Erişim tarihi: 2 Haziran 2022]
- Prieto, P., Pineda, M., 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 (2), 337-341.
- Punnoose, M., S., Joseph, S., John, B., K., 2022, Antibacterial, cytotoxic, and catalytic potential of aqueous *Amaranthus tricolor*-mediated green gold nanoparticles, *Plasmonics* 17, 1387–1402. <https://doi.org/10.1007/s11468-022-01622-x>
- Pushparaj, K., Balasubramanian, B., Kandasamy, Y., Arumugam, V., A., Kaliannan, D., Arumugam, M., Alodaini, H., A., Hatamleh, A., A., Pappuswamy, M., Meyyazhagan, A., 2023, Green synthesis, characterization of silver nanoparticles using aqueous leaf extracts of *Solanum melongena* and in vitro evaluation of antibacterial, pesticidal and anticancer activity in human MDA-MB-231 breast cancer cell lines, *Journal of King Saud University – Science*, 35, 102663. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102663>
- Rafique, M., Sadaf, I., Rafique, M., S., Tahir, M., B., 2017, A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 45(7), 1272-1291.
- Rahman, T., U., Khan, H., Liaqat, W., Zeb, M., A., 2021, Phytochemical screening, green synthesis of gold nanoparticles, and antibacterial activity using seeds extract of *Ricinus communis* L., *Microscopy Research & Technique*, 85, 202-208. <https://doi.org/10.1002/jemt.23896>
- Rajati, H., Alvandi, H., Rahmatabadi, S., S., Hosseinzadeh, L., Arkan, E., 2023, A nanofiber-hydrogel composite from green synthesized AgNPs embedded to PEBAX/PVA hydrogel and PA/*Pistacia atlantica* gum nanofiber for wound dressing, *International Journal of Biological Macromolecules*, 226, 1426-1443. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.255>
- Rajkumar, R., Ezhumalai, G., Gnanadesigan, M., 2021, A green approach for the synthesis of silver nanoparticles by *Chlorella vulgaris* and its application in photocatalytic dye degradation activity, *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101282.

- Rajkumar, G., ve Sundar, R., 2022, Biogenic one-step synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) using an aqueous extract of *Persea americana* seed: characterization, phytochemical screening, antibacterial, antifungal and antioxidant activities, *Inorganic Chemistry Communications*, 143, 109817. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109817>
- Rajput, D., Paul, S., Gupta, A., 2020, Green synthesis of silver nanoparticles using waste tea leaves, *Advanced Nano Research*, 3 (1), 1-14.
- Ratan, Z., A., Haidere, M., F., Nurunnabi, M., Shahriar, S., M., Ahammad, A., J., Shim, Y., Y., Cho, J., Y., 2020, Green chemistry synthesis of silver nanoparticles and their potential anticancer effects, *Cancers*, 12 (4), 855. <https://doi.org/10.3390/cancers12040855>
- Rather, M., Y., Shincy, M., Sundarapandian, S., M., 2022, Photocatalytic degradation of Rhodamine-B by phyto-synthesized gold nanoparticles, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 4073–4084. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04123-w>
- Rosero, J., C., Cruz, S., Osorio, C., Hurtado, N., 2019, Analysis of phenolic composition of byproducts (seeds and peels) of avocado (*Persea americana* Mill.) cultivated in Colombia, *Molecules*, 24, 3209. <https://doi.org/10.3390/molecules24173209>
- Rozaan, M., A., Boriy, E., G., Bayomy, H., M., 2021, Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant activity of six avocado cultivars *Persea americana* Mill. (*Lauraceae*) grown in Egypt, *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33 (10), 815-826. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i10.2772>
- Saka, E., ve Terzi Gülel, G., 2015, Gıda Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları, *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 26 (2), 52-57. <https://doi.org/10.35864/evmd.513387>
- Salazar, L., López, M., J., V., Grijalva, M., Castillo, L., Maldonado, A., 2018, Biological effect of organically coated *Grias neuberthii* and *Persea americana* silver nanoparticles on HeLa and MCF-7 cancer cell lines, *Journal of Nanotechnology*, 9689131. <https://doi.org/10.1155/2018/9689131>

