



T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BURDUR DİMRİTİ ÜZÜMÜ (*Vitis vinifera* L.) ÖZÜTÜ  
KULLANILARAK GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN  
SENTEZLENMESİ**

**Sinan ÖZKAN**

**BURDUR, 2019**

T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BURDUR DİMRİTİ ÜZÜMÜ (*Vitis vinifera* L.) ÖZÜTÜ  
KULLANILARAK GÜMÜŞ NANOPARTİKÜLLERİN  
SENTEZLENMESİ**

**Sinan ÖZKAN**

**Danışman: Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER**

**BURDUR, 2019**

## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Sinan ÖZKAN tarafından Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER yönetiminde hazırlanan “Burdur Dimriti Üzümü (*Vitis vinifera* L.) Özütü Kullanılarak Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 28/06/2019

**Prof. Dr. Numan HODA** (Başkan)

Akdeniz Üniversitesi.....

**Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER** (Danışman)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

**Doç. Dr. Yasin ARSLAN** (Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

**Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ**

Müdür  
Fen Bilimleri Enstitüsü

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Burdur Dimriti Üzümü (*Vitis vinifera* L.) Özütü Kullanılarak Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi”** başlıklı bu tezin;

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

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

28/06/2019

Sinan ÖZKAN

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER'e ve deneysel çalışmalarım esnasında her türlü yardımı esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Yasin ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında yardımını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Diğdem TRAK, Burcu KABAK, Miray KARAGÖZ, Abdulkerim YILDIZ ve Barış BALIKÇI'ya teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

0477-YL-17 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

**Haziran, 2019**

**Sinan ÖZKAN**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ÖZET .....	viii
SUMMARY .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Nanoteknoloji .....	3
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Nanoteknoloji .....	5
2.3. Nanoteknolojinin Bazı Kullanım Alanları .....	8
2.3.1. Otomotiv Sanayi .....	9
2.3.2. Elektronik Sanayi .....	10
2.3.3. Enerji ve Çevre .....	10
2.3.4. Tekstil .....	11
2.3.5. Sağlık .....	11
2.3.6. Gıda .....	11
2.4. Nanopartikül .....	12
2.5. Nanopartikül Sentezleme Yöntemleri .....	12
2.6. Üzüm .....	16
2.7. Gümüş ve Özellikleri.....	17
2.8. Gümüş Nanopartikül ve Kullanım Alanları .....	18
2.9. Nanopartikül Karakterizasyonunda Kullanılan Cihazlar .....	20
2.9.1. UV-Vis Spektrofotometresi .....	20
2.9.2. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) .....	21
2.9.3. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR) .....	22
2.9.4. X-Işınımı Kırınımı (XRD).....	22
2.10. Gümüş Nanopartiküllerin Antibakteriyel Etkisi.....	23
2.11. Literatür Çalışmaları.....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Kullanılan Materyal.....	28
3.2. Kullanılan Cihazlar.....	28
3.3. Yöntem .....	30
3.3.1. Dimrit Üzümü Temini .....	30
3.3.2. Özütün Hazırlanması .....	30
3.3.3. Gümüş Nitrat (AgNO <sub>3</sub> ) Hazırlanması .....	31
3.3.4. Optimizasyon Çalışmaları .....	31
3.3.5. Nanopartikül Karakterizasyonu .....	33
3.3.6. Antibakteriyel Testi .....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....	35
4.1. Optimizasyon Çalışmaları .....	35
4.1.1. Karıştırma Hızı Optimizasyonu .....	35
4.1.2. Özüt Derişimi Optimizasyonu .....	36

4.1.3. Metal Derişimi Optimizasyonu .....	39
4.1.4. Sentez Süresi Optimizasyonu .....	42
4.1.5. Sıcaklık Optimizasyonu.....	44
4.2. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonu.....	46
4.2.1. UV-Vis Spektrofotometresi.....	47
4.2.2. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR) .....	48
4.2.3. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) .....	50
4.2.4. X-Işını Kırınımı (XRD).....	53
4.3. Antibakteriyel Etkinin Belirlenmesi.....	55
5. SONUÇ.....	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	67



## ŞEKİL DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Uzunluk ölçeğine bazı örnekler .....	1
Şekil 2.1. Dışardan (a) ve içeriden (b) aydınlatıldığına bağlı olarak farklı bir renk gösteren ünlü Lycurgus kupasının fotoğrafı .....	8
Şekil 2.2. Nanoteknolojinin bazı uygulama alanları .....	9
Şekil 2.3. Nanopartikül sentez şeması.....	14
Şekil 2.4. Gümüş nanopartikül sentezinde bitkinin farklı parçaları kullanımı.....	15
Şekil 2.5. Gümüş nanopartiküllerinin tedavilerde kullanımı .....	19
Şekil 2.6. Gümüş nanopartiküllerinin kullanım alanlarını % dağılımı .....	20
Şekil 2.7. UV-Vis cihazı .....	21
Şekil 3.1. Burdur yöresinde yetişen kuru Dimrit üzümü.....	30
Şekil 3.2. Dimrit üzümü özüt eldesi .....	31
Şekil 4.1. Gümüş nanopartikül sentezi (750 rpm).....	35
Şekil 4.2. Gümüş nanopartikül sentezi (Karıştırma yok) .....	36
Şekil 4.3. 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-1}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu .....	37
Şekil 4.4. 30 mL % 1,5 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-1}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu.....	37
Şekil 4.5. 30 mL % 2 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-1}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu .....	38
Şekil 4.6. 30 mL % 2,5 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-1}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu.....	38
Şekil 4.7. 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-1}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu .....	40
Şekil 4.8. 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-2}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu .....	40
Şekil 4.9. 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-3}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu .....	41
Şekil 4.10. 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-4}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu.....	41
Şekil 4.11. 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL $10^{-5}$ M $AgNO_3$ karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu.....	42
Şekil 4.12. Sentez süresinin gümüş partikül oluşumuna etkisi .....	43
Şekil 4.13. 4 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum .....	44
Şekil 4.14. 25 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum .....	45
Şekil 4.15. 40 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum .....	45
Şekil 4.16. 55 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum .....	46
Şekil 4.17. Sentezlenen gümüş nanopartiküle ait UV-Vis Spektrumu.....	47
Şekil 4.18. Dimrit üzüm özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları .....	49
Şekil 4.19. Sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait TEM görüntüsü, ölçek çubuğu 200 nm .....	51
Şekil 4.20. Sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait TEM görüntüsü, ölçek çubuğu 200 nm .....	52
Şekil 4.21. Sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait TEM görüntüsü, ölçek çubuğu 100 nm .....	52





## ÇİZELGE DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2.1.</b> Nanoteknoloji alanındaki önemli gelişmeler .....	5
<b>Tablo 2.2.</b> Bazı ülkelerin nanoteknoloji ile ilgili yayın sayıları .....	6
<b>Tablo 2.3.</b> 2016 yılında ülkelerin yayınladığı nano makalelerin tüm makalelere oranı .....	7
<b>Tablo 2.4.</b> Ülkeler İtibariyle Dünya Kuru Üzüm Üretimi (1000 Ton) .....	17
<b>Tablo 4.1.</b> Dimrit üzüm özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları .....	49
<b>Tablo 4.2.</b> <i>Madhuca longifolia</i> çiçek özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları..	50
<b>Tablo 4.3.</b> Patojen bakterilere ait zon çapları (mm).....	55



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Ag</b>	: Gümüş
<b>AgNO<sub>3</sub></b>	: Gümüş Nitrat
<b>FDA</b>	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
<b>FTIR</b>	: Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi
<b>M</b>	: Molar
<b>m/V</b>	: Kütle/Hacim
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>rpm</b>	: Dakikadaki Devir Sayısı
<b>TEM</b>	: Geçirimli Elektron Mikroskobu
<b>TÜBİTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu
<b>UV-Vis</b>	: Ultraviyole ve Görünür Bölge Spektrofotometresi
<b>XRD</b>	: X-Işınları Kırınımı
<b>µL</b>	: Mikrolitre
<b>%</b>	: Yüzde
<b>°C</b>	: Derece Selsius

# ÖZET

## Yüksek Lisans Tezi

### Burdur Dimriti Üzümü (*Vitis vinifera* L.) Özütü Kullanılarak Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi

Sinan ÖZKAN

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdal KENDÜZLER

Haziran, 2019

Günümüzde, nanopartiküllerin sentezlenmesinde çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılmaktadır. Biyolojik yöntem ile sentezlenen nanopartiküller, daha hızlı, daha güvenli, daha düşük sıcaklıklarda çalışır ve çevreye zarar vermeyen bileşenler içerir.

Bu tez çalışmasında, yeşil kimya prensiplerine uygun gümüş nanopartiküllerinin sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sentezde, Burdur Bölgesinde yetiştirilen kurutulmuş Dimrit üzümünden elde edilen özüt kullanılmıştır. Özüt, kuru Dimrit üzümünün geri soğutucu altında su ortamında kaynatılıp süzülmesiyle elde edilmiştir. Sentez, Dimrit üzümü özütü üzerine  $AgNO_3$  ilave edilerek karanlık bir ortamda oda sıcaklığında yapılmıştır. Elde edilen nanopartiküllerin karakterizasyonunda UV-Vis, FTIR, TEM ve XRD kullanılmıştır. Nanopartikül için yüzey plazmon rezonans bandının 451 nm ve ortalama çap  $30 \pm 11$  nm'dir. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin genellikle küresel şekillerde olduğu bununla birlikte üçgen ve tetragonal şekillerin de olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel özelliklerinin de olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** gümüş nanopartikül, yeşil kimya, sentez, Dimrit üzümü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0477-YL-17 proje numarası ile desteklenmiştir.

## **SUMMARY**

**M. Sc. Thesis**

**Synthesis of Silver Nanoparticles Using Burdur Dimriti Grape (*Vitis vinifera* L.)  
Extract**

**Sinan ÖZKAN**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Chemistry**

**Supervisor: Prof Dr. Erdal KENDÜZLER**

**June, 2019**

Nowadays, various physical, chemical and biological methods are used in the synthesis of nanoparticles. Nanoparticles synthesized by the biological method work faster, safer, operate at lower temperatures and contain components that do not harm the environment.

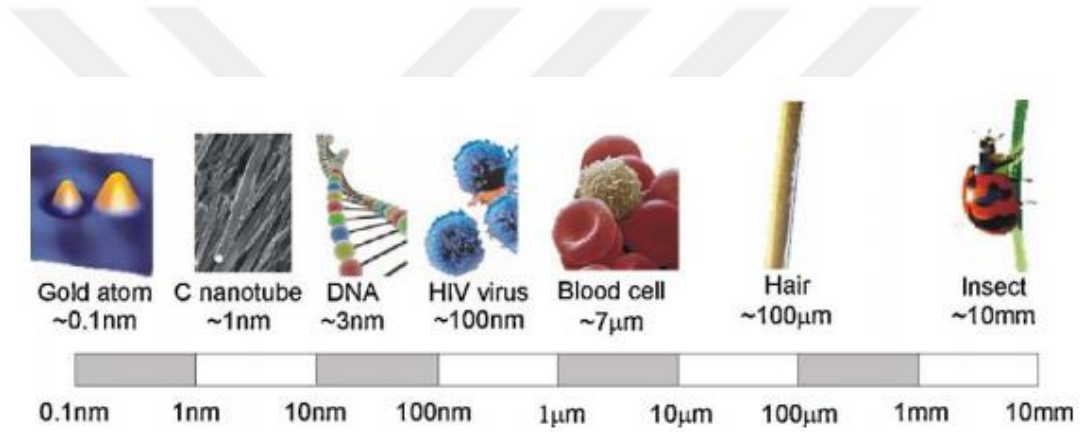
In this thesis, the silver nanoparticles were synthesized based on the principles of green chemistry. During synthesis, the extract obtained from the dried Dimrit grape grown in the Burdur region was used. The extract was obtained by boiling the dried Dimrit grape into water under reflux and then it was filtered. The synthesis was carried out in a dark environment at room temperature by adding AgNO<sub>3</sub> onto the Dimrit grape extract. The characterization of the obtained nanoparticles were performed by UV-Vis, FTIR, TEM and XRD. The highest plasmon band for the nanoparticle is 451 nm and the average diameter of it is 30±11 nm. The synthesized silver nanoparticles are generally spherical in shape, but they also contain triangular and tetragonal shapes. In addition, the antibacterial properties of the synthesized silver nanoparticles were also found.

**Keywords:** silver nanoparticle, green chemistry, synthesis, Dimrit grape

The present M.Sc. Thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Projects Coordinator Under the Project number of 0477-YL-17.

# 1. GİRİŞ

Nanoteknoloji son yıllarda en çok ilgi çeken konulardan biridir. Peki, neden bu kadar ilgi çekmektedir? Nanoteknoloji, kimya, fizik, malzeme bilimi, mühendislik, enerji ve yaşam bilimleri de dahil olmak üzere geniş bir araştırma alanında devrim yaratmaya başlayan, heyecan verici ve hızla büyüyen disiplinlerarası bir araştırma alanına sahip olduğundan çok fazla ilgi çekmektedir (Yu ve Lieber, 2010). Nano terimi, Yunancada "cüce" anlamına gelen bir kelimeden türemiştir. Önek olarak kullanıldığında,  $10^{-9}$  anlamına gelir. Bir nanometre (nm) metrenin milyarda birini ifade etmektedir (Thakkar vd., 2010). Uzunluk ölçeği ile ilgili bazı örnekler Şekil 1.1'de gösterilmektedir (Serrano vd., 2009).



Şekil 1.1. Uzunluk ölçeğine bazı örnekler

Nanoteknoloji, ilk olarak Richard Feynman tarafından 1959 yılında tanımlanmıştır. Amerikan Fizikçiler Derneği toplantısında yapısal partiküller olarak atomların kullanılmasıyla nano boyutta nesnelere yaratmak için umut vaat edildiği düşünülen "Aşağıda daha çok yer var" adlı bir konuşma yapmıştır. Bu konuşma nanoteknolojinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Daha sonra 1974 yılında, Taniguchi nanometre hassasiyeti ve nanoboyutlu mekanizmaya sahip nesnelere süper ince dağılımını açıklamak için uluslararası bir konferansta "nanoteknoloji" terimini kullanmıştır (Webster, 2007).

Özellikle son yıllarda hayatımızın bir parçası haline gelen nanoteknoloji, gelişimini hız kesmeden sürdürmektedir. Nanoteknoloji, atom ve moleküler seviyede çalışmalar yaparak yeni fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip yapılar elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Nanoteknoloji alanında en çok çalışılan konulardan biri de nanopartiküllerdir. Nanopartiküller, boyutları 100 nm ve altında kalan partiküller olarak

tanımlanmış olup nanomateryallerin dolayısıyla nanoteknolojinin temelini oluşturmaktadırlar (Rao vd., 2004).

Son yıllarda, Nanobilim, benzersiz özellikleri ve biyolojik uygulamalarından dolayı, nano boyutlu parçacıkları üretme ve kullanma konusunda hızla büyüyen bir teknoloji üzerinde çalışmaktadır. Nanopartiküller kimyasal, fiziksel ve biyolojik yöntemler gibi çeşitli yaklaşımlarla sentezlenebilir. Nanopartiküllerin sentezi için fiziksel ve kimyasal yöntemler arasında lazer ablasyonu, piroliz, kimyasal veya fiziksel buhar biriktirme, sol-jel, litografi ve elektro-biriktirme işlemlerinin çoğunun insan sağlığına zararlı etkileri vardır. Nanopartiküllerin biyolojik sentezi, diğer fiziksel ve kimyasal yöntemlerle karşılaştırıldığında temiz, zehirli olmayan ve çevre dostu bir yöntem olarak kabul edilir (Raj vd., 2018).

Türkiye’de üzüm üretimi önemli bir konuma sahiptir. Türkiye’de üzüm sektörü köklü bir kültür geçmişine sahiptir. Üzüm; toprak ve iklim yönünden fazla seçici olmaması nedeniyle dünyada ve Türkiye’de en yaygın üretilen bitkilerden biridir (güçgeldi bashimov). Ülkemizin farklı coğrafi bölgelerinde çeşitli üzümler yetiştirilmektedir. Burdur’da en çok üretilen üzüm çeşitleri Burdur Dimrit’i ve Razaki’dir. Burdur’da üretilen üzümlerin %60’ını Burdur Dimrit’i oluşturmaktadır. (Gargın ve İşçi, 2011; Gökgez, 2015).

Bu tez çalışmasında, yeşil kimya prensiplerine uygun olarak gümüş nanopartiküllerinin sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sentezde, Burdur Bölgesinde yetiştirilen kurutulmuş Dimrit üzüm özütü kullanılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Nanoteknoloji

İnsan rüyaları ve hayal gücü çoğu zaman yeni bilim ve teknolojiye yol açar. Nanoteknoloji, bu hayallerin bir ürünüdür. 1959'da Richard Feynman, California Institute of Technology de gerçekleştirilen Amerikan Fizikçiler Derneği toplantısında, “Aşağıda daha çok yer var” adlı bir konuşma yapmıştır. Bu konuşmada atom seviyesindeki maddeleri kontrol etmenin mümkün olduğundan bahsetmiştir. Bu yeni fikir, yeni düşünme biçimlerini ve Feynman'ın hipotezlerinin o zamandan beri doğru olduğunu kanıtlamaktadır. Bu nedenle modern nanoteknolojinin babası olarak kabul edilir. Feynman'dan sonra Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Japon bilim adamı Norio Taniguchi, 1974 yılında "nanoteknoloji" terimini kullanan ilk kişiydi (Hulla vd., 2015).

Nanoteknolojinin amacı, aynı malzemenin boyutunu küçülterek yeni fiziksel ve kimyasal özellikler kazandırmaktır. Başka bir deyişle malzemenin boyutları küçüldükçe fiziksel ve kimyasal özellikleri de yeni bir boyut kazanmaktadır (Dikensoy, 2010). Nanoteknolojideki gelişmeler, bu teknolojinin neye öncülük ettiği veya neye yöneldiğiyle ilgili konular, birçok insan tarafından farklı şekilde yorumlanmaktadır. Birçoğu, yaşadığımız çevreyi değiştiren başarılı yenilikler, yaratıcılık ve icatların bir sonucu olarak ortaya çıktığını söylüyor (Mamori, 2015).

Nano teriminin boyutunu ifade eden birçok tanım vardır. Bu tanımlar, temel olarak nanometrik boyutların makroskopik boyutlardan önemli ölçüde farklı olduğu sonucunu işaret etmektedir. Örneğin, ABD'deki Ulusal Nanoteknoloji Enstitüsü, 1 ila 100 nanometre boyutunda maddeyi anlamamanın ve kontrol etmenin yeni uygulamaları mümkün kıldığını belirtmektedir (Ulusal Nanoteknoloji Enstitüsü, 2007). Nano bilim, mühendislik ve teknolojiyi kapsayan, maddeyi hayal etme, ölçme ve modelleme olarak tanımlanır (The National Nanotechnology Initiative-Strategic Plan, 2007).

Diğer bir tanım, nanoteknolojiyi, temelde küçük yapılarından dolayı yeni özelliklere ve işlevlere sahip malzemeleri, cihazları ve sistemleri anlamak ve oluşturmak için, atomik ve moleküler seviyelerde, yaklaşık 1-100 nm aralığında çalışma olarak tanımlamaktadır (Lu, 2009; Cacciato vd., 2011).

Başka bir tanım, nanobilim ve nanoteknolojinin disiplinlerarası doğasına vurgu yapmaktadır. Nanoteknoloji, fiziksel, kimyasal ve yaşam bilimlerinin birleşmesinden kaynaklanan nano ölçekte ürün ve süreçleri tanımlamak için kullanılan yaygın bir terimdir (Porter ve Youtie, 2009). Nanoteknoloji; elektronik, tıp, biyoteknoloji, tarım, kimyasal/ilaç



ve malzeme gibi farklı alanlardaki uygulamalara sahiptir. Nanobilim ve nanoteknoloji, biyoloji, bilgisayar bilimi, kimya, malzeme bilimi, elektrik mühendisliği ve katı hal fiziği gibi bir dizi alanın birleşimi olarak tanımlanmaktadır (Roco, 2004).

Temel olarak nanoteknoloji, moleküllerin ve atomik bileşenleri kontrol edilebilirliği olarak adlandırılır ve 1-100 nm arasındaki ürün gelişimlerini kapsadığı ifade edilir. Bu da potansiyel olarak bilim adamlarının belirli moleküler yapılar ve cihazlar oluşturmalarına imkan sunar (Bowman ve Hodge, 2006).

Genel olarak nanoteknoloji, 100 nanometreden küçük yapılarla, özellikle de molekölün yapısıyla ilgilenen bir mühendislik dalı olarak bilinmektedir. Maddenin boyutunu küçölterek yeni kimyasal ve fiziksel özellikler kazandıran bir bilimdir (Mamori, 2015). Tablo 2.1'de nanoteknoloji alanında bazı önemli gelişmeler gösterilmiştir (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018).

**Tablo2.1.** Nanoteknoloji alanındaki önemli gelişmeler

Yıl	Önemli Gelişmeler
1959	Feynman, atom hassasiyetiyle ilgili bir konuşma yaptı
1974	Taniguchi, iyon püskürtme işleminde kağıt üzerinde “nanoteknoloji” terimini kullandı
1977	Drexler, moleküler nanoteknoloji kavramlarını oluşturdu
1981	Taramalı Elektron Mikroskobu icat edildi
1985	Karbon nanotop (Fulleren) keşfedildi
1986	Bu alanda ilk kitap yayınlandı, Atomik Kuvvet Mikroskobu icat edildi
1989	IBM logosu tek tek atomlar ile yazıldı
1991	Karbon nanotüpler keşfedildi
1997	Nanorobotik sistemin ilk tasarımı gerçekleşti ve ilk şirket kuruldu: Zyvex
1998	İlk DNA tabanlı nanomekanik cihaz oluşturuldu
1999	İlk nanotıp kitabı yayınlandı
2000	ABD Ulusal Nanoteknoloji Enstitüsü kuruldu: NNI
2001	Nanoteknoloji endüstrisi üzerine ABD, askeri uygulamalar için ilk nanoteknoloji merkezi kurdu
2002	İlk nanoteknoloji endüstrisi konferansı gerçekleştirildi
2004	İleri nanoteknoloji ile ilgili ilk konferans gerçekleştirildi Nanomekanik sistemler için ilk merkez kuruldu
2010	DNA tabanlı “robotik” montaj başladı

## 2.2. Dünyada ve Türkiye’de Nanoteknoloji

Şu anda dünyada, daha önce ulusal nanoteknoloji programları başlatmış olan 60'tan fazla ülke vardır (Gao vd., 2016). Bilgiyi servete dönüştürmek için ülkelerin nanoteknoloji alanında temel programları bulunmaktadır. Örneğin ABD 2000 yılında Ulusal Nanoteknoloji Enstitüsü'nü (NNI) kurdu. Şu anda, ABD ve Çin, nanoteknoloji tabanlı stratejileri geliştirmek için nanoteknoloji araştırma ve geliştirme alanında iki lider ülke olarak bilinmektedir (Dong vd., 2016).

Birçok ülke, özellikle ABD, Çin, Rusya, Almanya, Japonya, Avrupa Birliği, Güney Kore, İsrail, Tayvan ve İngiltere nanoteknoloji alanında önemli yatırımlar yapıyor. NNI tarafından yapılan açıklamaya göre, 2015 yılında yalnızca ABD'nin nanoteknoloji yatırımı 1,54 milyar dolar değerindeydi ve bu yatırım tutarının 2015 yılı için dünya genelinde 100 milyar dolar civarında olacağı belirtildi. Ayrıca, söz konusu yatırımların gelecekte de hızla artmaya devam etmesi beklenmektedir (Denkbaş, 2015).

Gelecek yıllarda, sanayi devrimlerinde olduğu gibi, bu alanda da gelişmelerin hızlı bir şekilde ilerlemesi bekleniyor. Bu hızlı ilerlemeye en iyi örnek, cep telefonlarında yaşanan gelişmelerdir. Cep telefonları bir yandan akıllı hale gelirken, bir yandan ağırlığı azaltılıp küçültülerek daha ergonomik hale getirildi. Ancak, fiyatı sahip olduğu özelliklerle orantılı olarak artış göstermektedir. Çünkü teknoloji geliştikçe, ürünün kalitesi ve fiyatı o kadar artmaktadır (Denkbaş, 2015). Tablo 2.2. nanoteknoloji alanında yapılan yayın sayılarını göstermektedir (<https://statnano.com/report/s29>). Tablo 2.3'de 2016 yılındaki nanoteknoloji alanındaki makalelerin, tüm makalelere oranı gösterilmektedir (<https://statnano.com/news/57105>).

**Tablo 2.2.** Bazı ülkelerin nanoteknoloji ile ilgili yayın sayıları

Sıralama	Ülkeler	2014	2015	2016	2017	2018
1.	Çin	41,346	51,830	51,830	59,471	68,041
2.	ABD	22,478	23,771	24,893	25,411	25,665
3.	Hindistan	9,549	11,006	12,438	13,451	14,738
4.	İran	5,526	6,939	8,486	9,489	10,138
5.	Güney Kore	8,260	8,920	9,277	9,261	9,793
6.	Almanya	7,870	8,227	8,801	8,873	8,829
7.	Japonya	7,303	7,404	7,642	7,731	7,744
19.	Türkiye	1,601	1,881	2,254	2,366	2,206

**Tablo 2.3.** 2016 yılında ülkelerin yayınladığı nano makalelerin tüm makalelere oranı

Sıralama	Ülkeler	Oran (%)
1.	İran	22,91
2.	Sudi Arabistan	18,11
3.	Singapur	17,72
4.	Hindistan	17,13
5.	Çin	16,83
6.	Güney Kore	15,71
7.	Rusya	12,48
14.	Türkiye	7,06

Yeni yüzyılda hayati bir teknoloji devrimi olarak görülen ve henüz gelişim döneminde olan nanoteknoloji; yeni bir sıçrama noktası olarak Türkiye'nin bu teknolojiyi kullanması çok büyük bir öneme sahiptir. Dünyada küresel nanoteknoloji yarışını kaçırmamak için nanoteknolojiye yatırım yapmak gerekiyor. Türkiye diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında nanoteknolojideki yatırımları çok iyi durumda değildir. Fakat önemli kurumsal yapılar bu teknolojinin gelişimi için oluşturulmuş durumdadır. Bilim adamları ve bazı üniversiteler nanoteknoloji ile ilgili önemli projeler yürütmektedirler. Bu bağlamda altyapı ve teşvikler açısından gerekli desteği sağlamak için çalışılmaktadır (Aydoğdu, 2018).

