T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İLERİ MALZEMELER VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

NANO AKTİF MADDE YÜKLÜ KENEVİR KUMAŞININ GELİŞTİRİLMESİ VE *IN VITRO* DEĞERLENDİRMESİ

FATMA NUR KAÇAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Nesrin KORKMAZ

OCAK – 2025

YOZGAT

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İLERİ MALZEMELER VE NANOTEKNOLJİ ANABİLİM DALI

NANO AKTİF MADDE YÜKLÜ KENEVİR KUMAŞININ GELİŞTİRİLMESİ VE *IN VITRO* DEĞERLENDİRMESİ

FATMA NUR KAÇAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Doç. Dr. Nesrin KORKMAZ

OCAK – 2025

YOZGAT

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU

T.C.

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün İleri Malzemeler ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 91130622002 numaralı öğrencisi Fatma Nur Kaçan'nın hazırladığı "**Nano Aktif Madde Yüklü Kenevir Kumaşının Geliştirilmesi ve İn Vitro Değerlendirmesi**" başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 17/01/2025 Cuma günü saat 11:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.

Başkan **:** Doç.Dr. Nesrin KORKMAZ

Jüri Üyesi **:** Doç.Dr. Nesrin KORKMAZ

(Danışman)

Jüri Üyesi **:**Dr. Öğr. Üyesi Abdullah GÜL

Jüri Üyesi **:**Dr. Öğr. Üyesi Yusuf CEYLAN

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ……../……../….. tarih ve …… sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

…...../……../.....

Prof. Dr. Ümit BUDAK

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fatma Nur KAÇAN

17/01/2025

ÖN SÖZ

Üniversite hayatım boyunca lisans ve yüksek lisans eğitim dönemlerimde benim her zaman yanımda olan, her konuda destek sağlayarak ve danışmanlığımı üstlenen, araştırma konumunun seçilmesi, çalışılması ve sonuçlandırılmasına kadar her konuda katkı sağlayarak benim sürekli yanımda olan saygıdeğer hocam Doç.Dr. Nesrin KORKMAZ'a saygıyla ve içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında deneylerimde, laboratuvar çalışmalarımda, her konuda bana destek olarak çalışmalarıma ön bilgi sağlayan, her türlü bilgi ve destek veren saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Yusuf CEYLAN'a katkılarından dolayı saygıyla teşekkürlerimi sunarım.

Benim bu günlere gelmemi sağlayan ve bu seviyeye bu başarıya ulaşmamı sağlayan, beni maddi manevi her konuda destekleyen ve tez çalışma sürecimde her konuda moral motivasyon veren başta babam Ali KAÇAN annem Selda KAÇAN ve kardeşlerim olmak üzere tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Fatma Nur KAÇAN

17/01/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NANO AKTİF MADDE YÜKLÜ KENEVİR KUMAŞININ GELİŞTİRİLMESİ VE İN VİTRO DEĞERLENDİRMESİ

FATMA NUR KAÇAN

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İLERİ MALZEMELER VE NANOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. NESRİN KORKMAZ