- Sarikurkcu, C., 2011, Antioxidant activities of solvent extracts from endemic: *Cyclamen mirabile* Hildebr. tuber and leaves, *African Journal of Biotechnology*, 10 (5), 831-839.
- Sayar, F., 2010, Nanopartikül üretimi ve nanotıp uygulamaları, Doktora tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L., Leblebici, E., 1992, Tohumlu bitkiler sistematigi, *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi*, 116.
- Selvam, K., A., Suriyakumar, M., Devanathan, J., Kolanjinathan, K., Kumar, A., R., Selvaraj, S., Ramadass, L., 2020, Synthesis of Ag-NPs from extract of *Persea americana* and its antimicrobial effects in human pathogens, *NanoNext*, 1 (1), 10-17. <https://doi.org/10.34256/nnext2012>
- Serdar, G., Albay, C., Sökmen, M., 2019, Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles from the lemon leaves extract, *Cumhuriyet Science Journal*, 40 (1), 170-172.
- Serdar, G., 2021, Microwave-assisted green biosynthesis of gold nanoparticles from *Eriobotrya japonica* leaf extract, *Bulletin of Biotechnology*, 2 (2), 38-43. <https://doi.org/10.51539/biotech.1034330>
- Setyawan, H., Y., Sukardi, S., Puriwangi, C., A., 2021, Phytochemicals properties of avocado seed: a review, *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733 (1), 012090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012090>
- Shabankareh K., K., Behnaz, M., Dalband, M., 2023, A review on green synthesized silver nanoparticles and antibacterial action: usage in dentistry, *Journal of Nanomedicine*, 6 (2): 1061.
- Shafiq T., Uzair, M., Iqbal, M., J., Zafar, M., Hussain, S., J., Shah, S., A., A., 2021, Green synthesis of metallic nanoparticles and their potential in bio-medical applications, *Nano Biomed. Eng.*, 13 (2). <https://doi.org/10.5101/nbe.v13i2.p191-206>
- Shaikh, W., A., Chakraborty, S., Owens, G., Islam, R., U., 2021, A review of the phytochemical mediated synthesis of AgNP (silver nanoparticle): the wonder particle of the past decade. *Applied Nanoscience* 11, 2625–2660. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-02135-5>

- Sharma, B., Deswal, R., 2018, Single pot synthesized gold nanoparticles using *Hippophae rhamnoides* leaf and berry extract showed shape-dependent differential nanobiotechnological applications, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 46 (2), 408-418, <https://doi.org/10.1080/21691401.2018.1458034>
- Shilpha, J., Meyappan, V., Sakthivel, N., 2022, Bioinspired synthesis of gold nanoparticles from *Hemidesmus indicus* L. root extract and their antibiofilm efficacy against *Pseudomonas aeruginosa*, *Process Biochemistry*, 122, 224-237. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.10.018>
- Singh, C., Anand, S., K., Upadhyay, R., Pandey, N., Kumar, P., Singh, D., Tiwari, P., Saini, R., Tiwari, K., N., Mishra, S., K., Tilak, R., 2023, Green synthesis of silver nanoparticles by root extract of *Premna integrifolia* L. and evaluation of its cytotoxic and antibacterial activity, *Materials Chemistry and Physics*, 127413. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.127413>
- Shirzadi-Ahodashti, M., Mizwari, Z., M., Jafarkhani, B., Mohamadzadeh, S., Abbastabar, M., Motafeghi, F., Lalerdi, F., S., Ebrahimzadeh, M., A., Mortazavi-Derazkola, S., 2022, Biogenic synthesis of spherical-shaped noble metal nanoparticles using *Vicia faba* extract (X@VF, X=Au, Ag) for photocatalytic degradation of organic hazardous dye and their in vitro antifungal, antibacterial and anticancer activities, *Inorganic Chemistry Communications*, 110042. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.110042>
- Shyam, P., ve Bai, S., K., 2020, Phytochemicals analysis of various parts of the avocado plant (*Persea americana*), *International Journal Of Applied And Natural Sciences (IJANS)*, 9 (1), 51-60.
- Silva, Y., R., R., Silva, L., D., Rocha, T., L., Dos Santos, D., B., Bezerra, J., C., B., Machado, K., B., De Paula, J., A., M., Amaral, V., C., S., 2020, Molluscicidal activity of *Persea americana* Mill. (*Lauraceae*) stem bark ethanolic extract against the snail *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818): a novel plant-derived molluscicide?, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92 (4). <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200715>
- Soledad, C., P., T., Paola, H., C., Enrique, O., V., C., Israel, R., L., I., Virginia, N., M., G., Raúl, A., S., 2021, Avocado seeds (*Persea americana* cv. *Criollo* sp.):

lipophilic compounds profile and biological activities, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 3384-3390.