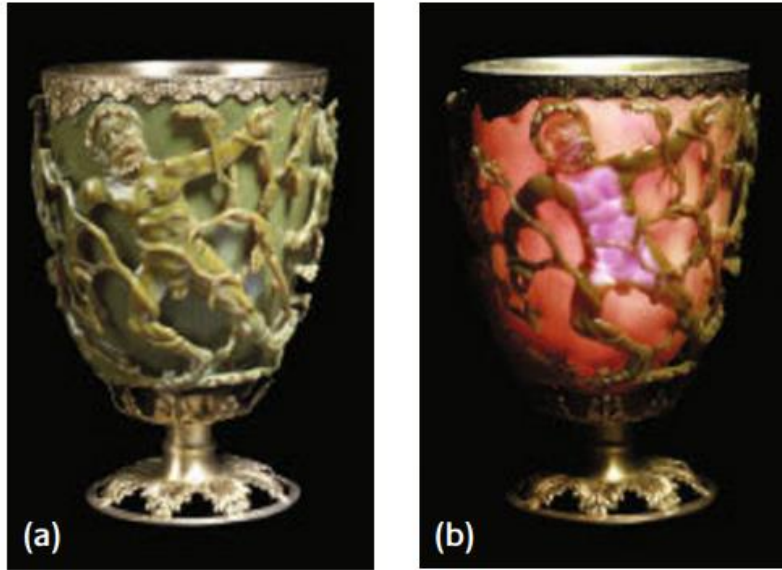
Türkiye'de 70'den fazla şirket 2015 yılında ürünlerinde nanoteknoloji kullanmıştır. Türkiye Savunma Sanayii Başkanlığı'nın desteğiyle İleri Araştırma Laboratuvarları kurulmuş ve çok önemli araştırmalar yapılmıştır. Birçok üniversite nanoteknoloji merkezleri kurmuştur. Nanoteknoloji ile ilgili eğitim programları başlatılmıştır. Türkiye'de nanoteknoloji alanında uygulamalı araştırma yapan şirketler de mevcuttur. TÜBİTAK ve Kalkınma Bakanlığı'nın destek ve teşvikleriyle yürütülen projelerin yanı sıra, öncelikle Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve Bilkent Üniversitesi daha sonrasında birçok üniversitede eğitim programları ve nanoteknoloji merkezleri kurulmuş durumdadır (Bozkurt, 2015).

Son on yılda, bu alanda araştırma yapmak üzere Türkiye'de 19 merkez kurulmuş ve yaklaşık bir milyar Türk Lirası tutarında bir yatırım yapılmıştır. Türkiye'de nanoteknoloji üzerine araştırma yapılanması 2005 yılında başlamıştır. Örneğin, Ulusal Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansları (NanoTR), 2005 yılından beri her yıl düzenli olarak yapılmaktadır. İlk NanoTR Konferansı 2005 yılında Bilkent Üniversitesi'nde

gerçekleştirilmiştir. Yıllık NanoTR konferansları çeşitli alanlarda geniş katılımlar ile gerçekleşmektedir. 14. NanoTR konferansı, Eylül 2018'de, 17 ülkeden 398 katılımcıyla İzmir'de gerçekleşmiştir. Bu bağlamda, NanoTR konferans serisi, bilimsel ilerleme için önemli olan verimli fikir alışverişi açısından ideal bir ortam sunmaktadır (Aydoğdu, 2018).

### 2.3. Nanoteknolojinin Bazı Kullanım Alanları

Nanomalzemelerin geçmişten bugüne kadar kullanıldığı bilinmektedir. Roma İmparatorluğu döneminde cam sanatçıları tarafından yapılan Lycurgus kupasının (Şekil 2.1) hazırlanması sırasında altın ve gümüşten faydalandıkları bilinmektedir. Altın ve gümüşün çapları 50-100 nm arasında olup, altın/gümüş oranı 3:7 olan nanoalaşım biçiminde hazırlanmıştır. Altın ve gümüş alaşımından oluşan bu nanopartiküller farklı optik özelliğe sahiptir. Işıkla temas ettiğinde renk değişimiyle bilinmesiyle birlikte bu kupanın, dışarıdan aydınlatıldığında opak yeşilimsi bir tona sahip olduğu ve ışık içinden geçtiğinde yarı saydam bir yakut rengi verdiği bilinmektedir (Freestone vd., 2007).



**Şekil 2.1.** Dışardan (a) ve içeriden (b) aydınlatıldığına bağlı olarak farklı bir renk gösteren ünlü Lycurgus kupasının fotoğrafı

Endüstride yaygın olarak kullanılan nanoparçacıklardan bazıları, güneş koruyucu, kozmetik ürünler ve bazı gıda ürünlerinde titanyum dioksit ve çinko oksit nanoparçacıkları içerir. Gümüş nanopartiküller, gıda ambalajlarında, giysilerde, dezenfektanlarda ve ev aletlerinde kullanılır. Diğer önemli bir nanomalzeme, leke tutmaz tekstil ve elektronik

cihazlarda kullanılan karbon nanotüplerdir (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018). Nanoteknolojinin bazı uygulama alanları Şekil 2.2’de gösterilmektedir (Mboniyirivuze vd., 2015).



Günümüzde, nanoteknoloji için en önemli uygulama alanından birisi de tıp alanıdır. Bu bilim dalı nanotıp olarak adlandırılır. Gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler nanotıp ve doku mühendisliğinde yeni teknolojileri geliştirmek için büyük miktarlarda sermaye harcayarak rekabet etmektedirler. Nanoteknoloji sayesinde, arıtma ve çevre temizleme uygulamaları, suyun tuzdan arındırılması, su filtrasyonu, atık su arıtımını ve yeraltı su arıtımı başarılı bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca, güneşe karşı korunma, elektronik uygulamalarında, inşaat sektörü ve askeri ürünler alanında da, nanoteknoloji sayesinde birçok yenilikler yapılmaktadır (Bhagyaraj ve Oluwafemi, 2018).

### 2.3.1. Otomotiv Sanayi

Otomotiv endüstrisinin bazı özellikleri onu nanoteknolojinin tanıtımı için verimli bir pazar haline getiriyor. Bu pazar çok geniş bir yelpazeye sahiptir. Ekonomik yakıt ve güvenlik açısından baskılara ve aynı zamanda tüketicilerin yüksek beklentilerine maruz kalarak oldukça etkileniyor. Bunların hepsi yeni teknolojilerin getirilmesini teşvik eden faktörlerdir. Nanoteknolojik yetenekler gelecekteki otomotiv mühendisliğinde, bu

endüstrinin uluslararası alanda rekabetçi kalması için gereken temel özelliklerden birisi olacaktır. Nanoteknolojik gelişmeler tüm otomotiv alt sistemlerinde ve bileşenlerinde rol oynayabilir (Luther, 2006). Bazıları şunlardır;

- Otomobil lastiklerinde dolgu maddesi olarak kullanımı
- Görüntüler ve aynalar için yansıma önleyici kaplamalar
- Nanoparçacık takviyeli polimerler ve metaller
- Geliştirilmiş yakıt hücresi teknolojisi
- Hidrojen depolama sensörleri ve nanoelektronik temelli elektronik bileşenler
- Yakıt katkı maddesi olarak katalitik nanopartiküller
- Aynalar ve ekranlar için buğu önleyici kaplamalar olarak hidrofilik yüzey kaplamaları
- Ultra hafif araba yapıları için karbon nanotüp kompozitler
- Kendi kendini yenileyen kaplamalar

### **2.3.2. Elektronik Sanayi**

Nanoteknoloji, 100 nm daha küçük mikroişlemciler ile elektronik endüstrisinde kullanılmaktadır. Daha küçük boyutlarda daha hızlı işlem süreleri ve aynı zamanda belirli bir bölgede toplanacak olan daha çok işlem gücü olanağı sağlar. Elektronik cihazlarda ekranların ağırlığını, kalınlığını azaltmayı ve güç tüketimini de düşürmeyi hedefler (Yousaf ve Ali, 2008).

### **2.3.3. Enerji ve Çevre**

Enerji yetersizliği ve çevre kirliliği dünya için kaçınılmaz sonlardan bir tanesidir. Nanoteknoloji, önümüzdeki 50 yıl içerisinde enerji kaynaklarındaki yetersizlikle başa çıkmamıza yardımcı olabilecek en önemli konulardan bir tanesidir. Enerji ile ilgili bazı projeler; depolama, güneş panelleri, daha iyi ısı yalıtımı ve gelişmiş yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Çağın, 2017).

Günümüzde nanoteknoloji, toprak, su ve hava kaynaklarının kalitesinin korunması ve iyileştirilmesinin mümkün olduğu çevre koruma alanında büyük dikkat çekmektedir. Şu anda dünyadaki mevcut su kaynaklarının azalması nedeniyle insan için en büyük zorluklardan biri olan su ve atık su konuları üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Kargozar ve Mozafari, 2018).

#### **2.3.4. Tekstil**

Nanoteknoloji gerek laboratuvar çalışmalarında gerekse piyasada çok hızlı bir şekilde gelişme göstermektedir. Örneğin termal sensörler, nanoboyutlu yüzeyler, ışığı yansıtan elyaflar, tıbbi ve sağlıklı kaplamalar ve su geçirmeyen yüzey uygulamaları bunlardan birkaçıdır. Nanoteknoloji, giysiler ve mobilyalar vb. alanlarda ürün yapısında değişikliğe uğratabilecek gibi görünüyor (Yer, 2012).

#### **2.3.5. Sağlık**

Canlı hücrelerin bazı bileşeni aslında nano ölçek aralığında olduğu için, nanoteknolojinin biyoloji ve tıpta faydalı olacağı tahmin edilebilir. Bugün, nano ölçekli malzemelerin bazıları, klinik uygulamalarda kullanılmış ve nano-tıp alanının da gelişme göstermiştir (Moghimi ve Farhangrazi, 2013; Zarrintaj vd., 2017). Nanoteknoloji alanının en önemli bölümlerinden biri olan nanotıp, çeşitli hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için daha etkili araçlar sağlamak üzere biyoloji, kimya, mühendislik ve tıp alanlarını birleştiren disiplinlerarası bir alandır. Nanotıpa dayalı stratejiler, kanser gibi ciddi hastalıkların önlenmesi, teşhisi ve tedavisi bakımından biyomedikal mühendislere yeni ufuklar açmıştır (Chow ve Ho, 2013).

İlaç dağıtım sistemlerinde belirgin iyileştirmeler yapan tıbbi görüntüleme ve tanı platformları, implant edilebilir malzemeler ve doku rejenerasyon stratejileri sağlık ve tıpta nanoteknoloji etkileri olarak kabul edilmiştir (Bayford vd., 2017). Şuanda, birçok nanotıp ürünü FDA tarafından onaylanmış ve piyasada bulunmaktadır (Bobo vd., 2016).

#### **2.3.6. Gıda**

Günümüzde gıdanın tadına ve yapısına zarar vermeden besin içeriğini arttıran ve raf ömrünü uzatan nanopartiküller kullanılmaktadır. Bu yöntem ile elde edilen gıda malzemelerine fonksiyonel gıda denilmektedir (Siegrist vd., 2008). Duyarlı bir şekilde gıda bileşenlerini (diğer bir deyişle aroma kimyasalları, organik yağlar, vitaminler) korumak, canlı renkler ve çekici bir aromaya sahip gıda ürünleri geliştirmek ve gerekli durumlarda bu ürünlerdeki tat, koku ve/veya renk maskeleyişini gerçekleştirebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu teknoloji aynı zamanda gıda şirketleri ve hammadde sağlayıcı firmalar tarafından farklı niteliklere sahip mineral, vitamin, aroma kimyasalları ve uçucu yağların geliştirilmesine de olanak sağlamaktadır (Chaudhry vd., 2008).



## 2.4. Nanopartikül

Nanoteknolojideki ilerlemeler, nanokristal, nanopartikül, nanotüp gibi nano ölçekte yeni malzemelerin üretilmesine olanak sağlamıştır. Nanoteknolojinin temelini nanopartiküller oluşturmaktadır (Tunca, 2015).

Nanopartiküller, en az bir boyutu 1-100 nm arasında değişen malzemeler olarak tanımlanmaktadır (López-Serrano vd., 2013). Doğal ya da sentetik yapıdaki polimerlerle oluşarak ana malzemelere göre değişik özellikler sergileyen maddelerdir. Nanopartiküller, kimyasal ve fiziksel özellikleri ile madde yapısı bakımından aynı maddenin daha büyük boyutlu yapısından farklılık göstermektedir (Kumari vd., 2009).

Bir DNA molekülü 2,5 nm genişliğindedir ve insan saçı yaklaşık 10,000 nm kalınlığındadır. Nano boyutlu partiküller hacimlerine göre daha geniş yüzey alanlarına sahiptir ve bu yüzden de daha gelişmiş kimyasal ve biyolojik reaktiviteye sahiptir. (Cameotra ve Dhanjal, 2010).

Üretim esnasında veya sonrasında, manyetizma, iç basınç, optik absorpsiyon, ısı direnç, kimyasal aktivite, kataliz ve erime noktası gibi özelliklerde büyük farklılıklar olabilir. Bu sebeplerden dolayı, nanopartiküller ana yapıyla kıyaslandığında farklı özellikler gösterebilirler. Bu değişikliklerin nedeni, periyodik sınır koşullarının parçacık boyutlarına yaklaştığında veya iletken elektronların dalga boylarından daha az olduğunda zarar görmesidir (Kong ve Ohadi, 2010). Parçacıklar küre, pul, levha, tüp ve çubuk gibi farklı yapılara sahiptir. Ayrıca, yapılar üretim sürecinden dolayı yay, rulo ve fırça olarak karmaşık üç boyutlu bir yapı haline gelebilir (Pitkethly, 2004). Üretilen nanopartiküller, antikanser, antimikrobiyal, antiviral gibi özelliklere sahip olduklarından birçok farklı uygulama alanlarına sahiptirler (Mittal vd., 2013).

## 2.5. Nanopartikül Sentezleme Yöntemleri

Geçmişten bugüne kadar ultra ince parçacıkların hazırlanmasında iki yaklaşım bilinmektedir. Bunlardan birincisi, daha küçük parçalara ayrılmasına yol açan, bir katıya harici bir kuvvetin uygulandığı parçalanma yöntemine yukarıdan aşağıya (Top-down) yaklaşım denir. İkincisi, atomik dönüşümlere veya moleküler yoğunlaşmalara dayanan gaz veya sıvı atomlardan başlayarak nanoparçacıklar üreten birikme yöntemine aşağıdan yukarıya (Bottom-up) yaklaşım denir (Horikoshi ve Serpone, 2013; You vd., 2013).

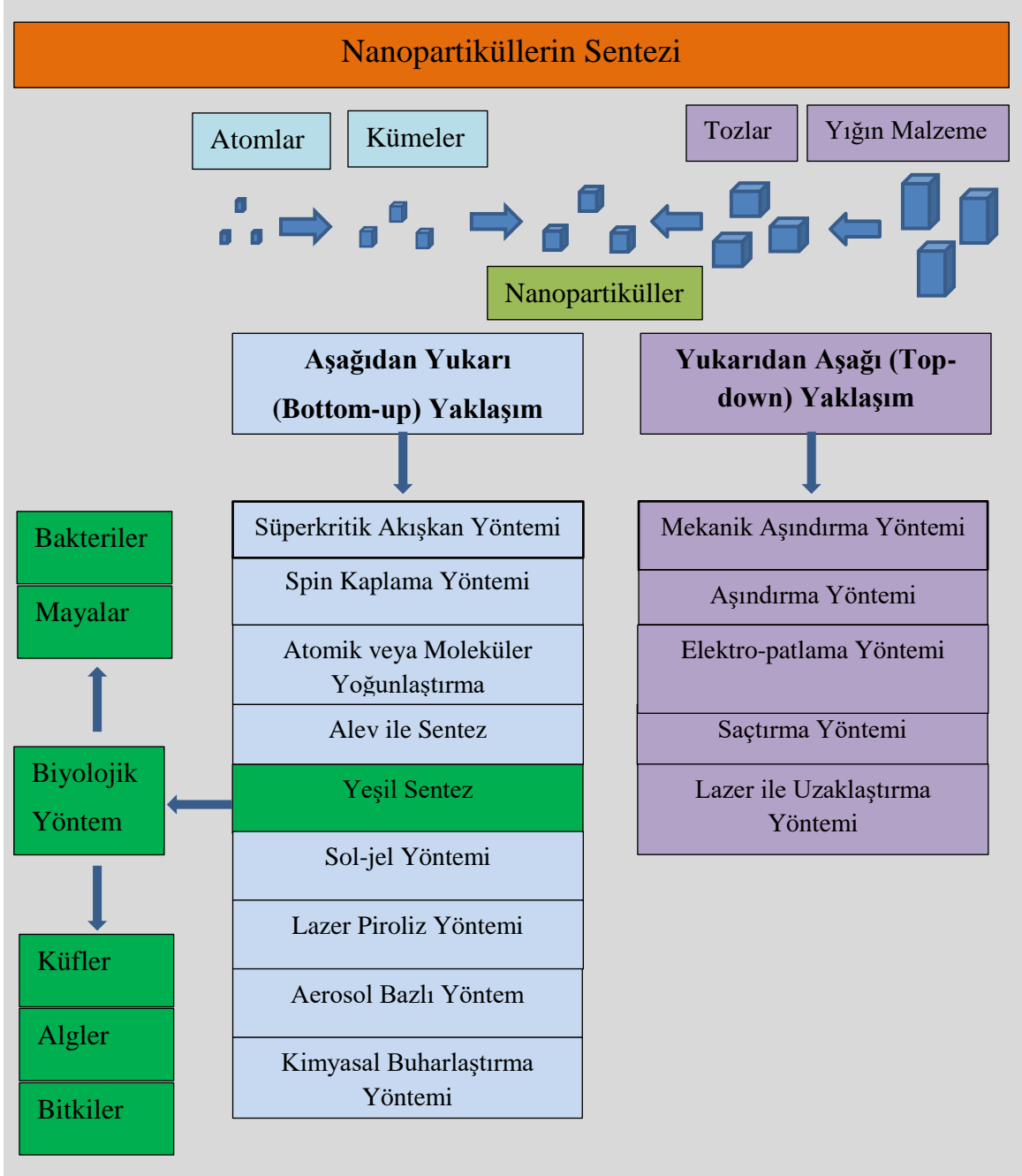
Yukarıdan aşağıya yaklaşım bir materyal bloğuyla başlar ve aşındırma, eleme ve malzemenin katmanlaşmasıyla kontrol edilen başlangıç malzemesini nano ölçekte istenen

şekle indirger. Yukarıdan aşağıya yaklaşımla ilgili bir problem, nanomalzemelerin fiziksel özelliklerini ve yüzey kimyasını önemli ölçüde etkileyebilecek olan yüzey yapısındaki hatalardır. Ayrıca, kontrol edilemeyen bazı kusurlar aşındırma adımları sırasında bile ortaya çıkabilir. Yüzeydeki hatalar ve diğer kusurlara bakılmaksızın, yukarıdan aşağıya doğru yaklaşım ile nanomalzemeleri sentezlemek hala önemlidir (Kumar Teli vd., 2010).

Aşağıdan yukarıya yaklaşımda, malzemeler atomların, moleküllerin, makromoleküllerin veya supramoleküllerin düzenini verimli ve etkili bir şekilde kontrol ederek imal edilir. Büyük polimer moleküllerinin sentezi, ayrı ayrı yapı blokları, monomerlerin büyük bir moleküle birleştirildiği veya dökme malzemeye polimerize edildiği aşağıdan yukarıya yaklaşımının tipik bir örneğidir. Aşağıdan yukarıya yaklaşım için ana zorluk, pratik uygulamalarda malzeme olarak kullanılacak yeterli büyüklük ve miktarda yapıların nasıl imal edileceğidir. Bununla birlikte, aşağıdan yukarıya yaklaşımda üretilen nanoyapılar genellikle daha az hataya, daha homojen bir kimyasal bileşime ve daha iyi kısa ve uzun menzilli sıralamaya sahiptir (Luo, 2005).

Yukarıdaki yöntemler haricinde partikül eldesi için kullanılan yöntemlere ek olarak fiziksel veya kimyasal şekilde iki ayrı sınıflandırma da mümkündür. Fiziksel yöntem mekanik enerjinin kullanıldığı yöntem, kimyasal yöntem ise kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği yöntemlere denir (Gürmen ve Ebin, 2008).

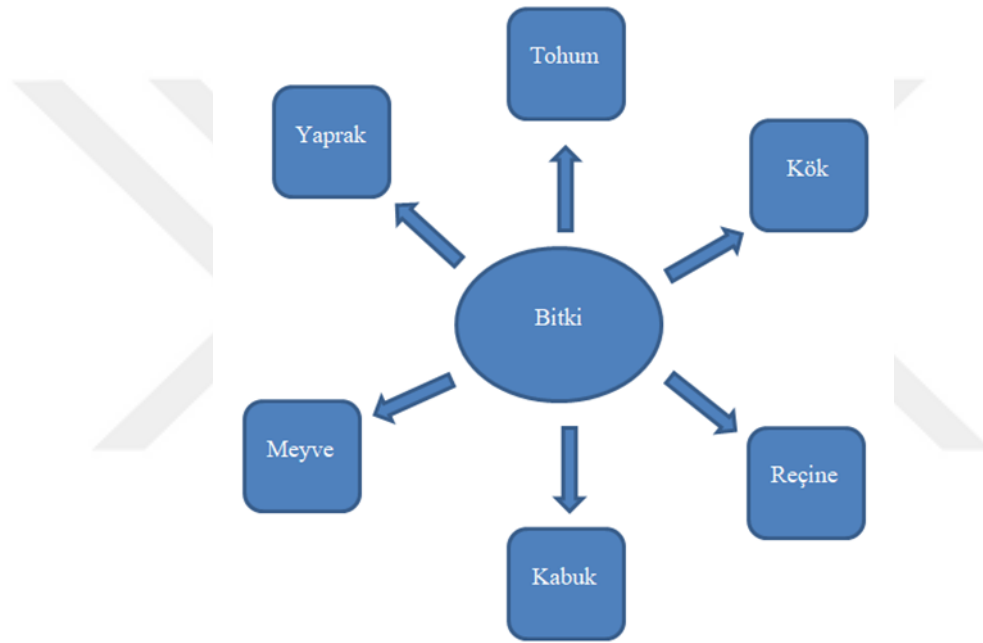
Nanomalzemeler, araştırmacıların dikkatini çeken yüzey, hacim, kuantum büyüklüğü, makroskopik kuantum tünel açma etkileri ve dielektrik hapsedme etkisi gibi ayırt edilebilir birçok özelliklere sahiptir. Nanopartikül hazırlanmasında fiziksel ve kimyasal yöntemlerden bahsedilebilir. Fiziksel yöntemler arasında, fiziksel toz haline getirme yöntemi, fiziksel birlikte işleme yöntemi ve püskürtme yöntemi bulunmaktadır. Kimyasal yöntemler ise kimyasal buhar biriktirme yöntemi, kimyasal çökeltme, sol-gel yöntemi, hidrotermal yöntem ve şablon yöntemler bunlardan bazılarıdır (Shah vd., 2015; Xie vd., 2016). Nanopartikül sentezleme şeması Şekil 2.3'de gösterilmektedir (Iravani, 2011).



**Şekil 2.3.** Nanopartikül sentez şeması

Nanoteknolojiye yeşil kimya tekniklerinin ve metodolojilerinin dahil edilmesi, son on yılda çok fazla dikkat çekerek büyük ilgi görmüştür (Hu vd., 2008). Zararlı maddelerin kullanımını azaltmak veya ortadan kaldırmak için kimya prensiplerinin kullanımı olan yeşil kimya, insan sağlığına ve çevreye zararlı kalıntıların miktarların azaltılmasında önemli rol oynar. Yeşil kimya, çevre dostu ve temiz analitik yöntemler gibi kirliliğin önlenmesi için kimya destekli süreçler olarak tanımlanmaktadır (Melchert vd., 2012).

Nanopartiküllerin yeşil sentezi, bitki özleri, mikroorganizmalar ve enzimler gibi doğal kaynakların nanoparçacık sentezinde iyi bir alternatif yol olduğu bulunmuştur. Yeşil sentez, zararlı kimyasalları kullanmadan düşük enerji tüketimi ve ılımlı çalışma koşulları (örneğin basınç ve sıcaklık) dahil olmak üzere birçok üstünlüğe sahiptir (Mie vd., 2014). Bu nedenle, nanoparçacık sentezi için maya, küf, alg ve bakteri gibi çeşitli biyolojik organizmaları ve bitki özleri kullanarak yeşil sentez teknikleri geliştirilmiştir (Kaviya vd., 2011). Şekil 2.4’de gösterildiği gibi bitkinin farklı parçalarından yola çıkılarak gümüş nanopartikül üretilmesi mümkündür (Mohammadlou vd., 2016).