Nanoteknoloji terimi, Yunanca cüce anlamına gelen nano sözcüğünden türetilmiştir ve mühendislik üretim ilkelerini moleküler düzeyde uygulamaktadır. Nanoteknoloji, tek atomlar veya moleküller arasında alt mikron boyutlara kadar yapısal özelliklere sahip kimyasal, fiziksel ve biyolojik sistemlerin çalışılmasını ve kullanılmasını, ayrıca ortaya çıkan nanoyapıların daha büyük sistemlerle çalışılmasını da içermektedir. Nanoteknoloji gelişmekte olan multidisipliner bir bilim alanıdır. Nanoteknolojinin doğuşu, tıp, kimya, fizik, biyoloji, genomik ve robotik alanlarında birçok çalışma alanını kapsamaktadır. Sahip olduğu yüksek yüzey hacim oranından dolayı uygun maliyetli, daha hızlı işleyen mekanik, kimyasal ve biyolojik bileşenler sağlamaktadır. Nanopartiküller (NP) gibi partikül sistemler, çeşitli ilaç moleküllerinin farmakokinetik, farmakodinamik özelliklerini değiştirmek ve iyileştirmek için fiziksel bir yaklaşım olarak kullanılmıştır. Şu anda, metal NP'lerin sentezi birçok fiziksel ve kimyasal yollarla yapılmaktadır. Çalışılan tüm kimyasal ve fiziksel yöntemler; enerjinin yoğun olarak kullanıldığı yollardır. Bu seçimler sentez çalışmalarını kolojik olarak tehlikeli ve daha maliyetli bir hale getirmekle birlikte biyoloji, tıp ve klinik alanda uygulamalarını daha aza indirmektedir. Son zamanlarda ortaya çıkan nanoteknoloji alanı, endüstriyel yapıda yenilikçi yöntemlerin uygulanmamasını sağlayarak gelişmekte olan alandır. Çeşitli sektörlerdeki artan talebi karşılamak için metal NP'lerin sentezi için ekonomik, ticari olarak uygulanabilir, basit, hızlı ve aynı zamanda çevre dostu sürdürülebilir bir yol ile çalışılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu durumun bir sonucu olarak son yıllarda yeşil sentez yöntemine yoğunlaşılarak birçok başarılı çalışma yürütülmüştür. Bu tez çalışmasında, yeşil sentez yöntemi kullanılarak kenevir atık yapraklarından gümüş ve bakır oksit NP'ler sentezlenerek kenevir kumaşlarına entegre edilerek ve bu nano aktif madde yüklü kumaşların biyolojik özellikleri *in vitro* şartlarda araştırılmıştır.

2025, xv + 78 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Nanoteknoloji, Bakır Oksit Nanopartikül, Gümüş Oksit Nanopartikül, Yeşil Sentez, Biyolojik Aktivite, Kenevir

ABSTRACT

MASTER THESIS

DEVELOPMENT AND IN VITRO EVALUATION OF NANOACTIVE SUBSTANCE LOADED HEMP FABRIC

FATMA NUR KAÇAN

YOZGAT BOZOK UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION

SCHOOL DEPARTMENT OF ADVANCED MATERIALS AND NANOTECHNOLOGY

SUPERVISOR: DOÇ. DR. NESRİN KORKMAZ

Nanotechnological terminology, the successive dwarfs that come from nano are derived from them and are applied at a level that meets engineering production policies. Nanotechnology includes the operation and classification of chemical, physical and biological systems with flexible structures down to submicron sizes between single atoms or molecules, and also the study of the resulting nanostructures with larger systems. It is a multidisciplinary field of science that develops with nanotechnology. The birth of nanotechnology includes many fields of study in medicine, chemistry, physics, biology, genomics and robotics. Due to its high surface-to-volume ratio, it provides suitable efficiency, faster-working mechanical, chemical and biological solutions. Diseases such as nanoparticles (NPs), pharmacokinetics of various drug molecules, pharmacodynamic properties were used as a physical treatment for change and distribution. Currently, the synthesis of metal NPs is broken down into many physical and chemical. All chemical and physical processes studied are energy-intensive industrial ways. These choices make the synthesis laboratory ecologically dangerous and better, but also reduce the recording in biology, medicine and clinical fields. The recently emerged field of nanotechnology is a field that develops by providing the application of advanced methods in industrial structures. In order to meet the increasing demand in various sectors, there is a need for an economical, commercially viable, simple, fast and at the same time environmentally friendly, sustainable way to work for the synthesis of metal NPs. As a result of this situation, many successful studies have been carried out in recent years by focusing on the green synthesis method. The initiation of this thesis was the synthesis of silver and copper oxide NPs from hemp wastes with the green synthesis method and their integration into hemp fabrics, and the biological properties of these nanoactive substance loaded fabrics were investigated *in vitro*.