Solis-Salas, L., M., Sierra-Rivera, C., A., Cobos-Puc, L., E., Ascacio-Valdés, J., A., Silva-Belmares, S., Y., 2021, Antibacterial potential by rupture membrane and antioxidant capacity of purified phenolic fractions of *Persea americana* leaf extract, *Antibiotics*, 10, 508. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050508>

Sorkulu, G., 2020, Antimikrobiyal yaprak ekstraktlarının Fourier dönüşümlü kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi ile karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.

Soto, K., M., López-Romero, J., M., Mendoza, S., Peza-Ledesma, C., Rivera-Muñoz, E., M., Velazquez-Castillo, R., R., Pineda-Piñón, J., Méndez-Lozano, N., Manzano-Ramírez, A., 2023, Rapid and facile synthesis of gold nanoparticles with two Mexican medicinal plants and a comparison with traditional chemical synthesis, *Materials Chemistry and Physics*, 295, 127109. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.127109>

Sui, J., Jin, M., Morovvati, H., Goorani, S., 2022, Local anesthetic, anti-inflammatory and Analgesic activities of nanoparticles green-formulated by plant extract, *Inorganic Chemistry Communications*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109642>

Şahin, M., 2019, Antioksidan gümüş nanoparçacıkların sentezlenmesi, karakterizasyonu ve kataliz uygulamaları, *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, Özel Sayı I : , 75-83. <https://doi.org/10.7240/jeps.497405>

Tabrizi, A., P., F., 2006, Altın nanopartikül üretimi ve kuartz kristal mikrobalsans sisteminde kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara.

Tabrizi, A., Ayhan, F., Ayhan, H., 2009, Gold nanoparticle synthesis and characterization. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 37 (3), 217-226.

Tahar, I., B., Fickers, P., Dziedzic, A., Płoch, D., Skóra, B., Kus-Liśkiewicz, M., 2019, Green pyomelanin-mediated synthesis of gold nanoparticles: modelling and design, physico-chemical and biological characteristics, *Microbial Cell Factories*, 18, 210. <https://doi.org/10.1186/s12934-019-1254-2>

- Tatlıcı, E., 2019, Altın ve gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobiyal aktivitesi, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.
- Tavlı, Ö., F., ve Özkan, E., E., 2020, Ülkemiz kültür bitkilerinden *Persea americana* Mill. (avokado) ve tıbbi açıdan değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 10 (1), 28-36.
- Tessalonica, S., ve Roeslan, M., O., 2020, Effect of ethanol extracts from *Persea americana* leaves on HSC-3 proliferation, *Journal of Indonesian Dental Association*, 3 (2), 65-70. <https://doi.org/10.32793/jida.v3i2.464>
- Thomas, O., E., Alabi, O., S., Osharode, P., E., 2023, Characterization, antimicrobial and catalytic activities of silver nanoparticles biosynthesized using aqueous extract of *Euphorbia graminea*, *Acta Pharm. Sci*, 61 (2), <https://doi.org/10.23893/1307-2080.APS6112>
- Thu, D., K., Thuy, H., T., Duyen, B., T., T., Hang, L., T., T., Trang, N., T., Nhat, B., S., Hoa, T., T., Q., Duyen, D., T., K., Tung, B., T., 2019, Evaluating the acetylcholinesterase inhibitory and antioxidant activities of *Persea americana* extracts, *VNU Journal of Science: Medical and Pharmaceutical Sciences*, 35 (1), 19-30. <https://doi.org/10.25073/2588-1132/vnumps.4169>
- Torun, S., 2013, Kozmetik amacıyla kullanılan bazı bitkisel yağların yağ asidi bileşimlerinin analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.
- Tülü, G., ve Kaya, B. Ü., 2020, Endodontik doku mühendisliğinde nanoteknolojinin kullanımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11 (1), 107-111.
- Tüylek, Z., 2016, Küçük şeylerin hikâyesi: nanomalzeme, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5 (2), 130-141. <https://doi.org/10.17100/nevbiltek.284737>
- Tüylek, Z., 2021, Nanotıp ve yeni tedavi yöntemleri, *Avrasya Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 121-131.
- Umamaheswari, K., Abirami, M., 2023, Assessment of antifungal action mechanism of green synthesized gold nanoparticles (AuNPs) *Allium sativum* on *Candida* species, *Materials Letters*, 333, 133616. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.133616>