**Şekil 2.4.** Gümüş nanopartikül sentezinde bitkinin farklı parçaları kullanımı

Nano gümüş üretiminin kimyasal ve fiziksel yöntemlerinin çoğundaki sorun, aşırı pahalı olmaları ve ayrıca çevresel ve biyolojik riskler oluşturabilecek, tehlikeli kimyasalların kullanılmasını içermeleridir. Sentezlenen gümüş nanoparçacıklarının etkili bir şekilde kullanımları için daha ucuz maliyetlerde mevcut olması gerekmektedir. Bu nedenle, bu nanoparçacıkları sentezlemek için çevresel ve ekonomik olarak da uygun bir yola ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir yöntem arayışı, gümüş nanopartiküllerinin biyolojik üretimine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Malzeme sentezi için çevre dostu ve ekonomik olarak uygulanabilir teknolojileri geliştirmek için artan ihtiyaç talepleri, biyolojik sentez yöntemlerinin aranmasına yol açmıştır (Kaliswaralal vd., 2008).

Gümüş nanopartikülleri sentezlenmesinde üç ana kaynak vardır. Bunlar; bakteri, mantar ve bitki özleridir. Gümüş nanopartiküllerin biyosentezi, çoğunlukla indirgenme/yükseltgenme tepkimelerini içeren aşağıdan yukarıya bir yaklaşımdır. Esas olarak, mikrobiyal enzimler veya zararlı olmayan özelliklere sahip bitki fitokimyasalları olup, ilgili bileşikler üzerinde etkili olup istenen nanopartiküller elde edilebilir. Biyolojik yöntemler kullanılarak nanoparçacıkların hazırlanmasında rol oynayan üç ana bileşen; sentez için çözücü ortamı, çevre dostu indirgeyici ajan ve zehirli olmayan bir dengeleyici ajandır (Prabhu ve Poulouse, 2012).

## **2.6. Üzüm**

Üzüm; iklim ve toprak bakımından çok seçici olmayışı, kolay yetiştirilebilmesi ve tüketilebilmesi gibi sebeplerden dolayı dünyadaki en yaygın kültür bitkilerinden birisidir. Üzüm; sofralık, şaraplık ve kurutmalık olarak sınıflandırılmasının yanı sıra çekirdekli ve çekirdeksiz olarak da sınıflandırılmaktadır. Ülkemiz açısından üretilen üzümün kurutmalık olarak değerlendirilmesi büyük bir öneme sahiptir. Dünyada kuru üzüm üretiminde ülkemiz ilk sırada yer almaktadır (Seçkin, 2019).

Dünyada üretilen taze üzümün belirli bir kısmı kurutularak kuru üzüm elde edilmektedir. Dünyada kuru üzüm üretimi önemli bir yere sahiptir. Tablo 2.4'de 2015 ve 2016 yıllarına ait ülkeler itibarıyla dünya kuru üzüm üretim verileri gösterilmiştir ([https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Kuru\\_Uzum.pdf](https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Kuru_Uzum.pdf)). Dünyada kuru üzüm üretiminde Türkiye ile ABD dönüşümlü olarak ilk iki sırayı paylaşmaktadır. Bu sıraları takiben İran, Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan, Şili, Özbekistan ve Güney Afrika diğer üretici ülkelerdir.

**Tablo 2.4.** Ülkeler İtibariyle Dünya Kuru Üzüm Üretimi (1000 Ton)

Sıra	Ülkeler	2015	2016
1	Türkiye	196	300
2	ABD	294	295
3	İran	160	175
4	Çin Halk Cumhuriyeti	165	165
5	Hindistan	135	135
6	Şili	55	70
7	Özbekistan	50	50
8	Güney Afrika	56	45
9	Afganistan	32	45
10	Arjantin	35	37
11	Yunanistan	27	27
12	Avustralya	12	12

Ülkemizin farklı coğrafi bölgelerinde çeşitli üzümler yetiştirilmektedir. Burdur'da en çok üretilen üzüm çeşitleri Burdur Dimrit'i ve Razaki'dir. Burdur'da üretilen üzümlerin %60'ını Burdur Dimrit'i oluşturmaktadır. Burdur Dimriti, kırmızı-mor renklere sahip olup, yuvarlak ve çekirdekli bir yapıdadır (Gargın ve İşçi, 2011; Gökgez, 2015).

## 2.7. Gümüş ve Özellikleri

Gümüş, gezegenimizi oluşturan temel elementlerden bir tanesidir. Nadir ve doğal olarak oluşan bir elementtir, altından biraz daha serttir. Çok yumuşak ve dövülebilir bir yapıya sahiptir. Saf gümüş, tüm metallerin en yüksek elektriksel ve termal iletkenliğine ve en düşük temas direncine sahip bir elementtir.

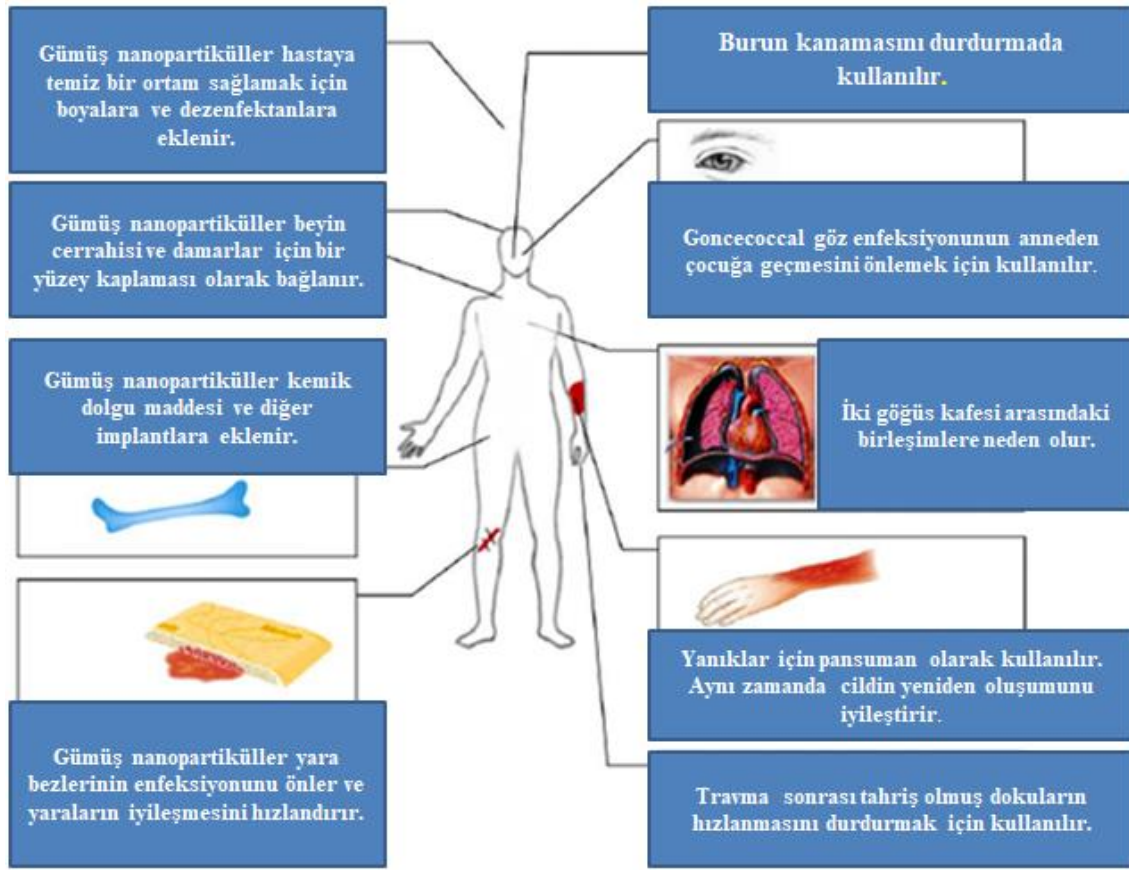
Ag suda çözünmez, fakat metalik tuzları, örneğin  $AgNO_3$  suda çözünür. Çözünmeyen Ag bileşikleri, örneğin bazı gümüş tuzları, hastalıkların tedavisinin bir parçası olarak kullanılır. Metalik gümüş cerrahi protez aletlerinde, mantar ilaçlarında ve parazitlerde kullanılır. Çözünebilir gümüş bileşikleri, zihinsel hastalıklar, epilepsi, nikotin takviyesi, mide ve bulaşıcı hastalıklar dahil birçok hastalık tedavisinde kullanılmaktadır. Ortamdaki gümüşün akut zararı serbest gümüş iyonlarının mevcudiyetine bağlı olmasına rağmen, araştırmalar bu  $Ag^+$  iyon derişimlerinin zarara yol açmayacak kadar düşük olduğunu göstermiştir (Ramya ve Subapriya, 2012).

Metalik gümüşün sağlık açısından asgari düzeyde risk oluşturduğu bilinir (Drake ve Hazelwood, 2005). Gümüş, zehirli ve endişe duyulacak boyutta olduğuna inanılmadığı ve kansere neden olduğu düşünülmediği için genellikle tehlikeli olmayan bir metaldir (Chen ve Schluesener, 2008).

## **2.8. Gümüş Nanopartikül ve Kullanım Alanları**

Çeşitli metal nanoparçacıkları arasında gümüş nanopartiküller, uygun elektriksel iletkenlik, kimyasal kararlılık, katalitik ve antimikrobiyel aktiviteler de dahil olmak üzere, eşsiz özelliklerinden dolayı çok fazla dikkat çekmektedir (Kumar vd., 2014). Yüksek yüzey/hacim oranından dolayı, nano-ölçekteki gümüş, aynı malzemeden yapılan parçacıklardan kimyasal, fiziksel, optik ve termal gibi tamamen farklı özellikler gösterir (Thirunavoukkarasu vd., 2013). Bu nedenle, bu benzersiz özellikler nanoparçacıkları birçok farklı uygulama alanları için uygun hale getirir (Bhatte vd., 2012).

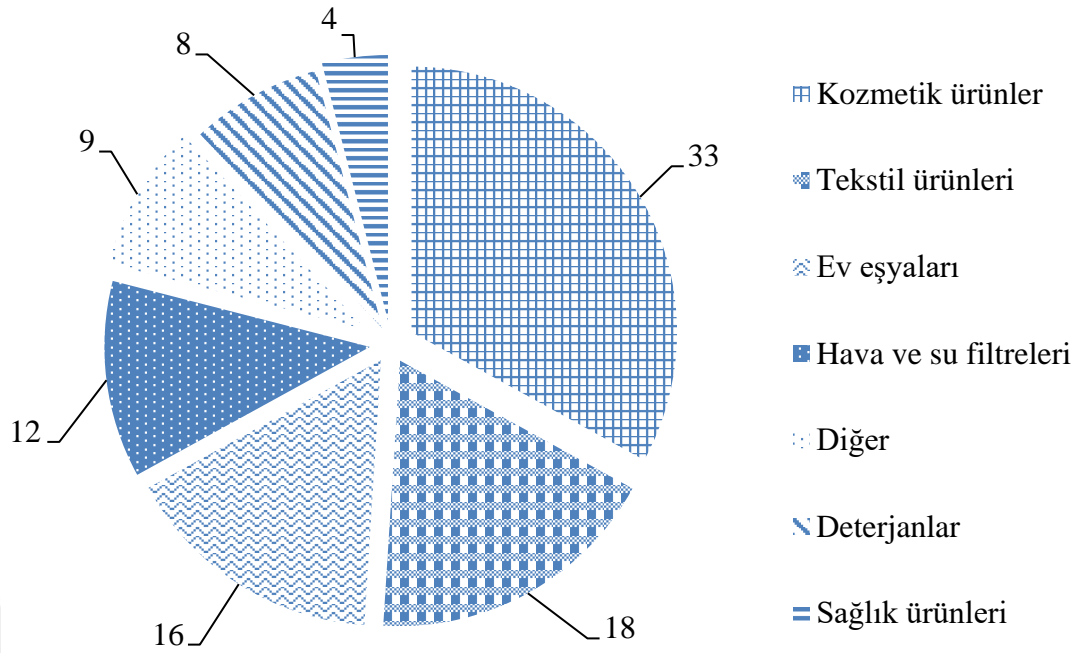
Genel olarak, mikroaltı ve mikropartiküller ile karşılaştırıldığında, nanopartiküller geniş bir özel yüzey alanına sahiptir ve yüksek katalitik aktivite ve geniş absorban spektrumu gibi fiziksel ve kimyasal karakteristik özellikler gösterir. Bu karakteristik özellikler endüstri ve yaşam bilimleri uygulamalarında kullanılır. Günümüzde gümüş nanopartiküller ticari olarak üretilmektedir ve güneş koruyucular, kozmetik ürünler ve yakıt katkı maddeleri gibi birçok endüstriyel ürünlerde kullanılmaktadır (Rai vd., 2012). Gümüş nanopartiküller, antimikrobiyal özellikleri sayesinde tüketici ürünlerinde en yaygın kullanılan nanopartiküllerden birisidir (Yin vd., 2012). Gümüş nanopartiküllerin tedavilerde kullanımını Şekil 2.5’de gösterilmiştir (Chaloupka vd., 2010).



**Şekil 2.5.** Gümüş nanopartiküllerinin tedavilerde kullanımı

Antimikrobiyel özellikleri nedeniyle gümüş, içme suyunu arıtmak ve yüzme havuzu suyunu temizlemek için filtreleme işlemlerinde kullanılmaktadır. Nano boyuttaki gümüşün özelliklerinden dolayı, nano gümüş günümüzde artan bir şekilde birçok tüketici ve tıbbi ürünlerde kullanılmaktadır. Gümüş, yumuşak beyaz ve parlak bir element olduğundan, gümüş nanopartiküllerin önemli bir kullanım alanı kaplamalardır. Ayrıca antimikrobiyal aktiviteye sahip olan nano-gümüş, ürünlerin gelişimi için en önemli özelliklerden birisidir. Örnek olarak, gıda ambalaj malzemeleri ve gıda takviyeleri, kokuya dayanıklı tekstiller, elektronik aletler, ev aletleri, kozmetik ve tıbbi takviyeler, su dezenfektanları ve oda spreyleri verilebilir (Ramya ve Subapriya, 2012). Gümüş nanopartiküllerin kullanım alanı % dağılımı Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Anjum vd., 2013).





Şekil 2.6. Gümüş nanopartiküllerinin kullanım alanları % dağılımı

## 2.9. Nanopartikül Karakterizasyonunda Kullanılan Cihazlar

“Karakterizasyon” terimi, malzemenin özelliklerinin ve yapısının araştırıldığı genel ve geniş süreçleri ifade eder. Bu temel süreç, materyalin bilimsel olarak anlaşılması için bir zorunluluktur. Karakterizasyon, malzeme özelliklerini ve mikroskobik yapıları araştırmak için gerekli teknikleri, yani mekanik test, termal analiz ve yoğunluk hesaplaması gibi malzeme analizleriyle ilgilenen işlemleri içerir. Karakterizasyon, malzemelerin bileşenini ve yapısını belirlemeye yardımcı olur ve ayrıca yöntemin başarılı olup olmadığını değerlendirmeye olanak sağlar. Bazı teknikler nitel, bazıları ise niceldir (Titus vd., 2019).

### 2.9.1. UV-Vis Spektrofotometresi

Optik özellikler genellikle herhangi bir nanokristal yüzey modifikasyonuna aşırı derecede duyarlıdır; kabuk yüzeylerinin çekirdek yüzeyinde kaplanması hakkında bazı dolaylı fikirler verebilirler. UV-Vis spektroskopisi, farklı nanoparçacık türlerinin analizinde kullanılan yaygın bir spektroskopik tekniktir (Ghosh Chaudhuri ve Paria, 2011).

Bu yöntem, sırasıyla mor ötesi ve görünür bölge dalga boyları için bir döteryum veya tungsten lambasından, örnek ve referans ışınlarından, dedektörden ve monokromatörden oluşur. Numunenin UV ışığına maruz bırakılması UV spektrumunu

verecektir. Numuneleri ölçmek için küvetler kullanılır ve numuneleri ışık yoluna sokmak için cihazın içinde tutulur. Küvet olarak cam, plastik, silika veya kuvars hücreler kullanılabilir. Plastik ve cam küvetler 310 nm'nin altındaki dalga boylarını absorplarlar, bu yüzden 310 nm dalga boyunun altındaki absorban çalışmalarını için kullanılamazlar. Kuvars küvetler, ultraviyole aralığında absorpsiyon ölçümleri için kullanılır, çünkü 180 nm'nin üzerindeki dalga boylarına geçirgendirler (Titus vd., 2019). Şekil 2.7'de bu çalışmada kullanılan UV-Vis cihazı gösterilmektedir.



Şekil 2.7. UV-Vis cihazı

### 2.9.2. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)

Bazı yapısal özellikler X-ışını ve nötron kırınımı ile ortaya çıkarılabilir de, nanopartiküllerin doğrudan görüntülenmesi ancak geçirimli elektron mikroskobu (TEM) kullanılarak yapılabilir. Nanokristaldeki atom dağılımı ve yüzeyinde gerçek bir uzay görüntüsü sağlayabildiği için TEM benzersizdir. TEM, yalnızca atomik çözünürlükte görüntüleri değil, aynı zamanda tek bir nanokristalin kimyasının doğrudan tanımlanmasına izin veren çok yönlü bir araçtır. Odaklanmış bir elektronun derinlemesine araştırılması ile tek bir nanopartikülün yapısal özellikleri tamamen karakterize edilebilir. Numuneye bir elektron ışını iletildiğinde, numuneye etkileşime girer ve iletilen elektronlar, nesnel bir mercekle kullanılarak büyütülür ve odaklanılarak görüntüyü oluşturmak için kullanılır (Wang, 2001).

### 2.9.3. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR)

FTIR, minimum numune hazırlama gerektiren hızlı ve tahribatsız güçlü bir analitik yöntemdir. FTIR ayrıca, spektral bantların yoğunluğu derişimlerle orantılı olduğu için kantitatif analizler için mükemmel bir araçtır (Lerma-Garcia vd., 2010).

FTIR analizi, numuneleri taramak için kızılötesi ışık kullanan organik, inorganik ve polimerik malzemelerin tanımlanmasında kullanılır. Absorpsiyon bantlarının karakteristik desenindeki değişiklikler açıkça, materyal bileşimindeki bir değişikliği gösterir. FTIR, bilinmeyen materyalleri tanımlamak ve karakterize etmek, bir materyal içindeki kirleticileri tespit etmek, katkı maddeleri bulmak ve ayrışma ve oksidasyonunu tanımlamak için kullanılır. Tipik bir FTIR spektrometresi bir kaynak, numune hücresi, dedektör, amplifikatör, dönüştürücü ve bir bilgisayar içerir. Kaynaklardan gelen radyasyon, interferometreden geçtikten sonra dedektöre ulaşır. Sinyal, dönüştürücüsü ve yükselteci tarafından büyütülür ve dijital bir sinyale dönüştürülür, daha sonra sinyal, Fourier dönüşümünün gerçekleştirildiği bilgisayara aktarılır. Her molekülün FTIR'yi kimyasal tanımlama için paha biçilmez bir araç haline getiren benzersiz bir parmak izine sahiptir (Taha vd., 2013).

### 2.9.4. X-Işınımı Kırınımı (XRD)

Katıların kristal yapısı, atom gruplarının ya da moleküllerin katıya özgü bir şekilde geometrik bir düzende bir araya gelmesi ile meydana gelir. Bir maddenin atomik yapısını görüntülemek, çeşitli elektron mikroskopları kullanılarak gerçekleştirilebilir. Fakat bilinmeyen yapıları belirlemek için kırınım tekniklerini kullanmak gerekmektedir. XRD katıların kristal yapılarını belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Arslan, 2010).

XRD analizi ile numunenin yapısı belirlenir. Kimlik belirleme amacının ötesinde, ek bilgi vermek için de kullanılabilir. XRD desenleri, eğer numune, karışım formunda ise element oranlarını belirlemek için kullanılabilir. X ışını ile atom düzlemi arasındaki etkileşim, ışının kısmen iletilmesine neden olur ve geri kalanı numune tarafından emilir, kırılır ve dağılır. X ışınları, atomların türüne bağlı olarak, her element tarafından farklı bir şekilde kırılır (Titus vd., 2019).

X ışınları, dalga boyu yaklaşık 10 ila  $10^{-3}$  nm arasında değişen dalga boyuna sahiptir. XRD analizinde incelenecek maddenin çok az miktardaki bir kısmı analiz için yeterlidir. Analizi sırasında kullanılan malzemede herhangi bir bozunma olayı olmaz (Waseda vd., 2011).

## 2.10. Gümüş Nanopartiküllerin Antibakteriyel Etkisi

Gümüş'ün çok çeşitli mikroorganizmalara karşı güçlü bir etki sergilediği uzun zamandır bilinmektedir; bu nedenle, gümüş bazlı bileşikler birçok bakteri yok edici uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak uzun süre antibakteriyel koruma için plastıklere karıştırılmış, gümüş tiyosülfat bileşimi içeren silika jel mikro kürelerden oluşan yeni bileşikler bulunmaktadır. Ayrıca tıp alanında, yanıkları ve çeşitli enfeksiyonları tedavi etmek için gümüş bileşikleri kullanılmaktadır (Morones vd., 2005).

Gümüş iyonlarının mikroorganizmalar üzerindeki bakterileri yok edici etkisi çok iyi bilinmektedir. Gümüş nanopartiküller, bakteri hücre duvarına tutunma ve daha sonra içine nüfuz etme kabiliyetine sahiptir, böylece hücre zarında geçirgenliği bozma ve hücre ölümü gibi hücre zarında yapısal değişikliklere neden olmaktadır (Prabhu ve Poulouse, 2012). Hücre yüzeyinde “çukur” oluşumu ve hücre yüzeyinde nanopartiküllerin birikmesi olayı gerçekleşmektedir. Ayrıca nanoparçacıklar tarafından gümüş iyonlarının serbest bırakılması sonucunda bu iyonlar birçok hayati enzim ile etkileşime girebilir ve onları etkisiz hale getirebilir (Feng vd., 2000).

Bakteriler genel olarak Gram negatif veya Gram pozitif olarak sınıflandırılmasını sağlayan farklı hücre duvar yapılarına sahiptir. Yapısal farklılıklar, zarın temel bir bileşeni olan peptidoglikanın oluşumundan kaynaklanmaktadır. Gram negatif bakteriler, sitoplazmik zar ve dış zar arasında sadece ince bir peptidoglikan tabakası (yaklaşık 2-3 nm) sergiler; aksine, Gram pozitif bakteriler dış zardan yoksundur ancak yaklaşık 30 nm kalınlığında bir peptidoglikan katmanına sahiptir (Morones vd., 2005).

## 2.11. Literatür Çalışmaları

Bonnia vd., çok yıllık rizomatous çimeninin; *Imperata cylindrica*'nın çeşitli fitokimyasallar açısından zengin olduğunu bildirilmişlerdir. Bu çalışmada, gümüş nanopartikülleri, *I. cylindrica*'nın ayrı ayrı taze ve sıcak havalarda yapraklarının su ortamında hazırlanmış özütleri kullanılarak sentezlenmiştir. Biyosentezlenmiş gümüş nanoparçacıklar, UV-Vis, alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (FESEM) ve FTIR ile karakterize edilmiştir. Yüzey plazmon rezonan bandı 400-500 nm aralığında kaydedilmiştir. FESEM analizi, gümüş nanopartiküllerinin ağırlıklı olarak küresel şekillerde olduğunu ortaya koymuştur. Partikül büyüklüğü 22-37 nm arasındadır. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin elementel bileşimi, enerji yayımlı X-ışını spektroskopisi analizi kullanılarak belirlenmiştir. FTIR, indirgenme ve kararlılığın *I.*

*cylindrica* yaprak özütü ile ilişkili biyomoleküllerden kaynaklandığını göstermiştir (Bonnia vd., 2017).

Ajitha vd., çiçek benzeri yapıya sahip gümüş nanoparçacıkları *Phyllanthus amarus* yaprağı özütü kullanılarak kolay, hızlı ve çevre dostu bir yolla sentezlemişlerdir. Sentezlenen gümüş nanopartiküller, UV-Vis, FTIR, XRD ve TEM kullanılarak karakterize edilmiştir. Ek olarak, biyo sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antimikrobiyal ve katalitik aktiviteleri araştırılmıştır. Sonuçlar, Ag derişiminin ve yaprak özüt hacminin, çiçek şeklindeki gümüş nanopartiküllerin oluşumunda kilit rol oynadığını göstermiştir. Morfoloji çalışması, elde edilen biyo-gümüş nanopartiküllerin şeklinin çiçek benzeri bir yapıda olduğunu doğrulamıştır. Bu çalışma aynı zamanda nanoparçacıklar çevrelenen ve etkileşime giren tabakalarının varlığını da göstermiştir. Dahası, çalışmalar bu etkileşimi yaprak özütündeki biyoorganik maddelerden kaynaklandığını göstermiştir. UV-Vis plazmon bandları, uygun bir boyuta sahip gümüş nanopartiküllerin oluşumunu doğrulamıştır. Gümüş nanopartiküllerin zeta potansiyeli nanopartiküllerin kararlılığını göstermiştir. FTIR spektrumları, gümüş nanopartiküllerin oluşumundan ve indirgenmesinden sorumlu biyomoleküllerin varlığına dair kanıt sağlamıştır. Son olarak, biyo-sentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin, seçilen patojenlere karşı mükemmel bir mikrobik aktiviteye sahip olduğunu ve rodamin B'nin indirgenmesinde katalizör olarak davrandığını göstermiştir (Ajitha vd., 2018).