2025, xv + 78 Pages

Keywords: Nanotechnology, Copper Oxide Nanoparticle, Silver Oxide Nanoparticle, Green Synthesis, Biological Activity, Hemp

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAY FORMU iii

TEZ BEYANI iv

ÖN SÖZ iv

ÖZET v

ABSTRACT vi

TABLOLAR LİSTESİ xi

ŞEKİLLER LİSTESİ xii

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ xiv

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 5

2.1.Nanoteknoloji 5

2.1.1.Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi 6

2.1.2 Nanoteknoloji Uygulama Alanları 8

2.2. Nanopartikül (NP) 11

2.3. Metalik Nanopartiküller 11

2.3.1. Gümüş Oksit Nanopartikül (AgO NP) 12

2.3.2. Bakır Oksit Nanopartikül (CuO NP) 13

2.4. Nanoteknik Tekstil 14

2.5. Yeşil Sentez 15

2.5.1. Bitkilerle Yeşil Sentez 16

2.6. Kenevir (Cannabis sativa) 17

2.6.1. Kenevir Uygulama Alanları 19

2.6.2. Kenevir Tıbbi Alanda Kullanımı 20

3. GEREÇ VE YÖNTEM 22
3.1.Gereç……..……22
3.1.1. Kenevir (*Cannabis sativa*) Bitkisinin Temini 22
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kumaşın Temini 22
3.1.3. Nanopartikül Üretiminde Kullanılan Kimyasallar 22
3.1.4. Antibakteriyel ve Antifungual Testtlerde Kullanılan Suşlar 23
3.1.5. Antibakteriyel ve Antifungual Testte Kullanılan Besiyerleri 23
3.1.6. Çalışmada Kullanılan Cihazlar 23
3.2. Yöntem……..... 23
3.2.1. Kenevir Bitki Özütünün Hazırlanması 23
3.2.2. AgO NP'lerin Yeşil Sentezi 24
3.2.3. CuO NP'lerin Yeşil Sentezi 24
3.2.4. NP'lerin Karekterizasyonu 25
3.2.4.1. UV-Vis Spektrofotometre Analizi……..…….....….25
3.2.4.2 FTIR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi……25
3.2.4.3 XRD (X-Işınları Difraktometresi) Analizi…….25
3.2.4.4. Enerji Dağılım Xışını Spektrometresi (EDX) Analizi……..25
3.2.4.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi……26
3.2.5. Antibakteriyel Çalışma 26
3.2.5.1. Bakteri Kültürlerinin Seçici Besiyerlerinde Kontrolü……26
3.2.5.2. Bakterilerin Ekimi……27
3.2.5.3. Bakteri Suşlarının Hazırlanması……...27
3.2.5.4. Besiyerlerine Bakterilerin Ekilmesi……..28
3.2.5.5. Kenevir Kumaşının Steril Edilmesi……..29
3.2.5.6. Nanopartiküllerin Konsantarasyonların Ayarlanması……..…29