- Uzor, P., F., Onyishi, C., K., Omaliko, A., P., Nworgu, S., A., Ugwu, O., H., Nwodo, N., J., 2021, Study of the antimalarial activity of the leaf extracts and fractions of *Persea americana* and *Dacryodes edulis* and their HPLC analysis, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 5218294. <https://doi.org/10.1155/2021/5218294>
- Willian, N., Pardi, H., Arief, S., 2022, Single-step green synthesis of gold nanoparticles (GNPs) mediated *Rhizophora stylosa* leaf extract and antibacterial effect, *Rasayan Journal Chemistry*, 15 (4), 2570-2575. <http://doi.org/10.31788/RJC.2022.1546815>
- Vo T., S., Le, P., U., Ngo, D., H., 2019, Free radical scavenging and antiproliferative activities of avocado (*Persea americana* Mill.) seed extract, *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 9 (3), 91-97. <https://doi.org/10.4103/2221-1691.254602>
- Yahia, E., M., ve Woolf, A., B., 2011, Avocado (*Persea americana* Mill.) in postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits, 125-186e, *Woodhead Publishing*.
- Yasir, M., Das, S., Kharya, M., D., 2010, The phytochemical and pharmacological profile of *Persea americana* Mill., *Pharmacognosy reviews*, 4 (7), 77.
- Yavuz, İ., ve Yılmaz, E., Ş., 2021, Biyolojik sistemli nanopartiküller. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 93-108. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4843592>
- Yazdanian, M., Rostamzadeh, P., Rahbar, M., Alam, M., Abbasi, K., Tahmasebi, E., Yazdanian, A., 2022, The potential application of green-synthesized metal nanoparticles in dentistry: a comprehensive review, *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2311910. <https://doi.org/10.1155/2022/2311910>
- Yılmaz Öztürk, B., ve Öztürk, D., 2020, Extracellular biosynthesis of silver nanoparticle using *Tilia rubra* DC. extract and antifungal activity, *Biological Diversity and Conservation*, 13 (3), 244-251. <https://doi.org/10.46309/biodicon.2020.764145>
- Yücel, O., 2018, Altın nanopartiküllerin sentezi, karakterizasyonu ve ilaç-salım özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

- Yer, M., 2012, Gümüş nanopartiküllerin sentezlenmesi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisan Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Zengin, G., 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 (2).
- Zengin, G., Nithiyantham, S., Locatelli, M., Ceylan, R., Uysal, S., Aktümsek, A., Selvi, P., K., 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 *Cerithe minor* subsp. *auriculata*, *European Journal of Integrative Medicine*, 8, 286-292.
- Zhang, M., Zhang, K., Gusseme, B., D., Verstraete, W., Field, R., 2014, The antibacterial and anti-biofouling performance of biogenic silver nanoparticles by *Lactobacillus fermentum*, *Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 30, 347-357. <http://dx.doi.org/10.1080/08927014.2013.873419>
- Zhang, X., Tan, Z., Jia, K., Zhang, W., Dang, M., 2019, *Rabdosia rubescens* Linn: green synthesis of gold nanoparticles and their anticancer effects against human lung cancer cells A549, *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, 47, 1, 2171-2178, <https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1620249>
- Zubair, M., Azeem, M., Mumtaz, R., Younas, M., Adrees, M., Zubair, E., Khalid, A., Hafeez, F., Rizwan, M., Ali, S., 2022, Green synthesis and characterization of silver nanoparticles from *Acacia nilotica* and their anticancer, antidiabetic and antioxidant efficacy. *Environmental Pollution*, 304, 119249. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119249>