Arshadi vd., yaptıkları çalışmada, ilk kez oda sıcaklığında indirgeyici ajan olarak fruktoz çözeltisi ile gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri gümüş nanoparçacıkları UV-Vis, FTIR, XRD ve TEM analizleri ile karakterize etmişlerdir. UV-Vis plazmon bandları yeşil sentez yöntemiyle elde edilen gümüş nanopartiküllerin sentezlendiğini doğrulamıştır. Gümüş nanopartikül oluşumunda farklı fonksiyonel grupların rolü FTIR ile gösterilmiştir. Ayrıca, XRD sonuçları, gümüş nanopartiküllerin oluşumunu doğrulamış ve TEM sonuçları, gümüş nanopartiküllerin ortalama partikül boyutunun,  $13,2 \pm 8,6$  nm olduğunu göstermiştir (Arshadi vd., 2018).

Asghar vd., yaptıkları bir çalışmada, yeşil çay ve siyah çay yaprağı özütleri kullanarak demir, bakır ve gümüş nanoparçacıklarının çevre dostu sentezini amaçlamışlardır. Sentezlenen nanopartikülleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM), FTIR, enerji dağıtıcı X ışını (EDX) ve UV-Vis spektroskopi teknikleri kullanılarak tanımlamışlardır. Nanopartiküllerin antibakteriyel aktivitesi, metisilin ve vankomisin direnci *Staphylococcus aureus* karşı değerlendirilmiştir. Antifungal aktivite, *Aspergillus flavus* ve *A. parasiticus* fungal türlerine karşı araştırılmıştır. Aflatoksin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) ile

adsorban yeteneği de çözelti içinde değerlendirilmiştir. Ag-nanopartiküller, üstün antibakteriyel/antifungal aktiviteler göstermiş ve aflatoksin üretimini Fe-nanopartiküllere ve Cu-nanopartiküllere kıyasla azaltmıştır. AFB<sub>1</sub> kirliliğine karşı tüm nanopartiküllerin adsorpsiyon kabiliyeti sırasıyla Fe-nanopartiküller>Cu-nanopartiküller>Ag-nanopartiküller olarak bulunmuştur. Denge verileri, Langmuir izotermine uyumlu olduğunu ve adsorpsiyon kapasitelerinin Fe-nanopartiküller için 131–139 ng/mg, Cu-nanopartiküller için 114–118 ng/mg ve Ag-nanopartiküller için 110–115 ng/mg'dır. Termodinamik değişkenler ve kinetik çalışmalar adsorpsiyon sürecinin kendiliğinden, endotermik olduğunu ve yalancı ikinci dereceden olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, sentezlenen nanopartiküllerin, ilaca dirençli patojenlerin neden olduğu hastalıklara karşı alternatif bir antibakteriyel/antifungal ajan olarak etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ek olarak, bu metal nanopartiküllerin, pirinç, buğday, mısır, kırmızıbiber gibi insan besini ve hayvan yeminde ve kanatlı yemlerinde muhtemel aflatoksin adsorbantı olarak kullanılabilir olduğunu belirtirmişlerdir (Asghar vd., 2018).

Minhas vd., yaptıkları bir çalışmada, *Ulva compressa* (L.) Kütz. ve *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. özütü ile yeşil sentez tekniğinde biyojenik gümüş nanopartiküller elde etmişlerdir. Bu nanopartiküller ile polisülfon kompozit membranı, spin kaplama tekniğinde hazırlamışlar ve ilk kez doğrudan temas testi kullanılarak antimikrobiyal aktivite açısından test etmişlerdir. Başlangıçta gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezi, *U. compressa* (L.) Kütz. ve *C. glomerata* (L.) Kütz. yeşil makro algleri kullanılarak AgNO<sub>3</sub>'ün indirgenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Her iki alg ile elde edilen gümüş nanopartiküller/ polisülfon kompozit membranları, tüm bakterilere, yani *K. pneumonia*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *E. faecium* ve *S. aureus*'a karşı üstün antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Bakteriyel büyüme, sıcaklık kontrollü bir mikropilaka spektrofotometresi ile 17 saat boyunca izlenmiştir. Her oyuktaki bakteri büyüme kinetiği 630 nm'de 60 dakikada bir sürekli olarak kaydedilmiştir. Bu alışma, gümüş nanopartiküllerin üretilmesi ve polisülfon kompozit membran üzerinde antimikrobiyal ajan olarak kullanımı için uygun, ucuz ve verimli bir alternatif sunmaktadır (Minhas vd., 2018).

Moodley vd., birincil enerji kaynağı olarak güneş ışığı ışımasını kullanarak *Moringa oleifera* yaprak özütlerinden gümüş nanoparçacıkların sentezi ve bu nanoparçacıkların antimikrobiyal potansiyelini rapor etmişlerdir. Gümüş nanoparçacık oluşumu, hem taze hem de dondurularak kurutulmuş yaprak numuneleri için sırasıyla 440 nm ve 450 nm çıkan yüzey plazmon rezonansı ile doğrulanmıştır. Gümüş nanopartiküllerin kristallenmesi, TEM, SEM ile EDX ve FTIR analizi ile doğrulanmıştır. FTIR

spektroskopik analiz sonuçları, flavonların, terpenoidlerin ve polisakaritlerin baskın olduğunu ve gümüş nanopartiküllerin öncelikle indirgenmesinden ve ardından oluşumundan sorumlu olduğunu göstermiştir. XRD, her iki numunede de gümüş nanopartiküllerin boyut aralığının sırasıyla 9 ve 11 nm'lik ortalama çaplarda olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen gümüş nanopartiküller, hem bakteri hem de mantar soylarında antimikrobiyal aktivite göstermiştir. *M. oleifera* yaprağı özütünden biyosentezlenmiş nanoparçacıklar, geniş spektrumlu antimikrobiyal ajanlar olarak uygulama potansiyeli göstermiştir (Moodley vd., 2018).

Mousavi vd., yaptıkları bir çalışmada, ilk olarak *Artemisia turcomanica* yaprak özütü kullanarak gümüş nanopartiküllerini yeşil sentez yöntemiyle elde etmişler, daha sonra gastrik kanser hücre hattında (AGS) biyolojik olarak sentezledikleri bu gümüş nanopartiküller ile apoptosiz azalmasını araştırmışlar ve son olarak sentezledikleri gümüş nanopartiküllerin anti-kanser potansiyellerini ticari gümüş nanopartiküller ile karşılaştırmışlardır. Fitosentezlenmiş gümüş nanopartiküllerin özellikleri ve morfolojisi, TEM, SEM, UV-Vis, XRD ve FTIR kullanılarak değerlendirilmiştir. Sentezlenen nanoparçacıklar ortalama 22 nm büyüklüğündedir. Biyolojik ve ticari nanoparçacıkların sitotoksitesini, mide kanseri hücrelerinde ve normal fibroblast hücrelerinde (L-929) MTT tahlili ile araştırmışlardır. Fitosentezlenmiş ve ticari gümüş nanoparçacıklarının derişimlerinin arttırılmasıyla hücre canlılığında bir azalma gözlenmiştir. Tedavi edilmemiş hücreler ile kıyaslandığında, biyolojik gümüş nanopartiküllerle tedavi edilen hücrelerde apoptosiz artışı gözlenmiştir ( $p<001$ ). Bu bulgulara dayanarak, biyolojik olarak sentezlenen gümüş nanoparçacıkların apoptosizi azalttığı ve mide kanseri hücre hatlarına karşı, doza ve zamana bağlı bir şekilde sitotoksik ve anti-kanser etkisi gösterdiği sonucuna varılmıştır. Biyolojik olarak sentezlenmiş nanopartiküller, ticari gümüş nanopartiküllerden daha yüksek anti kanser özelliklerine sahip olabileceklerini belirtmişlerdir (Mousavi vd., 2018).

Rivera-Rangel vd., gümüş nanopartiküllerin yeşil sentezini, düşük zehirlilikte bir mikroemülsiyon ve nanoemülsiyon sistemi kullanılarak yağlı faz olarak Hint yağı, sırasıyla yüzey akif madde ve yardımcı yüzey aktif madde olarak Brij 96 V ve 1,2 heksandiol ile geliştirmişlerdir. Sulu Sardunya (*P. hortorum*) yaprak özütünü indirgeyici madde olarak kullanmışlardır. Metal ve sardunya yaprağı özüt derişimi ve içeriği, 25 -150 nm arasında farklı boyutlarda gümüş nanopartiküllerinin elde edilmesini mümkün kılmıştır. FTIR ve Z potansiyeli ile karakterizasyon sonuçları, bitki özütünün biyomoleküllerinin nanoparçacık

yüzeyine negatif yükler veren bir indirgeme maddesi olarak işlev gördüğünü göstermiştir (Rivera-Rangel vd., 2018).

Yao vd., üzüm çekirdeği özütü kullanarak gümüş nanopartiküllerini yeşil sentez yöntemi ile elde etmişler ve tehlikeli bir boyanın (Direct Orange 26) katalitik parçalanması için kullanmışlardır. Sentez tepime sıcaklığı, gümüş nanopartiküllerin özellikleri üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bu etki, NaBH<sub>4</sub> kullanıldığında “Direct Orange 26” nın indirgenerek bozunmasına katkıda bulunmuştur. Daha yüksek sıcaklık, gümüş parçacıklarının büyümesini sağlamış ve böylece yüzey katalizinin etkinliğini azaltmıştır. Bu, gümüş nanopartiküllerin tepkime oranındaki azalmasıyla kanıtlanmıştır. Ayrıca Yao vd., 40°C'nin altında gümüş nanopartiküllerin biyosentezinin, “Direct Orange 26” nın bozulması üzerinde negatif bir etkiye sahip olmadığını tespit etmişlerdir (Yao vd., 2018).

Qidwai vd., *Phoenix sylvestris L.* tohumundan elde ettikleri sulu özütü kullanılarak gümüş nanopartiküllerin sentezi için yeşil bir yöntem önermişlerdir. Yeşil sentez ile elde edilen nanoparçacıkları, dinamik ışık saçılımı, SEM, TEM, XRD ve FTIR ile karakterize etmişlerdir. Ayrıca, çalışma, özütün antioksidan ve antibakteriyel aktivitesinin yanı sıra fitokimyasal analizlerle karşılaştırılmasını ve *Phoenix sylvestris* tohumunun akneye neden olan patojenlere karşı nanopartiküller ürettiğini bir DPPH tutucu tahlil kullanarak ve Kirby-Bauer Disk difüzyon yönteminin yanı sıra broth mikroseyreltme yöntemini kullanarak göstermiştir. Bunun yanında, derişime bağlı zaman öldürmeli kinetik çalışmalar da antimikrobiyal aktivitelerini belirlemek için yapılmıştır. Tohum özütlerinin daha iyi bir antioksidan olduğu bulunmuş ve sulu özütler ile kıyaslandığında gümüş nanopartiküllerin, her iki test patojene karşı yüksek biyosidal ajan olarak davrandığını tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar *P. sylvestris*'in tohum özütünün, kozmetik problemler için umut vaat eden tedavilerle mükemmel bir antimikrobiyal madde görevi gören gümüş nanoparçacıkların sentezlenmesi için uygun olduğunu belirtmişlerdir (Qidwai vd., 2018).



### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Kullanılan Materyal**

Bu çalışmada nanopartikül sentezinde kullanılan AgNO<sub>3</sub> Fluka firmasından temin edilmiştir. Kuru Dimrit üzümü Burdur Merkezde yerel bir pazardan temin edilmiştir.

#### **3.2. Kullanılan Cihazlar**

##### **UV-Vis Spektrofotometresi**

Elde edilen gümüş nanopartiküllerinin karakterizasyonu amacıyla yapılan absorpsiyon ölçümleri, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde bulunan PG Instruments Limited markalı T60 model cihaz ile yapılmıştır.

##### **Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR)**

Gümüş nanopartikül sentezinde, rol oynayan gruplar ve/veya bağların tespiti için FTIR analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümünde bulunan Perkin Elmer marka Two model FTIR-ATR (fourier dönüşümlü kızılötesi-azaltılmış toplam yansımaya) cihazından yararlanılmıştır.

##### **Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)**

Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin yapısal karakterizasyonu ve nanopartikül boyutunu belirlemek amacıyla Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji Bölümünde bulunan Zeiss marka, Leo 906E model elektron mikroskobu cihazından yararlanılmıştır.

##### **X-Işınları Kırınımı (XRD)**

Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin kristal yapıda mı yoksa amorf katılar mı olduklarını anlamak için Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkez Laboratuvarında bulunan Bruker Axs D8 Advance model X-ışını Kırınımı cihazından yararlanılmıştır.

##### **Antibakteriyel Test için Kullanılan Cihazlar**

Hücre konsantrasyonlarının (bakteri, küf, maya) fermantasyon işlemi sırasında antibiyotiklere karşı gösterdikleri duyarlılık ve genel anlamda hücre konsantrasyonlarını belirleme işlemleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Edebiyat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerde Biyosan markalı Den-1 model 0,5 McFarland cihazı kullanılmıştır. Otoklav işlemi için ALP markalı cihaz kullanılmıştır. İnkibatör işlemi için Nüve markalı cihaz kullanılmıştır.

### **Ultra Saf Su Cihazı**

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde bulunan PURIS markalı Expe-Up model ultra saf su cihazından üretilen su kullanılmıştır.

### **Evaporatör Cihazı**

FTIR analizi için özüt ve gümüş nanopartikül çözeltilerindeki suyun uzaklaştırılması için Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde bulunan WCR-P6 marka evaporatör cihazı kullanılmıştır.

### **Isıtıcı Manyetik Karıştırıcı**

Kuru Dimrit üzümünün saf su ile birlikte kaynatılması ile elde edilen özütün hazırlanması için TOPO markalı MS300HS model ısıtıcı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır.

### **Santrifüj Cihazı**

Santrifüj işlemleri Hettich Zentrifugen markalı Universal 320 model cihaz ile yapılmıştır.

### **Çalkalamalı Su Banyosu**

Sıcaklığın gümüş nanopartikül sentezine olan etkisini belirlemek için gümüş nanopartiküllerin sentezlenmesi aşamasında Memmert marka WNB 14 model çalkalamalı su banyosu kullanılmıştır.

### **Hassas Terazî**

Tartım işlemleri Kern marka ACS 220-4 model hassas terazide gerçekleştirilmiştir.

### **Etüv**

Kurutma işlemlerinde Memmert marka UN 110 model etüv kullanılmıştır.

### 3.3. Yöntem

#### 3.3.1. Dimrit Üzümü Temini

Bu çalışmada kullanılan Burdur yöresine ait olan kurutulmuş Dimrit Üzümü (Şekil 3.1) Burdur il merkezinde bulunan yerel bir pazardan temin edilmiştir. Bu üzümün üzerinde oluşabilecek olan muhtemel kirliliklerin giderilmesi amacıyla tedarik edilen kuru Dimrit üzümü ilk önce ultra saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra kurutma kağıtlarının üzerine serilerek yaklaşık bir hafta boyunca laboratuvarında güneş gören pencere önünde kurumaya bırakılmıştır. Ardından kapalı bir kap içerisine tüm üzüm konulup etrafı alüminyum folyo ile sarılarak oda koşullarında muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Burdur yöresinde yetişen kuru Dimrit üzümü

#### 3.3.2. Özütün Hazırlanması

Bu çalışmada özüt elde edebilmek için 2 boyunlu 500 mL'lik balon kullanılmıştır. Balonun bir boynuna geri soğutucu diğer boynuna termometre sabitlenmiştir (Şekil 3.2). Balon içine belirli miktar ultra saf su konularak ısıtıcı tabla çalıştırılmıştır. Balonun içindeki su kaynayanaya kadar beklenmiş daha sonra üzerine belli miktarda kuru Dimrit üzümü ilave edilmiş ve 5 dakika kaynamaya bırakılmıştır. Isıtıcı tabla daha sonra kapatılmış ve oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuma sonrası elde edilen özüt önce adi süzgeç kağıdından, daha sonra da süzünü kırmızı bant süzgeç kağıdından (5895Redribbonashless, S&S FilterPaperCircles) geçirilmiştir. Elde edilen özütün etrafı alüminyum folyo ile sarılarak kapalı poli etilen kaplarda buzdolabında muhafaza edilmiştir.



**Şekil 3.2.** Dimrit üzümü özüt eldesi

### **3.3.3. Gümüş Nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) Hazırlanması**

10 mL 0,100 M  $\text{AgNO}_3$  stok çözeltisi hazırlamak için 0,169 gram  $\text{AgNO}_3$  tartılmış ve ultra saf su ile 10 mL'ye seyreltilmiştir. Diğer tüm gümüş nitrat çözeltileri bu çözeltilerden uygun oranlarda seyreltilerek hazırlanmıştır.

### **3.3.4. Optimizasyon Çalışmaları**

Bitkilerin özellikleri, özüt derişimi, metal tuzu derişimi, tepkime süresi ve sıcaklık gibi değişkenler nanopartiküllerin kalitesini, boyutunu ve morfolojisini etkiler (Shah vd., 2015). Bu sebeple en uygun şekilde nanopartikül sentezlemek için bazı optimizasyonların yapılması gerekmektedir. Bunlar özüt derişimi, zaman, sıcaklık, karıştırma hızı gibi değişkenlerdir.

#### **3.3.4.1. Karıştırma Hızı Optimizasyonu**

Bu çalışmada ilk olarak nanopartikül oluşumunda karıştırma hızının etkisi incelenmiştir. Karıştırma hızının gümüş nanopartikül sentezine etkili olup olmadığını

belirlemek için sıcaklık, derişim, özüt miktarı, zaman gibi değişkenler sabit tutularak iki çözelti hazırlandı. Bu çözeltilerden birisi karıştırıcıyla tabla üzerinde (750 rpm) karıştırıldı, diğeri ise karıştırılmadan sentez işlemleri uygulandı.

#### **3.3.4.2. Özüt Derişimi Optimizasyonu**

Bu çalışmada özüt derişiminin nanopartikül oluşumu üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla özüt derişimi % 1; % 1,5; % 2 ve % 2,5 ağırlık/hacim oranlarında değiştirilmiş, sıcaklık, metal derişimi, zaman ise sabit tutulmuştur. Öncelikle % 1; % 1,5; % 2 ve % 2,5 ağırlık/hacim oranlarında özütler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu özütlerin her birisinden 100 mL alınıp bir balon içerisine konulmuş ve üzerlerine 10 mL  $1,000 \times 10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  ilave edilerek deney başlatılmıştır. İlave sonrası balonun ağız kapatılmış ve etrafı alüminyum folyo ile sarılmıştır. Deney oda sıcaklığı koşullarında gerçekleştirilmiştir. Karışma işlemi sonrası, belli aralıklarla karışımdan yaklaşık 3 mL alınmış ve bu karışımdaki nanopartikül oluşumu için UV-Vis ölçümleri gerçekleştirilmiştir. UV-Vis ölçümlerinde kör çözelti olarak özüt kullanılmıştır ve tarama 1 nm aralıklarla 350-800 nm arasında gerçekleştirilmiştir. Bu işlem 96 saat boyunca farklı zamanlarda tekrarlanmıştır.

#### **3.3.4.3. Metal Derişimi Optimizasyonu**

Bu çalışmada nanopartiküllerin gümüş derişimine bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Özüt derişimi, sıcaklık, zaman sabit tutulmuş, metal derişimi ise değiştirilmiştir. Bu amaçla 5 farklı balon içerisine % 1 özüt derişimli çözeltilerden 100'er mL üzüm özütü konmuştur. Daha sonra her birisinin üzerine farklı derişimlerde ( $10^{-5}$ - $10^{-4}$ - $10^{-3}$ - $10^{-2}$ - $10^{-1}$  M) 10 mL  $\text{AgNO}_3$  ilave edilmiştir. İlave sonrası balonların ağız kapatılmış ve etrafı alüminyum folyo ile sarılarak deney başlatılmıştır. Deney oda sıcaklığı koşullarında gerçekleştirilmiştir. Hemen karışma sonrası ve belli aralıklarla karışımdan yaklaşık 3 mL alınmış ve bu karışımdaki nanopartikül oluşumu için UV-Vis ölçümleri gerçekleştirilmiştir. UV-Vis ölçümlerinde kör çözelti olarak özüt kullanılmıştır ve tarama 1 nm aralıklarla 350-800 nm arasında gerçekleştirilmiştir. Bu işlem 96 saat boyunca farklı zamanlarda gerçekleştirilmiştir.

#### **3.3.4.4. Sentez Süresi Optimizasyonu**

Bu çalışmada nanopartiküllerin oluşumunun zamanla değişimi incelenmiştir. Sentez süresi optimizasyonunda metal derişim ( $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$ ), özüt derişimi (% 1 m/V) ve

sıcaklık (oda sıcaklığı) sabit tutulup, tek değişken zaman olarak seçilmiş ve nanopartikül oluşumu UV-Vis ile izlenmiştir.

### 3.3.4.5. Sıcaklık Optimizasyonu

Bu çalışmada nanopartiküllerin oluşumunda ortam sıcaklığının etkisi de incelenmiştir. Daha önce özüt derişimi, metal derişimi ve sentez süresi optimizasyonlarını yaparken deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Ancak en uygun nanopartikül üretiminin hangi sıcaklıkta olduğunu belirlemek için sıcaklık optimizasyonu da yapmak gerekmektedir. Bu nedenle, özüt derişimi (% 1), metal derişimi ( $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$ ) ve zaman (173 saat) değişkenleri sabit tutulup, sentez ortam sıcaklığı 4, 25, 40 ve 55 °C'da değiştirilerek gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.5. Nanopartikül Karakterizasyonu

Üzüm özütü ile sentezlenen gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu için UV-Vis, FTIR, TEM, ve XRD cihazları kullanılmıştır.

Gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu için daha büyük miktarlarda gümüş nanopartiküle ihtiyaç olduğundan dolayı çok daha fazla miktarda özüt ve gümüş kullanılmıştır. Gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu için önceden belirlenen şartlarda 500 mL % 1 ağırlık/hacim oranında özüt derişimi ve 50 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi kullanılarak sentez çalışmaları 25 °C'da 173 saat süre ile gerçekleştirilmiştir.

UV-Vis ölçümleri esnasında kör çözelti olarak üzüm özütü kullanılmış ve 350-800 nm dalga boyu aralığında absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sentez ürününde gümüş nanopartikülün boyutlarını incelemek için TEM analizleri gerçekleştirilmiştir. TEM incelemelerinin yapılması için 200 mesh karbon kaplı bakır gridler kullanılmıştır. Nanopartikül çözeltilerinden grid üzerine bir damla bırakılıp, birkaç saniye sonra yüzeydeki çözeltinin fazlası bir süzgeç kağıdına dikkatli bir şekilde emdirilerek kaplanan gridler oda sıcaklığında 1 gece kurutulmuş ve TEM görüntüleri alınmıştır.

XRD için yukarıdaki benzer sentez işlemi yapılmıştır. Sentez işlemi sonunda elde edilen ürün santrifüj tüpüne konulmuş ve 4500 rpm hızla 15 dakika süre ile santrifüjleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonrasında çözeltide oluşan üst faz çökeltiye zarar gelmeyecek şekilde mikropipet kullanılarak dikkatli bir şekilde alınmış ve sonrasında çökelti etüvde 35 °C'da 24 saat bekletilerek kurutulmuştur. Daha sonra elde edilen katıda XRD analizi gerçekleştirilmiştir.

FTIR analizi için özüt ve gümüş nanopartikül çözeltilerindeki suyun uzaklaştırılması için evaporatör kullanılmış ve bu işlem 25 °C'da tüm su uzaklaştırılana kadar devam edilmiştir. İşlem sonucunda edilen özüt ve gümüş nanopartiküllerinde FTIR analizi gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.6. Antibakteriyel Testi

Nutrient Agar tedarikçinin belirttiği etikete göre hazırlanmıştır. Bu amaçla 28 gram besiyeri alınıp 1 litreye su ile tamamlanmıştır. Manyetik karıştırıcı üzerinde Agar tamamen eriyinceye kadar ısıtılmıştır. Daha sonra 120 °C'de 15 dakika otoklavlanmıştır. Otoklavlanan besi yerleri oda sıcaklığında 55-60 °C kadar bekletildikten sonra petri kaplarına 15'er mL dökülmüştür. Kontaminasyon kontrolü için bir gün oda sıcaklığında bekletilmiştir.