3.2.5.7. AgO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antibakteriyel Aktivitesinin İncelenmesi……..30

3.2.5.8. AgO NP'lerin Disk Düfüzyon Testi…….30

3.2.5.9. CuO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antibakteriyel Aktivitesinin İncelenmesi…….....31

3.2.5.10. CuO NP'lerin Disk Düfüzyon Testi……31

3.2.6. Antifungual Çalışma 31

3.2.6.1. Besiyerlerin Hazırlanması 31

3.2.6.2. Fungus Ekimi 31

3.2.6.3. AgO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antifungual Aktivitesinin İncelenmesi..... 32

3.2.6.4 CuO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antifungual Aktivitesinin İncelenmesi 32

3.2.6.5. AgO NP'lerin ve CuO NP'lerin Antifungual Aktivitede Disk Difüzyon Testi..... 33

4. BULGULAR ve (TARTIŞMA)..... 34

4.1 NP'lerin Karakterizasyonları 34

4.1.1. AgO NP'lerin UV-Vis Spektrofotometre Analizi..... 34

4.1.2. AgO NP'lerin FTIR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi 35

4.1.3. AgO NP'lerin XRD (X-Işınları Difraktometresi) Analizi 36

4.1.4. AgO NP'lerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi..... 37

4.1.5. AgO NP'lerin Enerji Dağılım Xışını Spektrometresi (EDX) Analizi..... 38

4.1.6. CuO NP'lerin UV-Vis Spektrofotometre Analizi..... 38

4.1.7. CuO NP'lerin FTIR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi 39

4.1.8. CuO NP'lerin XRD (X-Işınları Difraktometresi) Analizi..... 41

4.1.9. CuO NP'lerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi 42

4.1.10. CuO NP'lerin Enerji Dağılım X-ışını Spektrometresi (EDX) Analizi..... 43

4.2. Antibakteriyel Aktivitenin Belirlenmesi 43
4.2.1. AgO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antibakteriyel Aktivitesi 43
4.2.2. AgO NP'lerin Disk Difüzyonda Antibakteriyel Etkisi 47
4.2.3. CuO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antibakteriyel Aktivitesi 49
4.2.4. CuO NP'lerin Disk Difüzyonda Antibakteriyel Etkisi 51
4.3. Antifungual Aktivitesinin Belirlenmesi 53
4.3.1. AgO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antifungual Aktivitesi 53
4.3.2. AgO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Disk Difüzyonda Antifungual Aktivitesi 55
4.3.3. CuO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antifungual Aktivitesi 57
4.3.4. CuO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Disk Difüzyonda Antifungual Aktivitesi 59
5. SONUÇ VE ÖNERILER 61
6. KAYNAKLAR 64

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo **Sayfa**

Tablo 2.1. Nanoteknolojinin kronolojik Sralaması 8
Tablo 2.2. Nanoteknoloji kullanım alanları 10
Tablo 3.1. NP'lerin konsantrayon miktarları 30
Tablo 4.1. AgO NP'lerin bakteriler üzerinde oluşan zon çap ölçümleri 45
Tablo 4.2. AgO NP'lerin disk difüzyon antibakteriyel testindeki zon çap ölçüleri 47
Tablo 4.3. CuO NP'lerin bakteriler üzerinde oluşan zon çap ölümleri 49
Tablo 4.4. CuO NP'lerin disk difüzyon antibakteriyel testindeki zon çap ölçüleri 52
Tablo 4.5. AgO NP'lerin kenevir kumaşında funguslara karşı inhibisyon zonları 54
Tablo 4.6. AgO NP'lerin disk difüzyon antifungual testindeki zon çap ölçüleri 56
Tablo 4.7. CuO NP'lerin kenevir kumaşında funguslara karşı inhibisyon zonlar 58
Tablo 4.8. CuO NP'lerin disk difüzyon antifungual testindeki zon çap ölçüleri 60

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. NP'lerin sentez yöntemleri 2
Şekil 2.1. Farklı malzemelerin nanoskala ölçüsü 6
Şekil 2.2. Yeşil sentez kaynakları 16
Şekil 2.3. Kenevir kullanım alanları 20
Şekil 3.1. Kenevir kumaşı 22
Şekil 3.2. Kenevir bitki özütünün çıkarılması 23
Şekil 3.3. AgO NP'lerin yeşil sentezi 24
Şekil 3.4. CuO NP'lerin yeşil sentezi 25
Şekil 3.5. Besiyerleri 26
Şekil 3.6 Besiyerleri üzerine bakteri ekimi 27
Şekil 3.7. Bakterilerin McFarland ayarlanması 28
Şekil 3.8. Bakteri ekimleri 29
Şekil 3.9. Steril edilmiş kenevir kumaş 29
Şekil 3.10. Çözünen NP'ler 30
Şekil 4.1. AgO NP'lerin UV-Vis analizi 34
Şekil 4.2. (a) Kenevir birki özütü, (b) Ag NP'lerin FTIR analizi 36
Şekil 4.3. AgO NP'lerin XRD analizi 37
Şekil 4.4. AgO NP'lerin SEM analizi 38
Şekil 4.5. AgO NP'lerin EDX Analizi 38
Şekil 4.6. CuO NP'lerin UV-Vis analizi 39
Şekil 4.7. (a) Kenevir birki özütü, (b) CuO NP'lerin FTIR analizi 41
Şekil 4.8. CuO NP'lerin XRD Analizi 42
Şekil 4.9. CuO NP'lerin SEM Analizi 43
Şekil 4.10 CuO NP'lerin EDX Analizi 43
Şekil 4.11. AgO NP'lerin kenevir kumaşında bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları.. 44
Şekil 4.12. AgO NP'lerin kenevir kumaşında antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi..... 45
Şekil 4.13. AgO NP'lerin disk difüzyonda bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları..... 47
Şekil 4.14. AgO NP'lerin disk difüzyon testinde antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi 48