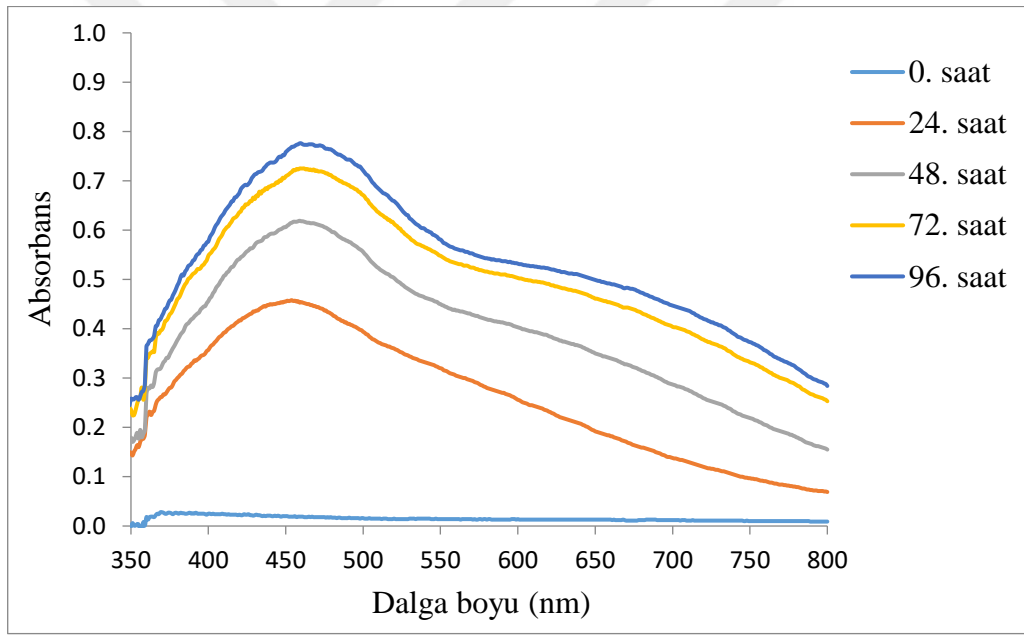
Dimrit üzümünün ve gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel aktivitesi, kuyu difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Antimikrobiyal aktiviteyi belirlemek için; Gram pozitif *Enterococcus faecalis* ATTC29212, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ATTC43300, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae* ve Gram negatif *Escherichia coli* ATTC 35150, *E. coli* 0157:H7 ATTC 43895, *Salmonella enterocolitis* kullanılmıştır. Türbiditesi 0,5 McFarlanda ayarlanmış kültürlerden 1 mL alınarak Nutrient agar'a dökme ekim yöntemiyle inokülasyon yapıldıktan sonra üzerine 10 mL Nutrient agar ilave edilmiştir. 9 mm çapında delikler steril bir mantar delici ile oluşturulmuştur ve gümüş nanopartikül çözeltisinden 50 µL alınmış kuyucukların içine damlatılmıştır. Tüm Petri kapları, 37 °C'de 52 saat süreyle inkübe edilmiş olup inkübasyon sonunda meydana gelen inhibisyon zon çapları ölçülerek antibakteriyel aktivite belirlenmiştir (Balouiri M., 2016).

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Optimizasyon Çalışmaları

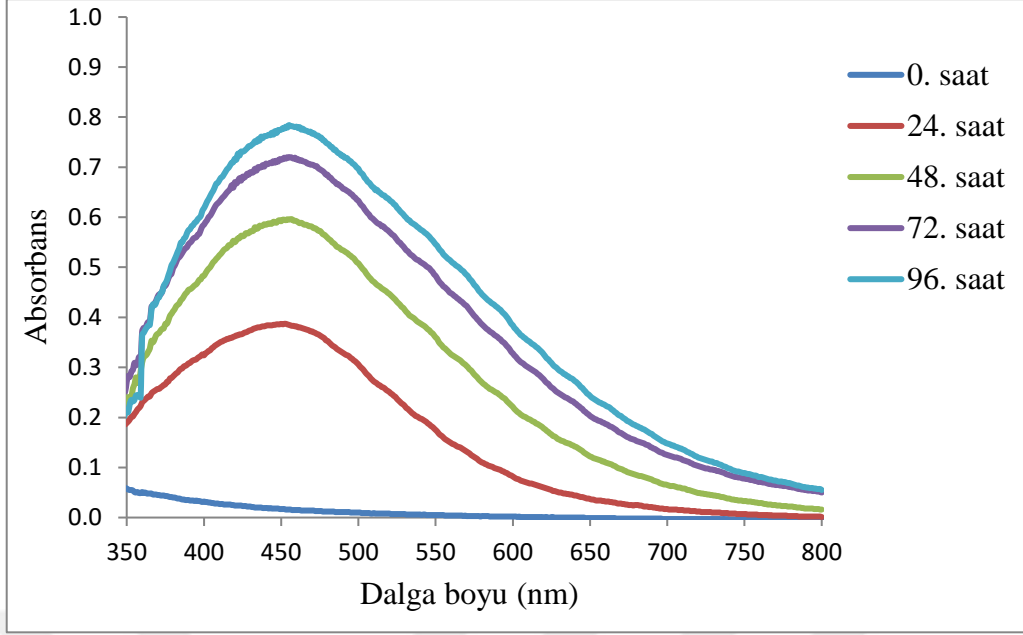
#### 4.1.1. Karıştırma Hızı Optimizasyonu

Nanopartikül sentezi için ilk olarak karıştırma hızının nanopartikül sentezinde etkili olup olmadığı incelenmiştir. Nanopartikül sentezi 3 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  ve 30 mL % 1 (m/V) Dimrit üzüm özütü kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Sentez süresince çözeltilerden biri 750 rpm hızda manyetik karıştırıcı ile karıştırılmış diğerinde ise karıştırma yapılmamıştır. Karıştırma işlemi yapıldıktan hemen sonra ve belirli aralıklarda sentez ortamından 3 mL karışım alınmış ve UV kaplarına konulmuştur. Karışıma ait zamana bağlı elde edilen UV-Vis ölçüm sonuçları Şekil 4.1. ve 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Gümüş nanopartikül sentezi (750 rpm)



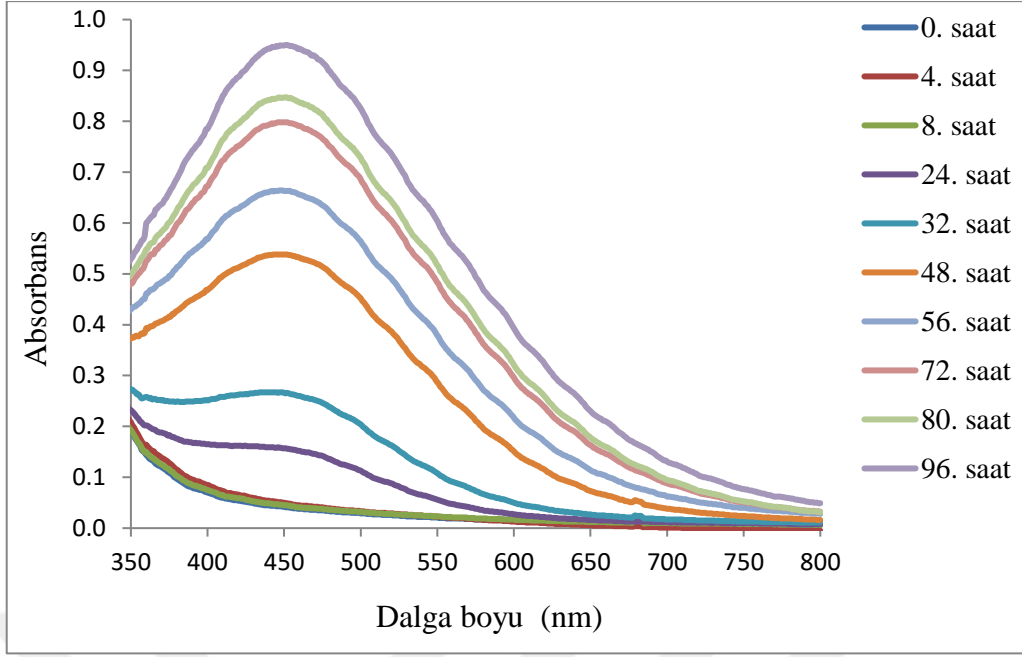


**Şekil 4.2.** Gümüş nanopartikül sentezi (Karıştırma yok)

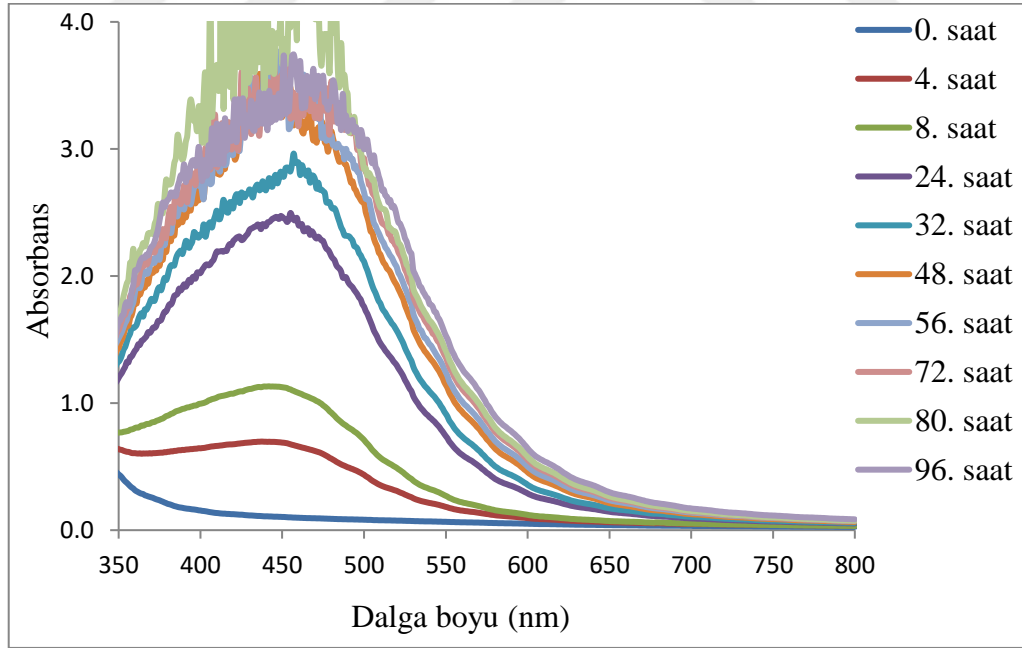
Şekil 4.1 ve 4.2 incelendiğinde, çözelti ortamında karıştırma yapılmadığında 96 saat sonunda en yüksek 0,776 absorpsiyon ve karıştırma yapıldığında ise 96 saat sonunda en yüksek 0,781 absorpsiyon ölçülmüştür. Karıştırmalı ortamdaki absorpsiyon değerleri ile karıştırmasız ortamdaki absorpsiyon değerleri karşılaştırıldığında, belirgin bir fark gözlenmemiştir. Ancak piklerin şekli bozulmuştur. Karıştırmanın nanopartiküllerin sentezi üzerine belirgin bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiş ve çalışmanın sonraki aşamalarında, sentez sırasında özüt üzerine  $Ag^+$  çözeltisi ilavesi sonrası karışım ortamında herhangi bir karıştırma yapılmamıştır.

#### 4.1.2. Özüt Derişimi Optimizasyonu

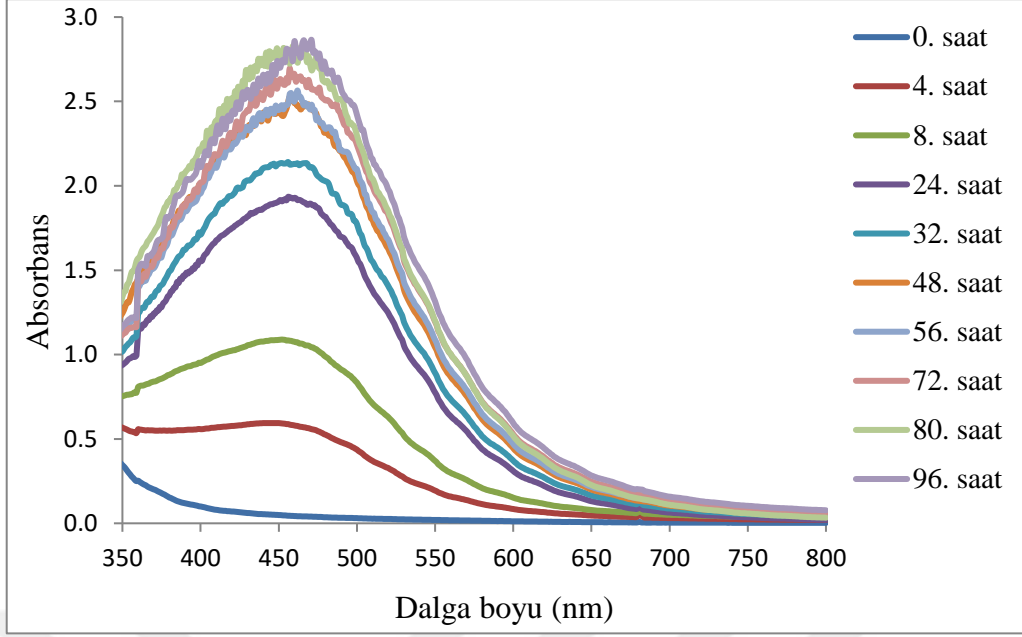
Gümüş nanopartikül sentezinde araştırılan diğer bir değişken kuru Dimrit üzümünden elde edilen özüt derişimidir. Dört balon alınmış ve her birisine ayrı ayrı % 1; % 1,5; % 2 ve % 2,5 (m/V) çözeltilerden 30'er mL üzüm özütü konmuştur. Bu kapların her birine 3 mL  $10^{-1}$  M  $AgNO_3$  ilave edilmiştir. Daha sonra balonların ağızları kapatılmış ve alüminyum folyo ile sarılarak oda koşullarında nanopartikül oluşumu başlatılmıştır. Her bir balondan sentez başladıktan hemen sonra ve farklı zamanlarda olmak üzere 3'er mL karışımdan alınmış, kuvars kaplara konulmuş ve zaman kaybedilmeden UV-Vis ölçümleri yapılmıştır. UV-Vis ölçüm sonuçları Şekil 4.3; 4.4; 4.5 ve 4.6'da gösterilmiştir.



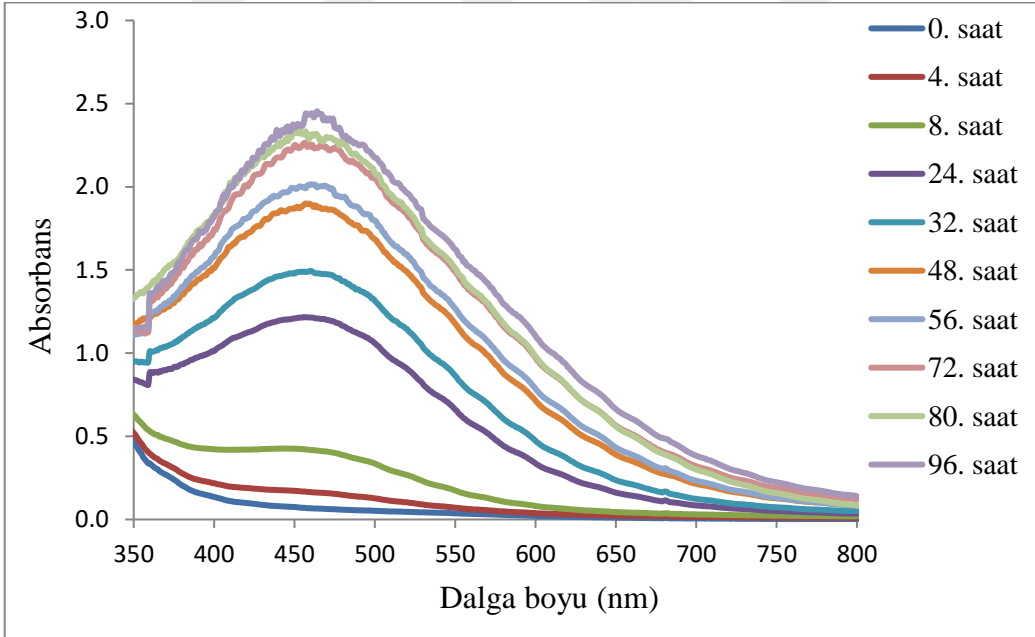
**Şekil 4.3.** 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



**Şekil 4.4.** 30 mL % 1,5 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



**Şekil 4.5.** 30 mL % 2 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



**Şekil 4.6.** 30 mL % 2,5 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu

Şekil 4.3'de en yüksek absorbans değeri 0,949; Şekil 4.4'de en yüksek absorbans değeri 3,744; Şekil 4.5'de en yüksek absorbans değeri 2,863 ve Şekil 4.6'da en yüksek

absorbans değeri ise 2,454 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

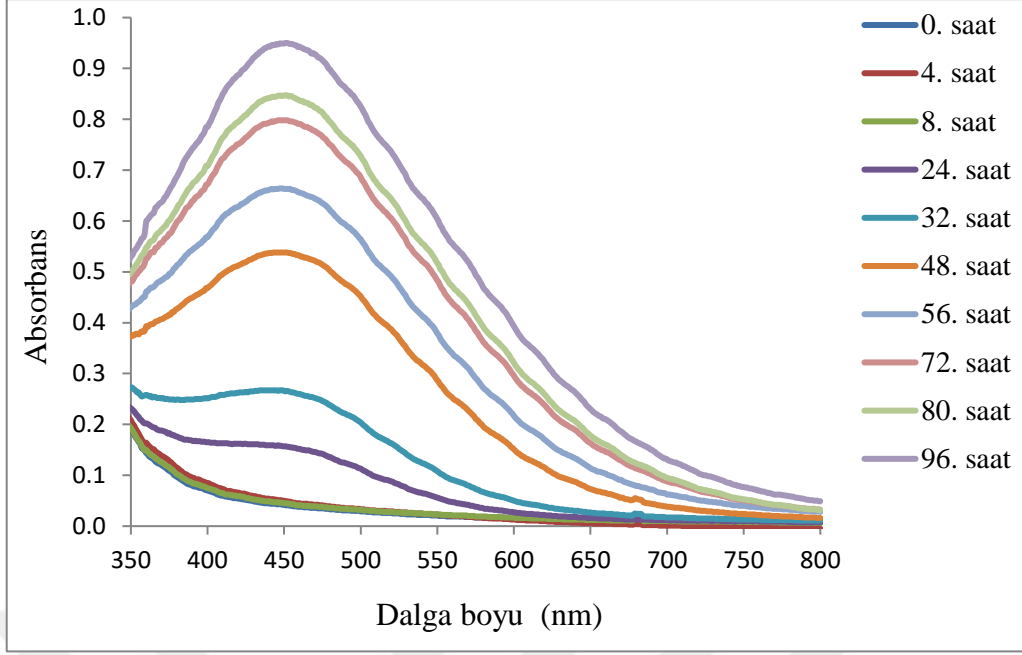
Literatürde gümüş nanopartikül sentezi ile ilgili ilk çalışmada, Dubey vd., solucan otu özütünü kullanarak yaptıkları çalışmalarda özüt derişiminin gümüş nanopartikül sentezi üzerine etkisini incelemek için % 0,5-1-1,8-2,8-3,8 ve 4,8 (m/V) özüt derişimleri hazırlamışlardır. Artan özüt derişimleri ile absorbans değerleri sırasıyla 1,2-1,7-1,8-2,0-2,3 ve 2,4 olarak ölçmüşlerdir. Ölçümleri UV-Vis spektrofotometresi ile yapmışlar ve özüt derişimi arttıkça absorbans değerlerinin arttığını belirtmişlerdir (Dubey vd., 2010).

Diğer bir çalışmada, Bilgili, sığla ağacı yapraklarından elde ettiği özüt miktarları ile gümüş nanopartikül üretiminde özüt miktarının etkisini araştırmıştır. Bu amaçla % 0,01–0,03–0,05–0,07 ve 0,10 (m/V) özüt derişimleri hazırlamış ve Ag<sup>+</sup> ile muamele etmiştir. Bu özüt derişimlerine karşı UV-Vis spektrofotometresinden elde ettiği en yüksek absorbans değerleri sırasıyla 1,333-2,533-2,8668-3,1722 ve 3,612'dir. Sonuç olarak özüt derişimi arttıkça absorbans değerinin de arttığını gözlemlemiştir (Bilgili, 2014).

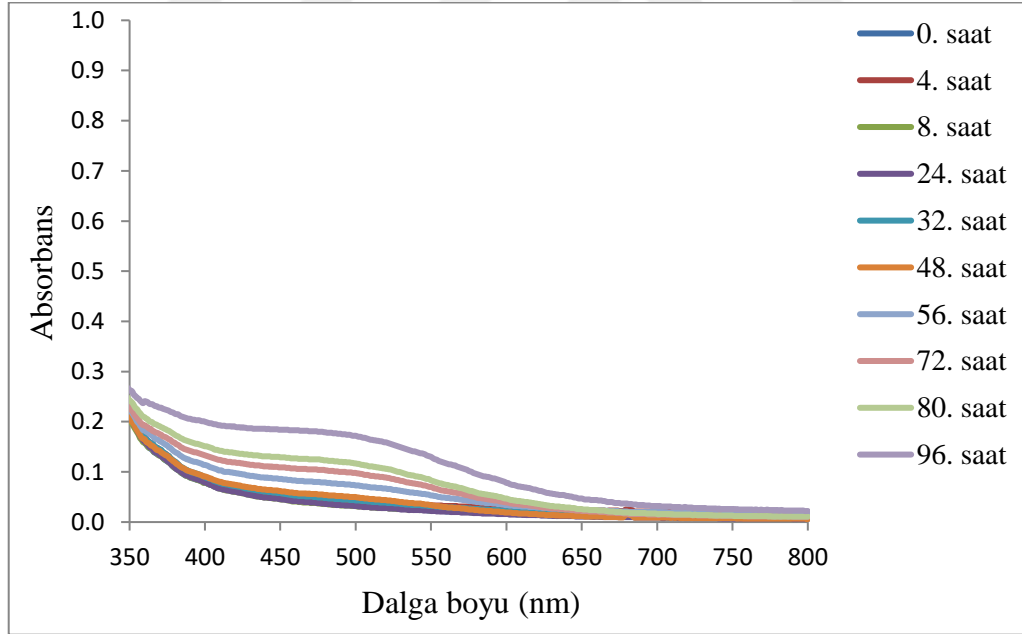
Bu çalışmada da Dimrit üzümü özütü derişimi % 1'den daha yüksek özüt derişimine artırıldığında absorbans değerleri artmış ancak yüksek özüt derişimlerinde absorbanslarda belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. % 1'lik özüt derişiminde elde edilen piklerin daha keskin ve sinyal/gürültü oranlarının az olması nedeni ile daha sonraki çalışmalarda bu derişim kullanılmıştır.

#### **4.1.3. Metal Derişimi Optimizasyonu**

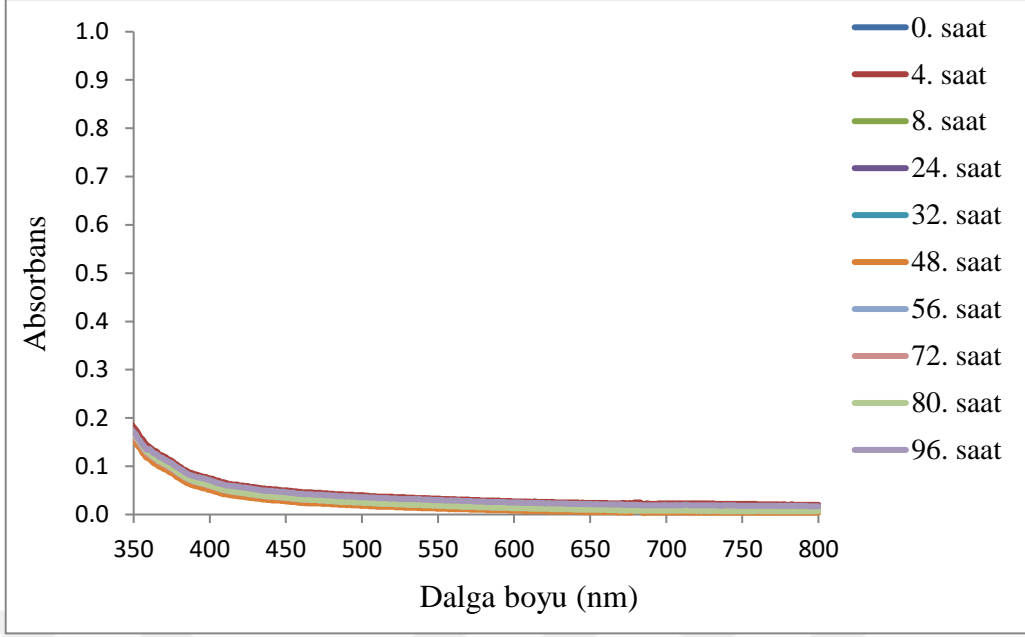
Gümüş nanopartikül sentezinde araştırılan diğer bir değişken de Ag<sup>+</sup> iyonu derişimidir. Özüt derişimi sabit tutularak AgNO<sub>3</sub> miktarının nanopartikül sentezine olan etkisi de araştırıldı. Bu amaçla beş balon alınmış ve her birisine 30 mL % 1 (m/V) derişimli özüt konmuştur. Daha sonra her bir kabın içerisine 3 mL farklı derişimlerde (10<sup>-5</sup>-10<sup>-4</sup>-10<sup>-3</sup>-10<sup>-2</sup>-10<sup>-1</sup> M) AgNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Balonların ağızları kapatılmış ve alüminyum folyo ile sarılarak oda koşullarında nanopartikül oluşumu başlatılmıştır. Her bir balondan sentez başladıktan hemen sonra ve farklı zamanlarda olmak üzere 3'er mL karışımdan alınmış, kuvars kaplara konulmuş ve zaman kaybedilmeden UV-Vis ölçümleri yapılmıştır. UV-Vis ölçüm sonuçları Şekil 4.7; 4.8; 4.9; 4.10 ve 4.11'de gösterilmiştir.



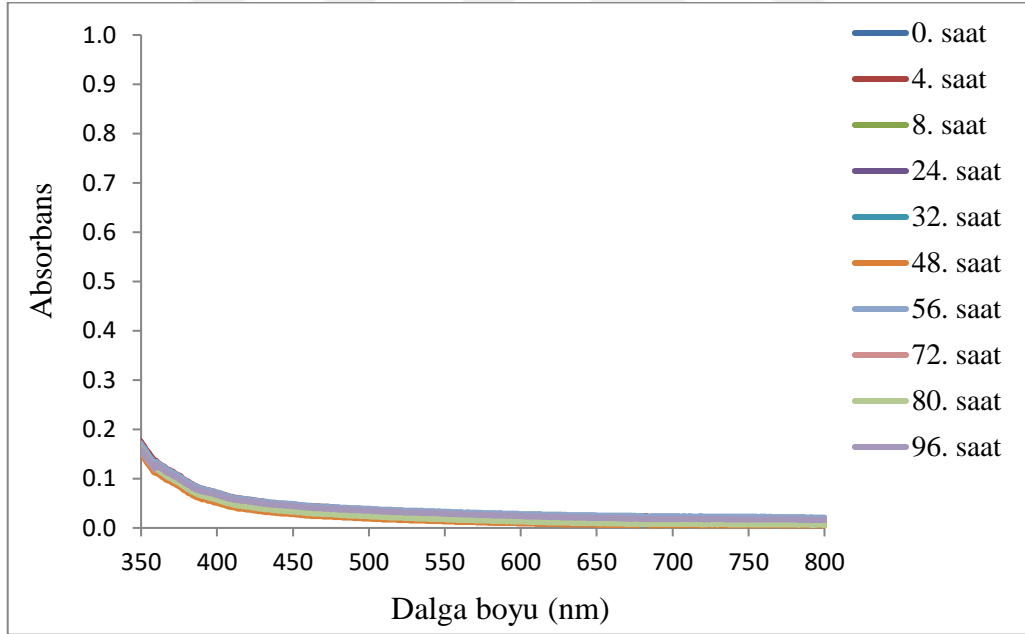
**Şekil 4.7.** 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL 10<sup>-1</sup> M AgNO<sub>3</sub> karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



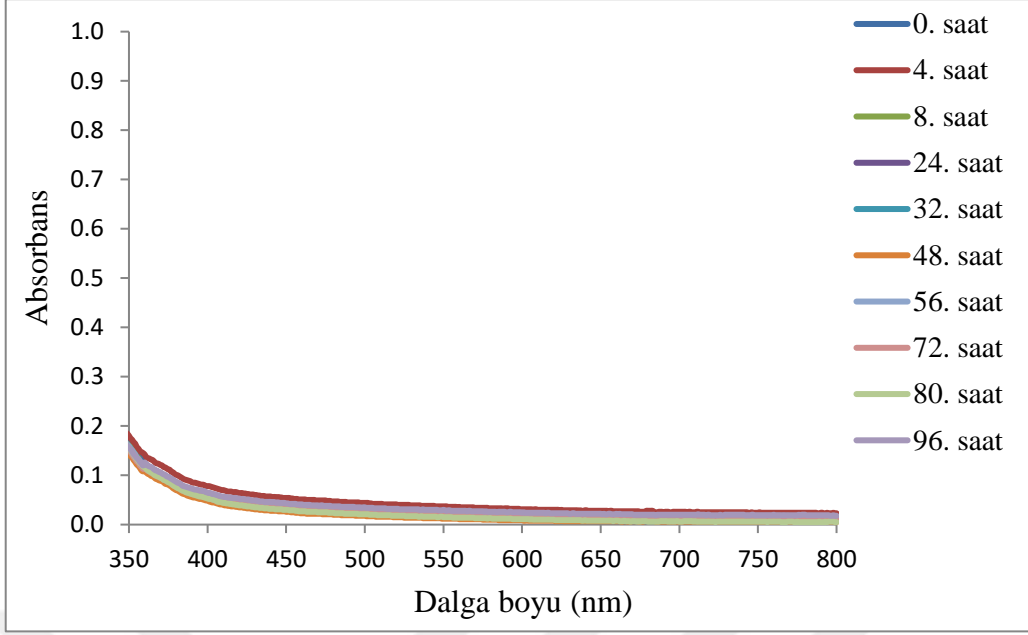
**Şekil 4.8.** 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL 10<sup>-2</sup> M AgNO<sub>3</sub> karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



**Şekil 4.9.** 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-3}$  M  $\text{AgNO}_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



**Şekil 4.10.** 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-4}$  M  $\text{AgNO}_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu



**Şekil 4.11.** 30 mL % 1 (m/V) özüt ve 3 mL  $10^{-5}$  M  $AgNO_3$  karışımında zamana bağlı gümüş nanopartikül oluşumu

Şekil 4.7’de en yüksek absorbans değeri 0,949; Şekil 4.8’de en yüksek absorbans değeri 0,182 olurken, Şekil 4.9-10-11’de ise gözlenebilir bir absorbans okunamamıştır. Özüt derişimi sabit tutulup,  $AgNO_3$  derişimi azaltıldığında absorbans değeri de azalmış ve  $10^{-3}$  M ve daha düşük  $Ag^+$  derişimlerinde okunabilir bir sinyal alınamamıştır.

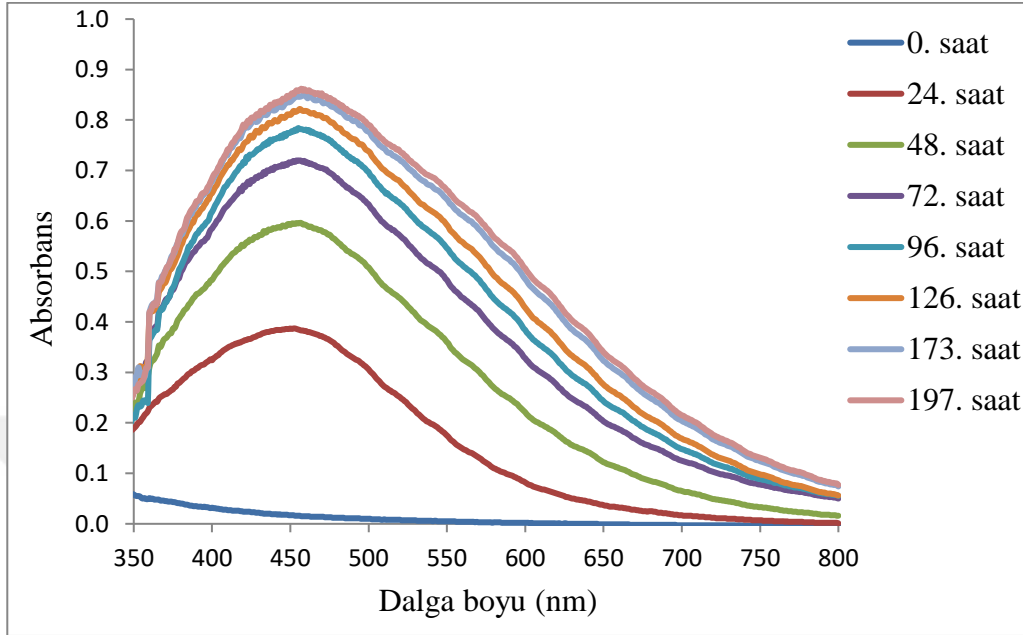
Literatür incelendiğinde, Dubey vd.,  $AgNO_3$  derişiminin nanopartikül üretimi üzerine etkisini araştırmışlardır.  $AgNO_3$  derişimleri (1, 2 ve 3 mM) olarak belirlemişlerdir.  $AgNO_3$  derişiminin artmasıyla absorbans değerlerinin de (1,1-1,8-2,4) düzenli bir şekilde arttığını gözlemlemişlerdir (Dubey vd., 2010).

Başka bir çalışma ise Shameli vd., yaptıkları çalışmada  $AgNO_3$  derişiminin nanopartikül üretimi üzerine etkisini araştırmaları sonucunda, derişim arttıkça absorbans değerlerinin de arttığını gözlemlemişlerdir (Shameli vd., 2011).

#### 4.1.4. Sentez Süresi Optimizasyonu

Bu bölümde gümüş nanopartikül eldesinde sentez süresinin etkisi araştırılmıştır. % 1 (m/V) üzüm özütü hazırlanmış ve bir balon içerisine 30 mL ilave edilmiş ve daha sonra üzerine  $10^{-1}$  M  $AgNO_3$  çözeltisinden 3 mL eklenmiştir ve ağzı kapatılarak etrafı alüminyum folyo ile sarılarak deney başlatılmıştır. Oda sıcaklığında 0-197 saat aralığında farklı zamanlarda balondan 3'er mL karışımdan alınmış, kuvars kaplara konulmuş ve

zaman kaybı olmadan UV-Vis ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.12’de sentez süresinin partikül oluşumuna etkisi gösterilmektedir.



**Şekil 4.12.** Sentez süresinin gümüş partikül oluşumuna etkisi

Literatüre incelendiğinde Song ve Kim, yaptıkları çalışmada; beş bitki yaprağı özü (Pine, Persimmon, Ginkgo, Magnolia ve Platanus) kullanılmışlardır. Her bitki türü için gümüş nanopartikül oluşumuna zamanın etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada zaman arttıkça absorbans değerlerinin de arttığını gözlemlemişlerdir (Song ve Kim, 2009).

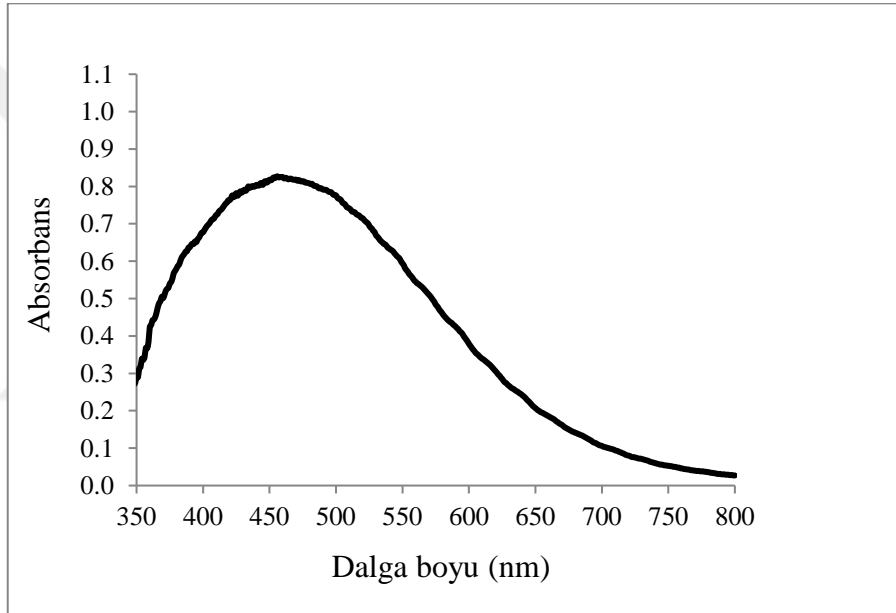
Darroudi vd., yeşil sentezde gümüş nanopartikül oluşumuna zamanın etkisini incelemişlerdir. Gümüş nanopartikül sentezi için indirgeyici ajan olarak jelatin ve glukoz kullanılarak sentezlemişlerdir. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin özellikleri farklı tepkime zamanlarında incelemişlerdir. Bu çalışmada 1-48 saat aralığında farklı zamanlarda ölçümler yapmışlardır. Bu ölçümlerde; tepkime süresinin artması ile birlikte absorbans değerlerinin de arttığını gözlemişlerdir (Darroudi vd., 2011).

Literatüre bakıldığında, süre arttıkça absorbans değerinin de arttığı görülmektedir. Şekil 4.12. incelendiğinde yapılan bu çalışmada sürenin artması ile absorbans değerinin 173. saate kadar arttığı daha sonraki zamanlarda ise nanopartikül oluşumunda bir değişim gözlenmemiştir. Bu da sentezin tamamlandığını göstermektedir. Bu nedenle nanopartikül sentezi tamamlanma zamanı 173. saat olarak belirlenmiştir.

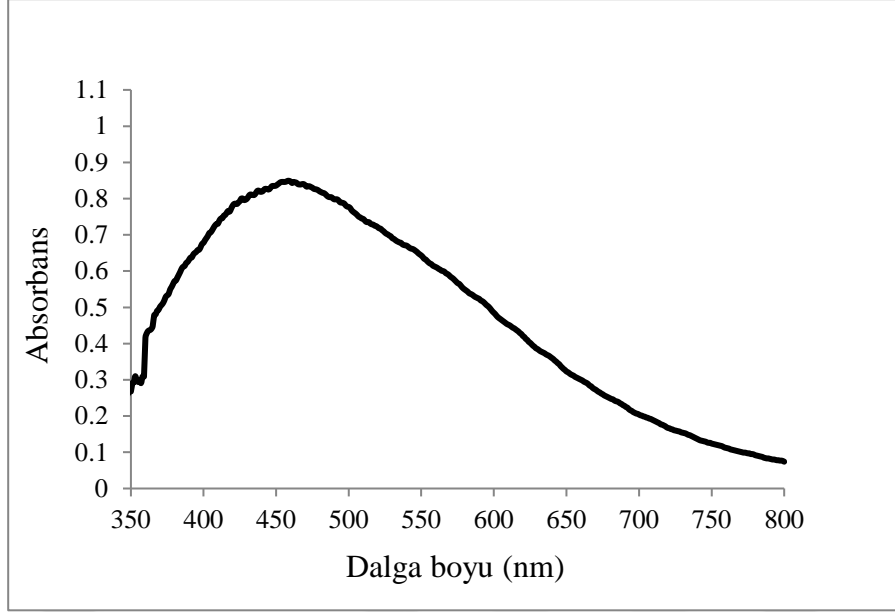


#### 4.1.5. Sıcaklık Optimizasyonu

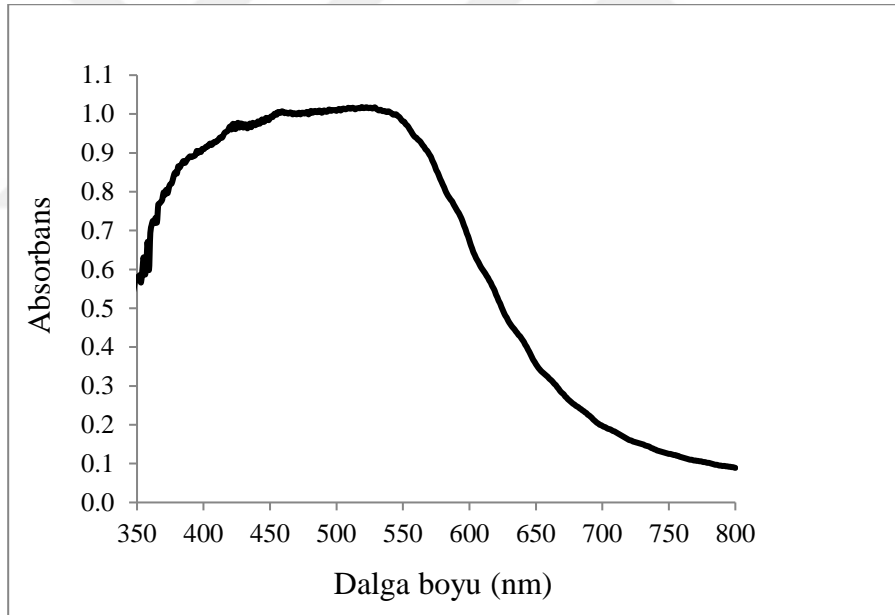
Bu çalışmada; sıcaklığın nanopartikül sentezi üzerine etkisi de incelenmiştir. Bu amaçla dört farklı sıcaklık da (4, 25, 40 ve 55 °C) daha önce belirlenen şartlarda sentez gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışılan sıcaklıkta su banyosu hazırlanmış, hem çözeltiler hemde çalışma balonu sentez başlamadan önce bu sıcaklıkta tutulmuştur. Balona 30 mL % 1 Dimrit üzümü konulmuş ve çalışılan sıcaklığa kadar ısıtma veya soğutma işlemi yapılmıştır. Özüt üzerine 3 mL  $10^{-1}$  M  $AgNO_3$  ilave edilerek sentez başlatılmıştır. Sentez ortamı çalışılan sıcaklıkta tutulmuş ve 173 saat sonra karışımdan 3 mL alınarak UV-Vis ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen son veriler Şekil 4.13-14-15-16'da gösterilmiştir.



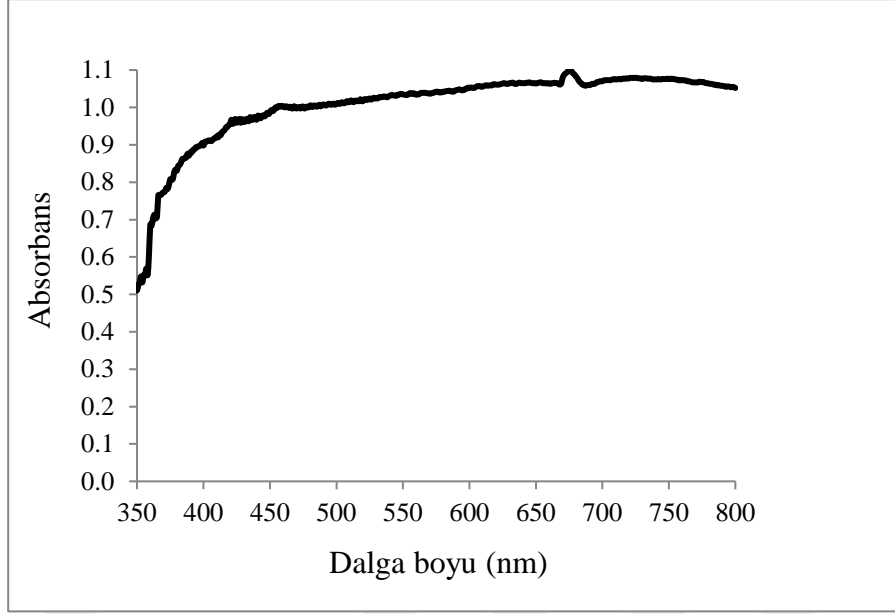
Şekil 4.13. 4 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum



Şekil 4.14. 25 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum



Şekil 4.15. 40 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum



**Şekil 4.16.** 55 °C sentezlenen gümüş nanopartiküle ait spektrum

Şekil 4.13; 4.14; 4.15 ve 4.16 incelendiğinde 4, 25, 40 ve 55 °C’de ölçülen en yüksek absorbanslar sırası ile 0,827; 0,849; 0,998 ve 1,004’dır. Sıcaklık değiştirildiğinde gümüş nanopartiküle ait absorpsiyon bandında ciddi değişim gözlenmiştir. Bu da nanopartikülün şekil ve/veya boyutunda sıcaklığa bağlı olarak değişim olduğunu göstermektedir. Literatür bilgilerine göre tepkime sıcaklığı arttıkça, tepkime hızının arttığı ve böylece çoğu gümüş iyonunun çekirdek oluşumunda tüketildiğini ve önceden oluşturulmuş çekirdek yüzeyinde ikincil indirgeme işleminin olmadığı söylenebilir (Song ve Kim, 2009).

Literatür incelendiğinde Song ve Kim, yaptıkları çalışmada Diospyros Kaki yaprağı özütü kullanarak sıcaklığın nanopartikül üretimine etkisini araştırmışlardır. 25, 55 ve 95 °C değerlerinde çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada sıcaklık arttıkça partikül oluşumunda absorbans değerlerinin arttığını gözlemlemişlerdir (Song ve Kim, 2009).

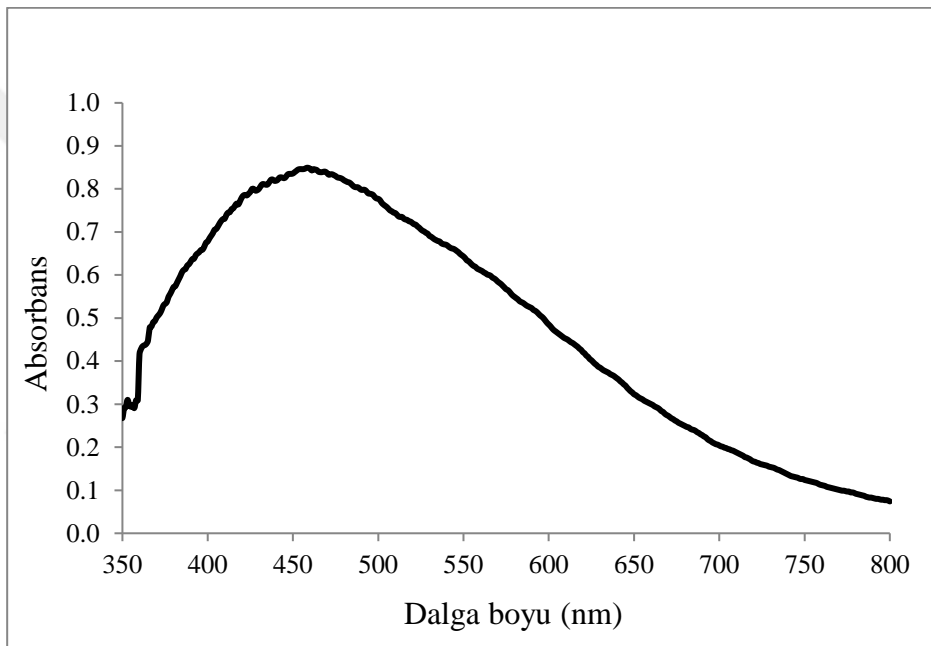
#### **4.2. Gümüş Nanopartiküllerin Karakterizasyonu**

Karakterizasyon, elde edilen malzemenin özelliklerinin ve yapısının incelendiği kapsamlı bir araştırmadır. Tez kapsamında belirlenen şartlarda elde edilen gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu yapılmıştır. Çevre dostu bir yol ile Dimrit üzümü özütü kullanılarak gümüş nanopartiküller elde edilmiştir. Çözeltinin absorbans değeri UV-Vis Spektrofotometre ile 350-800 nm dalga boyu arasında ölçümü yapılarak nanopartikül oluşumu izlenmiştir. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin yapısal özelliklerinin

belirlenmesi için FTIR cihazı kullanılmıştır. Nanopartiküllerin boyutlarının belirlenmesi ve diğer özellikler için ise TEM ve XRD cihazlarından yararlanılmıştır.

#### 4.2.1. UV-Vis Spektrofotometresi

30 mL % 1 (m/V) özüt derişimi üzerine 3 mL  $10^{-1}$  M  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi ilave edilip oda koşullarında (25 °C) senteze başlanmış ve 173 saat sonra karışımdan 3 mL alınarak UV-Vis spektrofotometresinde 350-800 nm dalga boyu aralığında absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ölçüm esnasında kör çözelti olarak sentezde kullanılan aynı üzüm özütü çözeltisi kullanılmıştır. Sonuçta ilişkin spektrum Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Sentezlenen gümüş nanopartiküle ait UV-Vis Spektrumu

Şekil 4.17 incelendiğinde, sentezlenen gümüş nanopartikül için yüzey plazmon rezonans bandı 451 nm’de gözlenmiştir. Literatür incelendiğinde bu pikin gümüş nanopartiküle ait olduğu anlaşılmaktadır. Gümüş nanopartiküllere ait literatürdeki bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Shankar vd., Neem ağacının (*Azadirachta indica*) yaprak özütünü kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. UV-Vis ölçümü ile gümüş nanopartikülünün yüzey plazmon rezonans bandı yaklaşık 450 nm’de olduğunu gözlemlemişlerdir (Shankar vd., 2004).

Song ve Kim, yeşil sentez yöntemiyle yaptığı çalışmada gümüş nanopartikül sentezi için 5 farklı bitki özütü kullanmışlardır. Elde edilen partiküllerin ortalama boyutlarının 15-500 nm aralığında olduğunu bulmuşlardır. Partikül büyüklüğünün özüt derişimi, ortam sıcaklığı ve  $Ag^+$  derişimi ile kontrol etmişlerdir. UV-Vis ölçüm sonuçlarında yüzey plazmon rezonans bandı yaklaşık 430 nm'de gözlemlediklerini bildirmişlerdir (Song ve Kim, 2009).

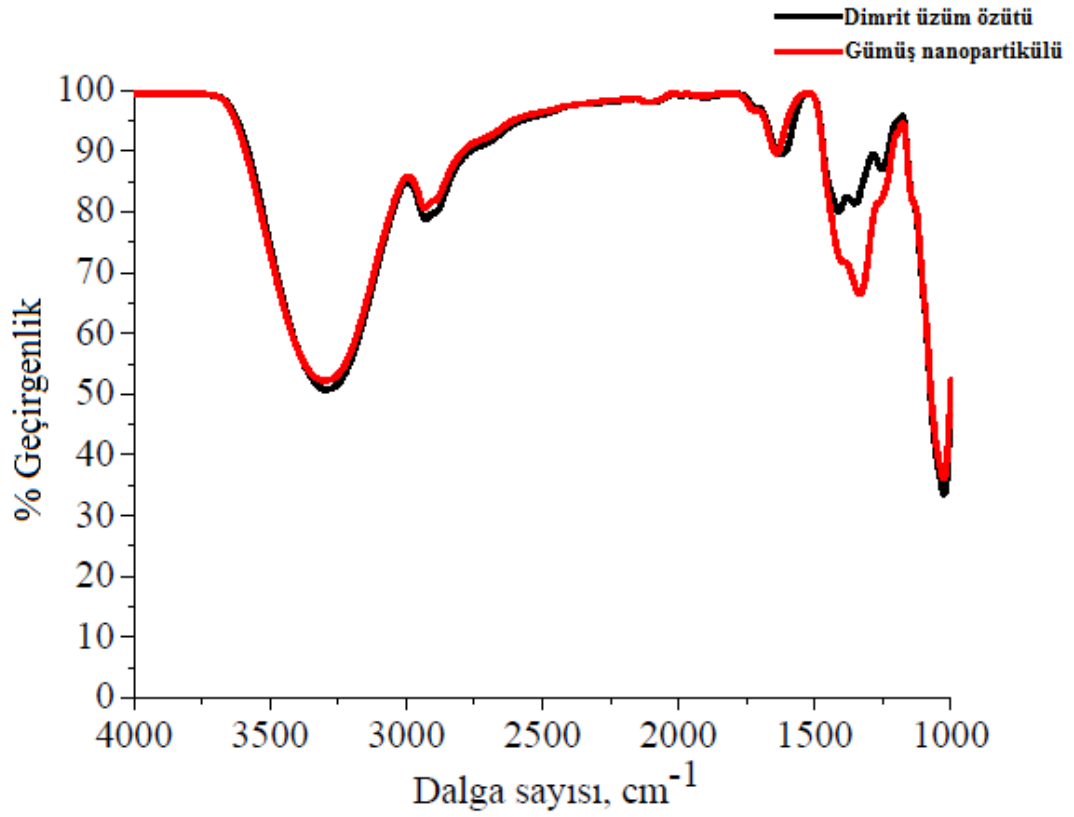
Minhas vd., *Ulva kompresa (L.) Kütz.* ve *Cladophora glomerata (L.) Kütz.* özütleri ile biyolojik yöntem ile gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Bu çalışmada karışımın hemen sonrası bir pik gözlenmemiş, sentez başladıktan 6 saat sonra yüzey plazmon rezonans bandının 403 nm'de belirdeğini, zaman ilerledikçe piklerin yerlerinin daha büyük dalga boyuna kaydeğini ve 24 saat sonra yüzey plazmon rezonans bandının 443 nm olduğunu ve bu dalga boyunda sabitlendiğini belirtmişlerdir (Minhas vd., 2018).