Şekil 4.15. CuO NP'lerin kenevir kumaşında bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları 49
Şekil 4.16. CuO NP'lerin kenevir kumaşında antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi..... 51
Şekil 4.17. CuO NP'lerin disk difüzyonda bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları 52
Şekil 4.18. CuO NP'lerin disk difüzyon testinde antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi 53
Şekil 4.19. AgO NP'lerin kenevir kumaşında funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları.. 54
Şekil 4.20. AgO NP'lerin kenevir kumaşında antifungual etkisinin grafiksel gösterimi 55
Şekil 4.21. AgO NP'lerin disk difüzyonda funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları 55
Şekil 4.22. AgO NP'lerin disk difüzyonda antifungual etkisinin grafiksel gösterimi 57
Şekil 4.23. CuO NP'lerin kenevir kumaşında funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları 57
Şekil 4.24. CuO NP'lerin disk difüzyonda antifungual etkisi 59
Şekil 4.25. CuO NP'lerin disk difüzyonda funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları 59
Şekil 4.26. CuO NP'lerin disk difüzyonda antifungual etkisinin grafiksel gösterimi..... 60

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
µl	**:** Mikrolitre
Ag	**:** Gümüş
Al	**:** Aliminyum
Au	**:** Altın
°C	**:** Santigrat Derece
CdO	**:** Kadmiyum oksit
Co	**:** Kobalt
CuO	**:** Bakır Oksit
Dk	**:** Dakika
Fe	**:** Demir
FeO	**:** Demir oksit
g	**:** Gram
mg	**:** Miligram
mL	**:** Mililitre
Ni	**:** Nikel
nm	**:** Nanometre
Se	**:** Selenyum
ZnO	**:** Çinko oksit
Å	**:** Angstrom
Kısaltmalar	**Açıklamalar**
AgO NP	**:** Gümüş oksit nanopartikül