Mousavi vd., yeşil sentez yöntemini kullanarak gümüş nanopartikül sentezinde indirgeyici ajan olarak *Artemisia turcomanica* yaprağı özütünü kullanmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada gümüş nanopartiküllerin UV-Vis bölgesindeki yüzey plazmon rezonans bandının 430 nm olduğunu gözlemlemişlerdir (Mousavi vd., 2018).

Qidwai vd., yeşil sentez yöntemiyle *Phoenix sylvestris L.* tohum özütünü kullanarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Bu çalışmada UV-Vis ölçüm sonucunda gümüş nanopartiküle ait yüzey plazmon rezonans bandının 440 nm olduğunu gözlemlemişlerdir (Qidwai vd., 2018).

#### **4.2.2. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi (FTIR)**

Gümüş nanopartiküllerin karakterizasyonu için daha büyük miktarlarda gümüş nanopartiküle ihtiyaç olduğundan daha büyük miktarlarda özüt ve gümüş kullanılmıştır. Bu amaçla belirlenen şartlar altında 500 mL % 1 (m/V) özüt derişimi ve 50 mL  $10^{-1}$  M  $AgNO_3$  çözeltisi kullanılarak sentez çalışmaları 25 °C'da 173 saat sentez süresi ile gerçekleştirilmiştir. Sentez süresi tamamlandıktan sonra suyun uzaklaştırılması için evaporatör cihazı kullanılmıştır. Su tamamen uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen özüt ve gümüş nanopartikül numunelerinde FTIR analizleri gerçekleştirilmiştir. Dimrit üzümü özütü ve gümüş nanopartiküller için elde edilen FTIR spektrumları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.18'de sunulmuştur.



**Şekil 4.18.** Dimrit üzüm özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları

Dimrit üzüm özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçlarına göre dalga sayısına karşılık gelen titreşim bandı ve fonksiyonel gruplar Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Dimrit üzüm özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları

Dalga sayısı, cm <sup>-1</sup>		Titreşim bandı	Fonksiyonel gruplar
Dimrit üzüm özütü	Gümüş nanopartikülü		
3286	3295	O-H gerilmesi	Alkoller, fenoller
2936	2943	C-H gerilmesi	Alkanlar
1631	1647	C=C gerilmesi	Alkenler
1412	1405	C-C gerilmesi	Aromatik halkalar
1342/1256	1335	C-N gerilmesi	Aromatik aminler
1022	1030	C-N gerilmesi	Alifatik aminler

Üzüm özütü, biyomoleküllerin bağlanma bilgilerini ve fonksiyonel gruplarını belirlemek için FTIR ile analiz edildi. Gümüş nanopartiküllerin dengelenmesinden sorumlu olabilecek olan Dimrit üzüm özütü içerisinde farklı fitokimyasallar bulunmaktadır. Üzüm özütü ve gümüş nanopartiküldeki farklı fonksiyonel grupların varlığı ve bunların bağlanma bilgileri ile ilişkisi Tablo 4.1’de sunulmuştur. Dimrit üzüm özütü ve sentezlenen gümüş

nanopartiküllerin titreşim bandlarındaki kaymalar, gümüş nanopartiküllerin biyomoleküllere dahil olduğu düşünülmektedir. Özüt üzerine  $Ag^+$  ilavesi ile özüt içindeki madde ya da maddeler  $Ag^+$  ile tepkimeye girmiştir. Biyo-indirgeme sonrası titreşim bandlarının yerlerinde ve şiddetlerinde değişme gözlenmiştir. Bantlardaki değişim/azalma,  $Ag^+$  iyonlarının özüt içindeki bazı maddeler tarafından gümüş nanopartiküllere indirgenmesi olarak yorumlanabilir.

Literatüre bakıldığında Moteriya vd., biyolojik yöntem ile *Psidium guajava L.* yaprak özütü kullanarak gümüş nanopartiküller elde etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada FTIR analizi gerçekleştirmişlerdir. Gümüş nanopartiküllerin 3722, 3599, 3315, 3009, 2305, 1844, 1491, 1311, 1039 ve 661  $cm^{-1}$ 'de güçlü titreşim bantlarını gözlemişlerdir. Serbest alkollerin O–H titreşim bandını 3722, 3599  $cm^{-1}$  dir. 3315  $cm^{-1}$ 'de ki pik, C–H: C (üçlü bağ) alkinlerin titreşimine karşılık gelir. 3009  $cm^{-1}$ 'deki pik aromatik (terminal) grup C–H titreşimine aittir. 1844  $cm^{-1}$ 'de aromatik amin bandına, 1491  $cm^{-1}$ 'de C–C titreşim bandına, 1311  $cm^{-1}$ 'de N–O titreşim bandına ve 1039  $cm^{-1}$ 'de alifatik aminlerin C–N titreşim bandına karşılık geldiğini belirtmişlerdir (Moteriya vd., 2014).

Patil vd., yeşil sentez yöntemiyle *Madhuca longifolia* çiçek özütünü kullanarak gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada hem çiçek özütü hem de gümüş nanopartiküllerin FTIR analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Tablo 4.2'de *Madhuca longifolia* çiçek özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları gösterilmiştir (Patil vd., 2018).

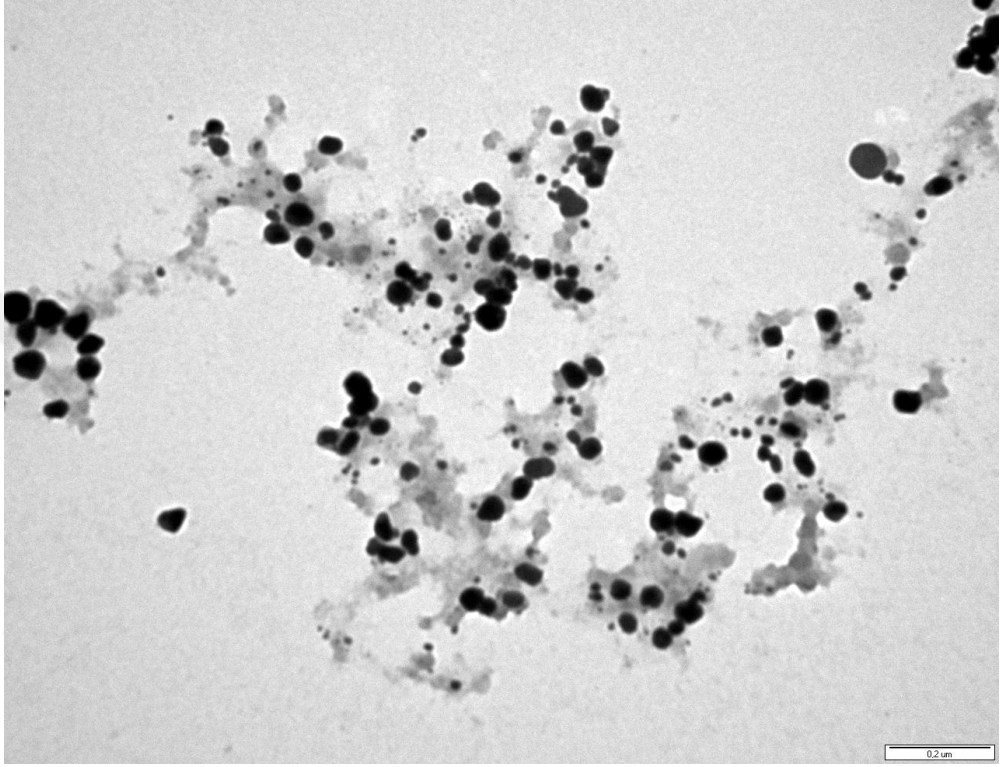
**Tablo 4.2.** *Madhuca longifolia* çiçek özütü ve gümüş nanopartiküllerin FTIR sonuçları

Dalga sayısı, $cm^{-1}$		Titreşim bandı	Fonksiyonel gruplar
<i>Madhuca longifolia</i> çiçek özütü	Gümüş nanopartikül		
3395	3408	O-H gerilmesi	Alkoller, fenoller
2938	2927	C-H gerilmesi	Alkanlar
1637	1630	N-H gerilmesi	1° aminler
1411	1422	C-C gerilmesi	Aromatik halkalar
1262	1254	C-N gerilmesi	Aromatik aminler
1057	1069	C-N gerilmesi	Alifatik aminler

#### 4.2.3. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)

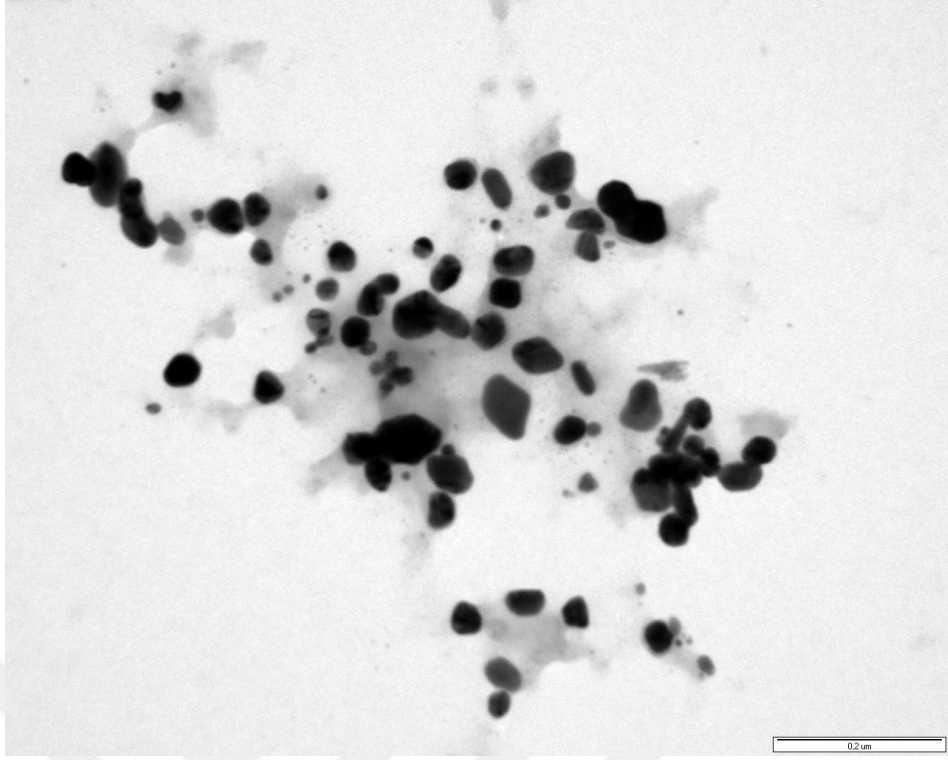
Belirlenen şartlarda gümüş nanopartikül sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sentez ürününde gümüş nanopartikülün boyutlarını incelemek için TEM analizleri

gerçekleştirilmiştir. TEM incelemelerinin yapılması için 200 mesh karbon kaplı bakır gridler kullanılmıştır. Nanopartikül çözeltilerinden grid üzerine bir damla bırakılıp, birkaç saniye sonra yüzeydeki çözeltinin fazlası bir süzgeç kağıdına dikkatli bir şekilde emdirilerek kaplanan gridler oda sıcaklığında bir gece kurutulmuş ve cihazda görüntüleri alınmıştır. Elde edilen görüntüler Şekil 4.19-20-21’de verilmiştir.

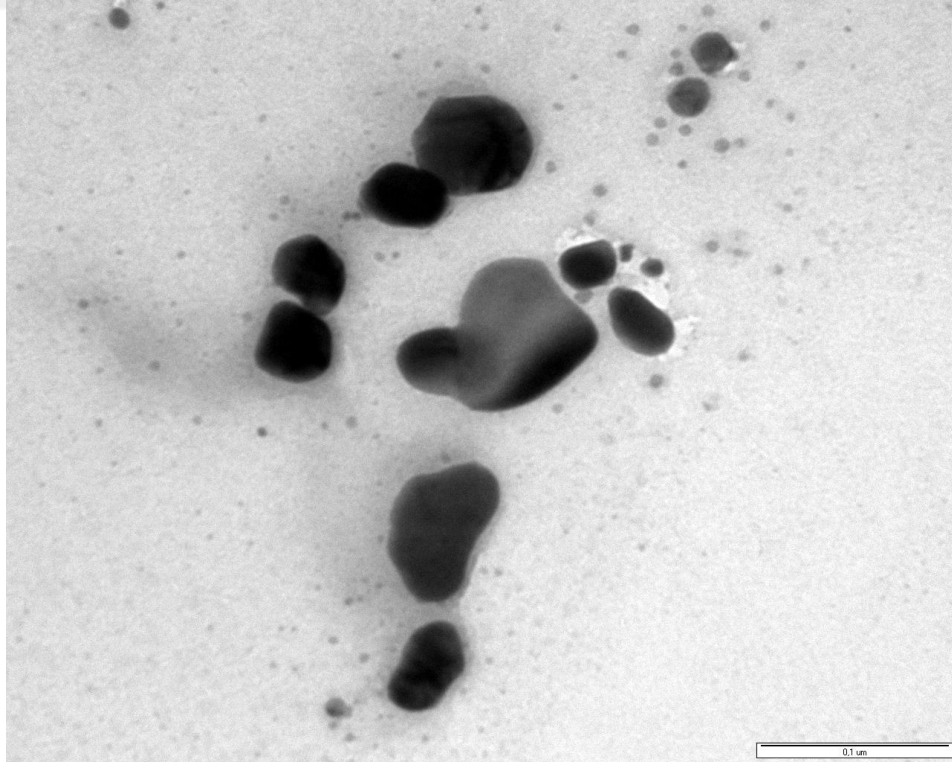


**Şekil 4.19.** Sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait TEM görüntüsü, ölçek çubuğu 200 nm





**Şekil 4.20.** Sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait TEM görüntüsü, ölçek çubuğu 200 nm



**Şekil 4.21.** Sentezlenen gümüş nanopartiküllere ait TEM görüntüsü, ölçek çubuğu 100 nm

TEM görüntülerinden, image proplus 6 programı kullanılarak ortalama partikül çapları hesaplanmıştır. Bunun için TEM görüntülerinden 160 adet partikül sayılmıştır. TEM analiz sonucunda gümüş nanopartiküllerinin ortalama büyüklüğü,  $30\pm 11$  nm olarak belirlenmiştir. Ayrıca tanecik boyutunun homojen bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin genellikle küresel şekillerde olduğu bununla birlikte üçgen ve tetragonal şekillerde de olduğu tespit edilmiştir.

TEM sonuçları literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılmış ve elde edilen TEM sonuçlarının literatürle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Song ve Kim, yeşil sentez ile elde ettikleri gümüş nanopartiküllerin TEM görüntülerini almışlar ve buna göre nispeten nanoparçacıkların küresel bir yapıya sahip olduğunu ve parçacık boyutunun ortalama 32 nm çapında olduğunu ifade etmişlerdir (Song ve Kim, 2009).

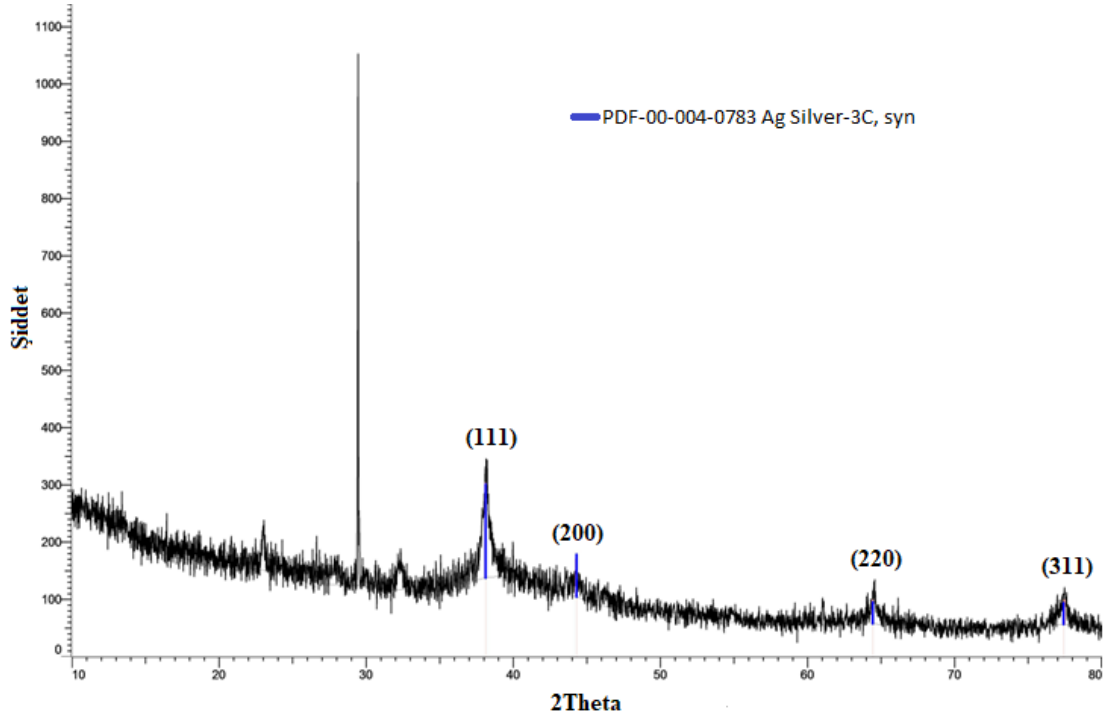
Dubey vd., yeşil sentez ile elde ettikleri gümüş nanopartiküllerin TEM görüntülerini almışlar ve TEM görüntülerine göre partiküllerin çoğunlukla üçgen ve küre, bazı partiküllerin de altıgen şekillerde olduğunu belirtmişlerdir. Partikül boyutunun ise ortalama 10-40 nm aralığında olduğunu bulmuşlardır (Dubey vd., 2010).

Mousavi vd., *Artemisia turcomanica* yaprak özütü kullanarak yaptıkları çalışmada TEM görüntüleri elde etmişlerdir. Nanopartiküller, ortalama 21 nm olduğu ve küresel bir yapıya sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Mousavi vd., 2018).

Qidwai vd., yeşil sentez yöntemiyle *Phoenix sylvestris L.* tohum özütünü kullanılarak gümüş nanopartikül sentezlemişlerdir. Nanopartikül boyutunu belirlemek için TEM görüntüleri almışlardır. Bu görüntülerden hareketle sentezlenen nanopartiküllerin küresel şekle sahip olduğunu ve ortalama 40-50 nm boyutunda bulduklarını belirtmişlerdir (Qidwai vd., 2018).

#### **4.2.4. X-Işını Kırınımı (XRD)**

Elde edilen gümüş nanopartiküllerin XRD analizleri de yapılmıştır. Madde 3.3.5’de açıklandığı gibi nanopartikül sentezi yapılmıştır. Analiz numunesi öğütülerek homojen bir karışım haline getirilmiştir. XRD analiz kaplarına homojeni edilmiş örnekten yeterli miktarda alınarak cihaza konulmuştur. Örnek 0,1 saniyede 0,02 derece aralıkla 10 ile 90 derece açılar arasında bakır tüp ve LYNEYE-XE dedektör ile analiz yapılmış ve elde edilen sonuçlar Diffrac. EVA V3.1 programı ile kütüphane taraması yapılmıştır. Kütüphane taramasında karbon elementi taraması sonucunda çıkan sonuçlardan % benzerlik en yüksek olanlar alınarak rapor edilmiştir. Gümüş nanopartikül numunesine ait XRD kırınım deseni Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. XRD kırınım desenleri

Şekil 4.22’de verilen XRD kırınım desenleri sonuçlarına göre gümüş nanopartiküllerin yüzey merkezli kübik yapıya sahip olduğu ve 38°, 44°, 65° ve 77°’deki konumların sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiği gösterilmiştir.

XRD sonuçları literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırılmış ve elde edilen XRD sonuçlarının literatürle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Veisi vd., *Thymbra spicata* bitki özütü ile gümüş nanopartikül sentezlemişler ve XRD analizi gerçekleştirmişlerdir. Kırınım desenlerinden elde ettikleri sonuçlara göre gümüş nanopartiküllerin yüzey merkezli kübik yapıya sahip olduğu ve 38°, 44°, 64° ve 78°’deki konumların sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir (Veisi vd., 2018).

Mousavi vd., yeşil sentez yöntemini kullanarak gümüş nanopartikül sentezinde indirgeyici ajan olarak *Artemisia turcomanica* yaprağı özütünü kullanmışlardır. Karakterizasyon çalışması için XRD analizi gerçekleştirmişlerdir. X-ışını kırınım desenlerinden elde ettikleri sonuçlara göre gümüş nanopartiküllerin yüzey merkezli kübik yapıya sahip olduğu ve 38°, 46°, 64° ve 77°’deki konumların sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir (Mousavi vd., 2018).

Raj vd., yeşil sentez yöntemiyle *Enicostemma axillare* yaprak özütü kullanarak sentezledikleri gümüş nanopartiküllerde XRD analizleri gerçekleştirmişlerdir. X-ışını

kırınım desenlerinden elde ettikleri sonuçlara göre gümüş nanopartiküllerin yüzey merkezli kübik yapıya sahip olduğu ve 38°, 46°, 64° ve 76°'daki konumların sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir (Raj vd., 2018).

Qidwai vd., yeşil sentez yöntemiyle *Phoenix sylvestris L.* tohum özütünü kullanarak gümüş nanopartiküller sentezlemişlerdir. Daha sonra XRD analizi gerçekleştirmişlerdir. X-ışını kırınım desenlerinden elde ettikleri sonuçlara göre gümüş nanopartiküllerin yüzey merkezli kübik yapıya sahip olduğu ve 38°, 44°, 64° ve 78°'deki konumların sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiğini ifade etmişlerdir (Qidwai vd., 2018).

#### 4.3. Antibakteriyel Etkinin Belirlenmesi

Yeşil sentez ilkelerine uygun olarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel etkiye sahip olup olmadığı da araştırılmıştır. Bu amaçla belirlenen şartlarda elde edilen gümüş nanopartiküller ve Dimrit üzüm özütünün antibakteriyel özelliği araştırılmıştır. Dimrit üzüm özütü ve gümüş nanopartiküllerin patojen bakterilerine ait antibakteriyel test sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Patojen bakterilere ait zon çapları (mm)

Bakteri Çeşitleri	Dimrit Üzüm Özütü		Gümüş Nanopartikülü	
	4. saat	52. saat	4. saat	52. saat
<i>E. faecalis</i> ATTC29212	-	-	13,5 ± 0,7	13,5 ± 0,7
<i>L. monocytogenes</i> RSKK472	-	-	13,5 ± 0,7	12,0 ± 0,4
<i>S. aureus</i> ATTC43300	-	-	12,0 ± 0,4	11,5 ± 0,7
<i>Bacillus subtilis</i>	-	-	13,5 ± 0,4	11,5 ± 0,7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	-	-	12,5 ± 0,7	12,0 ± 0,4
<i>E. coli</i> ATTC 35150	-	-	13,3 ± 0,4	12,8 ± 0,4
<i>E. coli</i> 0157:H7 ATTC 43895	-	-	14,0 ± 0,4	13,0 ± 0,4
<i>Salmonella</i> Enterocolitis	-	-	13,0 ± 0,4	13,0 ± 0,4

Tablo 4.3. incelendiğinde Dimrit üzüm özütünün inhibisyon etkisi patojen bakteriler üzerine herhangi bir inhibe edici etkisinin olmadığı ancak gümüş nanopartiküllerde ise inhibisyonun 4. saatde başladığı ve 52. saate kadar devam ettiği dolayısıyla antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek zon çapı *E. coli* 0157:H7 ATTC 43895’da görülmüştür.

Literatür incelebdiğinde Sankar vd., biyolojik bir yöntem ile *Origanum vulgare* yaprak özütü kullanarak gümüş nanoparçacıklar sentezleyerek antimikrobiyel özellikleri de incelemiştir. Biyolojik sentezle yapılan gümüş nanopartiküller için *E. coli* , *E. coli* (EP), *A. hydrophila*, *Almonella sps.*, *S. dysenteriae*, *S. paratyphi* ve *Sh. Sonnei* patojen bakterilerini incelemişler ve antimikrobiyel aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir (Sankar vd., 2013).

Shah vd., biyolojik sentez ile *Xanthorrhoea glauca* yaprağı özütü kullanılarak gümüş nanopartiküller sentezlemiştir. *Escherichia coli* ve *Staphylococcus epidermis*'e karşı antibakteriyel aktivitelerini incelemiştir. Yaptıkları çalışmada *Escherichia coli* ve *Staphylococcus epidermis* patojenlerine karşı gümüş nanopartiküllerinin antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Shah vd., 2016).

Ajitha vd., çevre dostu bir şekilde *Phyllanthus amarus* yaprak özütü kullanarak gümüş nanoparçacıklar sentezlemişler ve antimikrobiyel özellikleri de incelemiştir. Biyolojik sentezle yapılan gümüş nanopartiküller *Escherichia coli*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*, ve *Staphylococcus spp.* patojenlerini incelemişler ve mükemmel antimikrobiyel aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir (Ajitha vd., 2018).

## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, yeşil kimya prensiplerine uygun gümüş nanopartiküllerinin sentezlenmesi gerçekleştirilmiştir. Sentez çalışmaları, Burdur Bölgesinde yetiştirilen ve yerel pazardan temin edilen kurutulmuş Dimrit üzümü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Gümüş nanopartikül sentezi için en uygun şartları belirlemek amacıyla; karıştırma hızı,  $\text{AgNO}_3$  derişimi, özüt derişimi, sıcaklık ve sentez süresi optimizasyonları incelenmiştir. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin UV-Vis Spektrofotometresi, Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektrofotometresi, Geçirimli Elektron Mikroskobu, X-ışını Kırınımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca elde edilen gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel özellikleri de incelenmiştir.

- En uygun şartlar altında karıştırmalı ve karıştırmaz olarak gerçekleştirilen deneyde, karıştırmanın nanopartiküllerin sentezi üzerine belirgin bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiştir.
- Dimrit özüt derişim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Dimrit özütünün derişimi arttırıldığında UV-Vis spektrofotometresindeki ölçümler sonucunda absorbans değerlerinin de arttığı gözlenmiştir.
- Metal derişim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Metal derişiminin artmasıyla UV-Vis spektrofotometresindeki ölçümler sonucunda absorbans değerlerinin de arttığı görülmüştür.  $10^{-3}$  M (3 mL)  $\text{Ag}^+$  derişiminden daha küçük derişimlerde nanopartiküle ait herhangi bir pik gözlenmemiştir.
- Sentez süresi optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sentez süresinin artmasıyla UV-Vis spektrofotometresindeki ölçümler sonucunda absorbans değerlerinin de arttığı görülmüştür. Ancak 173 saat sonrasında absorpsiyonda dikkate değer bir artış belirlenmemiştir.
- Sıcaklık optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Dört farklı sıcaklık değerinde (4, 25, 40 ve 55 °C) gerçekleştirilen deneylerde, sıcaklık artışı ile absorbans değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Özellikle 55 °C'da pik şekillerinin belirgin bir şekilde görülmüştür.
- Sentezlenen gümüş nanopartikül için UV-Vis spektrofotometresinde yüzey plazmon rezonans bandına ait en yüksek absorbans değerinin 451 nm'de olduğu gözlenmiştir. Literatür ile karşılaştırıldığında sentezlenen nanopartiküllerin gümüş nanopartiküller ait olduğu belirlenmiştir.

- Sentezlenen gümüş nanopartikül için FTIR spektrofotometresinden elde edilen sonuçlar ile özüt ve gümüş nanopartiküllerin dönüşümünün karakteristik bağlar üzerinden gerçekleştiği gösterilmiştir.
- Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin TEM analizleri gerçekleştirilmiştir. TEM analiz sonucunda gümüş nanopartiküllerinin ortalama büyüklüğü,  $30\pm 11$  nm olduğu bulunmuştur. Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin genellikle küresel şekillerde olduğu bununla birlikte üçgen ve tetragonal şekillerde de olduğu tespit edilmiştir.
- Sentezlenen gümüş nanopartiküllerin XRD analizi gerçekleştirilmiştir. Gümüş nanopartiküllerin yüzey merkezli kübik yapıya sahip olduğu,  $38^\circ$ ,  $44^\circ$ ,  $65^\circ$  ve  $77^\circ$ 'de konumları, (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiği bulunmuştur.
- Gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel özelliği incelenmiştir. Patojen bakterilerine karşı yeşil kimya ilkelerine uygun olarak sentezlenen gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel özelliğe sahip olduğu bulunmuştur.

## KAYNAKLAR

- Ajitha, B., Reddy, Y. A. K., Jeon, H. J., Ahn, C. W., 2018. Synthesis of silver nanoparticles in an eco-friendly way using *Phyllanthus amarus* leaf extract: antimicrobial and catalytic activity. *Advanced Powder Technology*, 29(1), 86-93.
- Anjum, N. A., Gill, S. S., Duarte, A. C., Pereira, E., Ahmad, I., 2013. Silver nanoparticles in soil-plant systems. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(9), 1896.
- Arshadi, E., Sedaghat, S., Moradi, O., 2018. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using fructose. *Asian Journal of Green Chemistry*, 2(1-84), 41-50.
- Arslan, T. (2010). X-Işınları ve Kullanım Alanları. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Asghar, M. A., Zahir, E., Shahid, S. M., Khan, M. N., Asghar, M. A., Iqbal, J., Walker, G., 2018. Iron, copper and silver nanoparticles: Green synthesis using green and black tea leaves extracts and evaluation of antibacterial, antifungal and aflatoxin B1 adsorption activity. *LWT*, 90, 98-107.
- Aydogdu, A., 2017. A Nanotechnology Roadmapping Study For The Turkish Defense Industry, Doktora Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Balouiri M., Sadiki, M., Ibsouda, S. K., 2016. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis* 6: 71-79.
- Bayford, R., Rademacher, T., Roitt, I., Wang, S. X., 2017. Emerging applications of nanotechnology for diagnosis and therapy of disease: a review. *Physiological measurement*, 38(8), 183.
- Bhagyaraj, S. M., Oluwafemi, O. S., 2018. Nanotechnology: The Science of the Invisible. In *Synthesis of Inorganic Nanomaterials* (1-18).
- Bhatte, K. D., Deshmukh, K. M., Patil, Y. P., Sawant, D. N., Fujita, S. I., Arai, M., Bhanage, B. M., 2012. Synthesis of powdered silver nanoparticles using hydrogen in aqueous medium. *Particuology*, 10(1), 140-143.
- Bilgili, B., 2014. Gümüş Nanopartiküllerin Sentezi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, Türkiye.
- Bobo, D., Robinson, K. J., Islam, J., Thurecht, K. J., Corrie, S. R., 2016. Nanoparticle-based medicines: a review of FDA-approved materials and clinical trials to date. *Pharmaceutical research*, 33(10), 2373-2387.
- Bonnia, N. N., Fairuzi, A. A., Akhir, R. M., Yahya, S. M., Ab Rani, M. A., Ratim, S., Akil, H. M., 2018. Comparison study on biosynthesis of silver nanoparticles using fresh and hot air oven dried *Imperata Cylindrica* leaf. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 290, No. 1, p. 012002).



- Bowman, D. M., Hodge, G. A., 2006. Nanotechnology: Mapping the wild regulatory frontier. *Futures*, 38(9), 1060-1073.
- Bozkurt, A., 2015. Türkiye'de nanoteknoloji. Türkiye Bilişim Derneği Bilişim Dergisi, 172, 40-54.
- Cacciatore, M. A., Scheufele, D. A., Corley, E. A., 2011. From enabling technology to applications: The evolution of risk perceptions about nanotechnology. *Public Understanding of Science*, 20(3), 385-404.
- Cameotra, S. S., Dhanjal, S., 2010. Environmental nanotechnology: nanoparticles for bioremediation of toxic pollutants. In *Bioremediation technology* 348-374.
- Chaloupka, K., Malam, Y., Seifalian, A. M., 2010. Nanosilver as a new generation of nanoproduct in biomedical applications. *Trends in biotechnology*, 28(11), 580-588.
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Watkins, R., 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food additives and contaminants*, 25(3), 241-258.
- Chen, X., Schluesener, H. J., 2008. Nanosilver: a nanoproduct in medical application. *Toxicology letters*, 176(1), 1-12.
- Chow, E. K. H., Ho, D., 2013. Cancer nanomedicine: from drug delivery to imaging. *Science translational medicine*, 5(216), 216.
- Çağın, M., 2017. Aspergillus Sp. Tk4 Kullanılarak Titanyum Dioksit (TiO<sub>2</sub>) Nanopartikülünün Biyosentezi Ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Darroudi, M., Ahmad, M. B., Zamiri, R., Zak, A. K., Abdullah, A. H., Ibrahim, N. A., 2011. Time-dependent effect in green synthesis of silver nanoparticles. *International journal of nanomedicine*, 6, 677.
- Denkbaş, E. B., 2015. Türkiye'de nanoteknoloji. Türkiye Bilişim Derneği Bilişim Dergisi, 172, 78-87.
- Dikensoy, Ö., 2010. Nanopartiküller ve plevra. *Plevra Bülteni*, 4, 7-9.
- Dong, C., Zhang, X., Cai, H., 2014. Green synthesis of monodisperse silver nanoparticles using hydroxy propyl methyl cellulose. *Journal of Alloys and Compounds*, 583, 267-271.
- Dong, H., Gao, Y., Sinko, P. J., Wu, Z., Xu, J., Jia, L., 2016. The nanotechnology race between China and the United States. *Nano Today*, 11(1), 7-12.
- Drake, P. L., Hazelwood, K. J., 2005. Exposure-related health effects of silver and silver compounds: a review. *The Annals of occupational hygiene*, 49(7), 575-585.

- Dubey, S. P., Lahtinen, M., Sillanpää, M., 2010. Tansy fruit mediated greener synthesis of silver and gold nanoparticles. *Process Biochemistry*, 45(7), 1065-1071.
- Feng, Q. L., Wu, J., Chen, G. Q., Cui, F. Z., Kim, T. N., Kim, J. O., 2000. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Journal of biomedical materials research*, 52(4), 662-668.
- Freestone, I., Meeks, N., Sax, M., Higgitt, C., 2007. The Lycurgus cup—a roman nanotechnology. *Gold bulletin*, 40(4), 270-277.
- Gargın, S., İşçi, B., 2011. Göller Bölgesinde yetiştirilen bazı yöresel üzüm çeşitlerinin özellikleri., 1. *Ulusal Sarıgöl İlçesi ve Değerleri Sempozyumu*, 8.
- Gao, Y., Jin, B., Shen, W., Sinko, P. J., Xie, X., Zhang, H., Jia, L., 2016. China and the United States—global partners, competitors and collaborators in nanotechnology development. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 12(1), 13-19.
- Ghosh Chaudhuri, R., Paria, S., 2011. Core/shell nanoparticles: classes, properties, synthesis mechanisms, characterization, and applications. *Chemical reviews*, 112(4), 2373-2433.
- Gökgöz, Y., 2015. Burdur İli Pazarlarında Satılan Bazı Meyvelerin Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur, Türkiye.
- Gürmen, S., Ebin, B., İTÜ, M., 2008. Nanopartiküller ve üretim yöntemleri-1. *Metalurji Dergisi*, 150, 31-38.
- Horikoshi, S., Serpone, N., 2013. Introduction to nanoparticles. *Microwaves in nanoparticle synthesis: fundamentals and applications*, 1-24.
- Hu, B., Wang, S. B., Wang, K., Zhang, M., Yu, S. H., 2008. Microwave-assisted rapid facile “green” synthesis of uniform silver nanoparticles: self-assembly into multilayered films and their optical properties. *The Journal of Physical Chemistry C*, 112(30), 11169-11174.
- <https://statnano.com/news/57105/> (Erişim Tarihi: 22.04.2019)
- <https://statnano.com/report/s29/> (Erişim Tarihi: 22.04.2019)
- [https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Kuru\\_Uzum.pdf](https://ticaret.gov.tr/data/5b8700a513b8761450e18d81/Kuru_Uzum.pdf) (Erişim Tarihi: 15.05.2019).
- Hulla, J. E., Sahu, S. C., Hayes, A. W., 2015. Nanotechnology: History and future. *Human experimental toxicology*, 34(12), 1318-1321.
- Iravani, S., 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chemistry*, 13(10), 2638-2650.

- Kalishwaralal, K., Deepak, V., Ramkumarpanthian, S., Nellaiah, H., Sangiliyandi, G., 2008. Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles by the culture supernatant of *Bacillus licheniformis*. *Materials letters*, 62(29), 4411-4413.
- Kargozar, S., Mozafari, M., 2018. Nanotechnology and nanomedicine: Start small, think big. *Materials Today: Proceedings*, 5(7), 15492-15500.
- Kaviya, S., Santhanalakshmi, J., Viswanathan, B., Muthumary, J., Srinivasan, K., 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Citrus sinensis* peel extract and its antibacterial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 79(3), 594-598.
- Kong, X., Ohadi, M., 2010. Applications of micro and nano technologies in the oil and gas industry-overview of the recent progress. In *Abu Dhabi international petroleum exhibition and conference*. Society of Petroleum Engineers.
- Kumar Teli, M., Mutalik, S., Rajanikant, G. K., 2010. Nanotechnology and nanomedicine: going small means aiming big. *Current pharmaceutical design*, 16(16), 1882-1892.
- Kumar, P. V., Pammi, S. V. N., Kollu, P., Satyanarayana, K. V. V., Shameem, U., 2014. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Boerhaavia diffusa* plant extract and their anti bacterial activity. *Industrial Crops and Products*, 52, 562-566.
- Kumari, M., Mukherjee, A., Chandrasekaran, N., 2009. Genotoxicity of silver nanoparticles in *Allium cepa*. *Science of the Total Environment*, 407(19), 5243-5246.
- Lerma-García, M. J., Ramis-Ramos, G., Herrero-Martínez, J. M., Simó-Alfonso, E. F., 2010. Authentication of extra virgin olive oils by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 118(1), 78-83.
- López-Serrano, A., Olivas, R. M., Landaluze, J. S., Cámara, C., 2013. Nanoparticles: a global vision. Characterization, separation, and quantification methods. Potential environmental and health impact. *Analytical Methods*, 6(1), 38-56.
- Lu, K., 2009. A study of engineering freshmen regarding nanotechnology understanding. *Journal of STEM Education: Innovations-Research*, 10(1).
- Luo, D., 2005. Nanotechnology and DNA delivery. *MRS bulletin*, 30(9), 654-658.
- Luther, W., 2006. International strategy and foresight report on nanoscience and nanotechnology.
- Mamoori, M. A., 2015. Surface Cleaning By Plasma For Nanotechnology, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Melchert, W. R., Reis, B. F., Rocha, F. R., 2012. Green chemistry and the evolution of flow analysis. A review. *Analytica Chimica Acta*, 714, 8-19.

- Mie, R., Samsudin, M. W., Din, L. B., Ahmad, A., Ibrahim, N., Adnan, S. N. A., 2014. Synthesis of silver nanoparticles with antibacterial activity using the lichen *Parmotrema praesorediosum*. *International journal of nanomedicine*, 9, 121.
- Minhas, F. T., Arslan, G., Gubbuk, I. H., Akkoz, C., Ozturk, B. Y., Asikkutlu, B., Ersoz, M., 2018. Evaluation of antibacterial properties on polysulfone composite membranes using synthesized biogenic silver nanoparticles with *Ulva compressa* (L.) Kütz. and *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. Extracts. *International journal of biological macromolecules*, 107, 157-165.
- Mittal, A. K., Chisti, Y., Banerjee, U. C., 2013. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. *Biotechnology advances*, 31(2), 346-356.
- Moghimi, S. M., Farhangrazi, Z. S., 2013. Nanomedicine and the complement paradigm. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 9(4), 458-460.
- Mohammadlou, M., Maghsoudi, H., Jafarizadeh-Malmiri, H., 2016. A review on green silver nanoparticles based on plants: Synthesis, potential applications and eco-friendly approach. *International Food Research Journal*, 23(2).
- Moteriya, P., Padalia, H., Chanda, S. 2014. Green biosynthesis of silver nanoparticles using *Psidium guajava* L. leaf extract and antibacterial activity against some pathogenic microorganism. *J. Pharm Res.*
- Morones, J. R., Elechiguerra, J. L., Camacho, A., Holt, K., Kouri, J. B., Ramírez, J. T., Yacaman, M. J., 2005. The bactericidal effect of silver nanoparticles. *Nanotechnology*, 16(10), 2346.
- Moodley, J. S., Krishna, S. B. N., Pillay, K., Govender, P., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles from *Moringa oleifera* leaf extracts and its antimicrobial potential. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 9(1), 015011.
- Mousavi, B., Tafvizi, F., Zaker Bostanabad, S., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using *Artemisia turcomanica* leaf extract and the study of anti-cancer effect and apoptosis induction on gastric cancer cell line (AGS). *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 46, 499-510.
- Mbonyiryivuze, A., Zongo, S., Diallo, A., Bertrand, S., Minani, E., Yadav, L. L., Maaza, M., 2015. Titanium dioxide nanoparticles biosynthesis for dye sensitized solar cells application.
- National Nanotechnology Initiative, 2007. Strategic Plan, ([https://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/nni\\_strategic\\_plan\\_2007.pdf](https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_strategic_plan_2007.pdf), (Erişim Tarihi: 28.04.2019)
- Parashar, U. K., Saxena, P. S., Srivastava, A., 2009. Bioinspired synthesis of silver nanoparticles. *Digest Journal of Nanomaterials & Biostructures (DJNB)*, 4(1).

- Patil, M. P., Singh, R. D., Koli, P. B., Patil, K. T., Jagdale, B. S., Tipare, A. R., Kim, G. D. 2018. Antibacterial potential of silver nanoparticles synthesized using *Madhuca longifolia* flower extract as a green resource. *Microbial pathogenesis*, 121, 184-189.
- Pitkethly, M. J., 2004. Nanomaterials—the driving force. *Materials today*, 7(12), 20-29.
- Porter, A. L., Youtie, J., 2009. How interdisciplinary is nanotechnology? *Journal of nanoparticle research*, 11(5), 1023-1041.
- Prabhu, S., Poulouse, E. K., 2012. Silver nanoparticles: mechanism of antimicrobial action, synthesis, medical applications, and toxicity effects. *International nano letters*, 2(1), 32.
- Qidwai, A., Kumar, R., Dikshit, A., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles by seed of *Phoenix sylvestris* L. and their role in the management of cosmetics embarrassment. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 11(2), 176-188.
- Rai, M., Yadav, A., Cioffi, N., 2012. Silver nanoparticles as nano-antimicrobials: bioactivity, benefits and bottlenecks. In *Nano-Antimicrobials* 211-224.
- Raj, S., Mali, S. C., Trivedi, R., 2018. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Enicostemma axillare* (Lam.) leaf extract. *Biochemical and biophysical research communications*, 503(4), 2814-2819.
- Ramya, M., Subapriya, M. S., 2012. Green synthesis of silver nanoparticles. *Int J Pharm Med Biol Sci*, 1(1), 54-61.
- Rao, C. N. R., Muller, A., Cheetham, A. K., 2004. *The chemistry of nanomaterials* 1.
- Rivera-Rangel, R. D., González-Muñoz, M. P., Avila-Rodriguez, M., Razo-Lazcano, T. A., Solans, C., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles in oil-in-water microemulsion and nano-emulsion using geranium leaf aqueous extract as a reducing agent. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 536, 60-67.
- Roco, M. C., 2004. Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools. *AIChE Journal*, 50(5), 890-897.
- Sankar, R., Karthik, A., Prabu, A., Karthik, S., Shivashangari, K. S., Ravikumar, V., 2013. *Origanum vulgare* mediated biosynthesis of silver nanoparticles for its antibacterial and anticancer activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 108, 80-84.
- Seçkin U. G., 2019. Bazı üzüm çeşitlerinin kuruma özelliklerinin araştırılması ve orta nemli kuru üzüm elde edilmesi, Doktora Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye.
- Serrano, E., Rus, G., Garcia-Martinez, J., 2009. Nanotechnology for sustainable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2373-2384.
- Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S., Poinern, G., 2015. Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities. *Materials*, 8(11), 7278-7308.

- Shah, M., Poinern, G. E. J., Fawcett, D., 2016. Biosynthesis of silver nanoparticles using indigenous *Xanthorrhoea glauca* leaf extract and their antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus epidermis*. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 4(7), 2886-2892.
- Shameli, K., Ahmad, M. B., Zargar, M., Yunus, W. M. Z. W., Ibrahim, N. A., Shabanzadeh, P., Moghaddam, M. G., 2011. Synthesis and characterization of silver/montmorillonite/chitosan bionanocomposites by chemical reduction method and their antibacterial activity. *International journal of nanomedicine*, 6, 271.
- Shankar, S. S., Rai, A., Ahmad, A., Sastry, M., 2004. Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core–Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. *Journal of colloid and interface science*, 275(2), 496-502.
- Sharma, V. K., Yngard, R. A., Lin, Y., 2009. Silver nanoparticles: green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in colloid and interface science*, 145(1-2), 83-96.
- Siegrist, M., Stampfli, N., Kastenholz, H., Keller, C., 2008. Perceived risks and perceived benefits of different nanotechnology foods and nanotechnology food packaging. *Appetite*, 51(2), 283-290.
- Song, J. Y., Kim, B. S., 2009. Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts. *Bioprocess and biosystems engineering*, 32(1), 79.
- Taha, M., Hassan, M., Essa, S., Tartor, Y., 2013. Use of Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spectroscopy for rapid and accurate identification of Yeasts isolated from human and animals. *International journal of veterinary science and medicine*, 1(1), 15-20.
- Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., Parikh, R. Y., 2010. Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine*, 6(2), 257-262.
- Thirunavoukkarasu, M., Balaji, U., Behera, S., Panda, P. K., Mishra, B. K., 2013. Biosynthesis of silver nanoparticle from leaf extract of *Desmodium gangeticum* (L.) DC. and its biomedical potential. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 116, 424-427.
- Titus, D., Samuel, E. J. J., Roopan, S. M., 2019. Nanoparticle characterization techniques. In Green Synthesis. *Characterization and Applications of Nanoparticles* 303-319.
- Tunca, E. Ü., 2015. Nanoteknolojinin Temeli Nanopartiküller Ve Nanopartiküllerin Fitoremediasyon U. Ordu Üniversitesi. *Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 23-34.
- Vance, M. E., Kuiken, T., Vejerano, E. P., McGinnis, S. P., Hochella Jr, M. F., Rejeski, D., Hull, M. S., 2015. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein journal of nanotechnology*, 6(1), 1769-1780.
- Veisi, H., Azizi, S., Mohammadi, P., 2018. Green synthesis of the silver nanoparticles mediated by *Thymbra spicata* extract and its application as a heterogeneous and

recyclable nanocatalyst for catalytic reduction of a variety of dyes in water. *Journal of cleaner production*, 170, 1536-1543.

Wagner, A. J., Bleckmann, C. A., Murdock, R. C., Schrand, A. M., Schlager, J. J., Hussain, S. M., 2007. Cellular interaction of different forms of aluminum nanoparticles in rat alveolar macrophages. *The Journal of Physical Chemistry B*, 111(25), 7353-7359.

Wang, Z. L., 2001. Book Reprint-Characterization of Nanophase Materials. *Particle and Particle Systems Characterization*, 18(3), 142.

Waseda, Y., Matsubara, E., Shinoda, K., 2011. *X-ray diffraction crystallography: introduction, examples and solved problems*.

Webster, T. J., 2007. IJN's second year is now a part of nanomedicine history!. *International journal of nanomedicine*, 2(1), 1.

Xie, Y., Kocafe, D., Chen, C., Kocafe, Y., 2016. Review of research on template methods in preparation of nanomaterials. *Journal of Nanomaterials*, 2016, 11.

Yao, P., Zhang, J., Xing, T., Chen, G., Tao, R., Choo, K. H., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using grape seed extract and their application for reductive catalysis of Direct Orange 26. *Journal of industrial and engineering chemistry*, 58, 74-79.

Yer, M., 2012. Gümüş Nanopartiküllerin Sentezlenmesi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Yin, L., Colman, B. P., McGill, B. M., Wright, J. P., Bernhardt, E. S., 2012. Effects of silver nanoparticle exposure on germination and early growth of eleven wetland plants. *PLoS One*, 7(10), 74.

You, H., Yang, S., Ding, B., Yang, H., 2013. Synthesis of colloidal metal and metal alloy nanoparticles for electrochemical energy applications. *Chemical Society Reviews*, 42(7), 2880-2904.

Yousaf, S. A., Ali, S., 2008. Why Nanoscience and Nanotechnology? What is there for us? *J. of Faculty of Eng. Technol*, 5, 11-20.

Yu, G., Lieber, C. M., 2010. Assembly and integration of semiconductor nanowires for functional nanosystems. *Pure and Applied Chemistry*, 82(12), 2295-2314.

Zarrintaj, P., Moghaddam, A. S., Manouchehri, S., Atoufi, Z., Amiri, A., Amirkhani, M. A., Mozafari, M., 2017. Can regenerative medicine and nanotechnology combine to heal wounds? The search for the ideal wound dressing. *Nanomedicine*, 12(19), 2403-2422.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Sinan Özkan  
Doğum Yeri ve Yılı : Tekkeköy, 1992

Fotoğraf

### Eğitim Durumu

### Yıl

Lise	: Tekkeköy Lisesi	(2006-2010)
Lisans	: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü	(2011-2016)

### **Ulusal Kongrede Yayınlanan Bildiri**

Sinan ÖZKAN, Diğdem TRAK, Yasin ARSLAN, Fatma TOMUL, Erdal KENDÜZLER, Bakır(II) İyonlarının Amberlite CG-120 ile Zenginleştirme Şartlarının Araştırılması ve Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometre ile Tayini, VI. Ulusal Anorganik Kimya Kongresi, 18-21 Mayıs 2017, Burdur

### **Uluslararası Kongrede Yayınlanan Bildiri**

Sinan ÖZKAN, Diğdem TRAK, Burcu KABAK, Yasin ARSLAN, Erdal KENDÜZLER, Synthesis of Silver Nanoparticles Using Dimrit Grape Extract by Green Chemistry, 8th Black Sea Basin Conference on Analytical Chemistry, 9-11 May 2018, İstanbul