CBD : Kanabidiol

CNT : Karbon nanotüp

CuO NP : Bakır oksit nanopartikül

DNA : Deoksiribo Nükleik Asit

EDX : Elektromanyetik Veri Değişimi

FDA : ABD Gıda ve İlaç Dairesi

FTIR : Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi

M.Ö. : Milattan önce

McF : McFarland

NA : Nutrient Agar Besiyeri

NP : Nanopartikül

PDA : Potato Dextrose Agar besiyeri

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

Vb. : ve benzeri

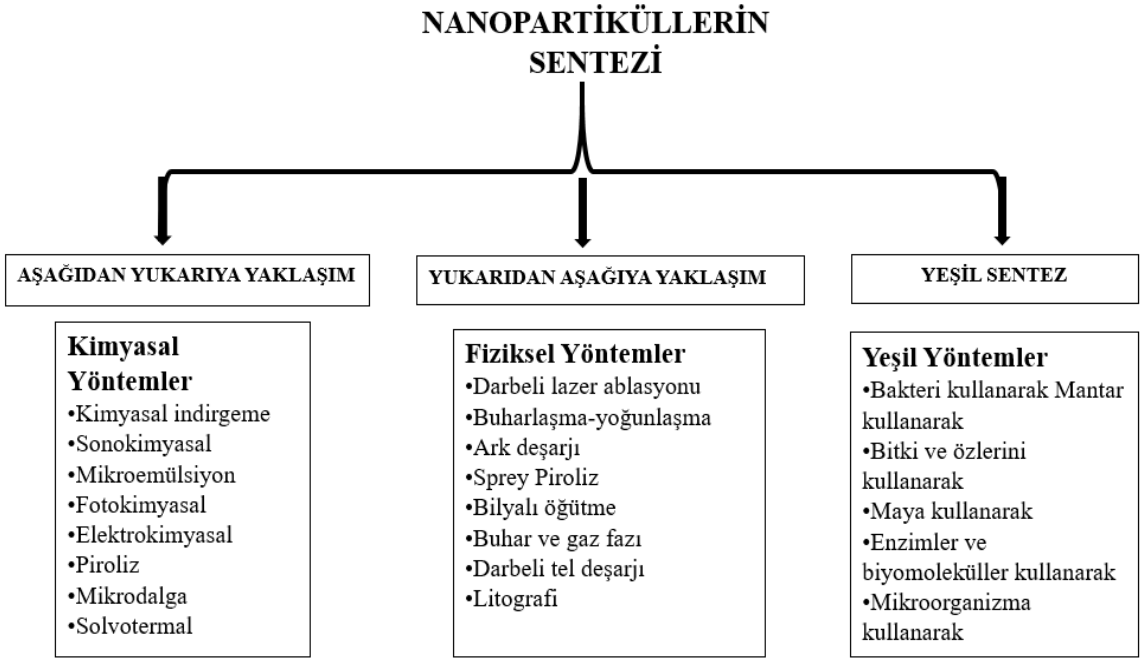
Vd. : Ve diğerleri

XRD : X-ışınları Difraksiyonu

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji 1-100 nm arasında parçacık büyüklüğüne sahip malzemeler üretmeyi ve geliştirmeyi amaçlayan bir bilim dalıdır. Nanoteknoloji, şekil ve boyutu nanometre ölçeğine indirerek yapıların imalatı, tasviri, işlenmesi gibi birçok alana yardımcı olarak kullanılan çalışma alandır (Emerich & Thanos, 2003). Nanoteknolojinin ekonomik, sürdürülebilir, çevre dostu olması ve basit uygulamalara yönelik bir teknoloji olmasının temel sebepleri; tıbbi gelişmelerde erken tanıların koyulmasında, doku mühendisliğinde minimal boyutta nanoperiküllerin (NP'lerin) kullanımı, yenilenebilir enerji de güneş panelleri ve pillerin verimliliğinin artırılmasında, geliştirilmiş kozmetik ürünlerinde, su artımında ve malzemelerin kendini onarımında hem ekonomik hem sürdürülebilirlik açısından nanoteknoloji önemli bir bilim dalıdır (El Naschie, 2006). Bu başlıca sebeplerden dolayı nanoteknoloji alanındaki çalışmalar geçmişten bu zamana kadar ilerleme göstermiştir (Logothetidis, 2012). Nanoteknoloji alanı, malzeme bilimlerindeki en güncel araştırma alanlarından birisidir. NP'lerin sentezi üzerine yapılan çalışmalar dünya çapında önemli ölçüde artış göstermektedir (Rafique vd., 2017). NP'ler, nanoteknolojinin yapı taşı olarak kabul edilerek 1–100 nm arasındaki boyutlarla çalışılır. Bu boyut aralıklarındaki partiküller binlerce yıldır birçok endüstri ve bilim insanları tarafından kullanılmıştır. NP'ler genel olarak inorganik ve organik NP'ler olmak üzere 2 grupta incelenmektedir. İnorganik NP'ler yarı iletken NP'leri (ZnO, CdO gibi), metalik NP'leri (Au, Ag, CuO, Al gibi) ve manyetik NP'leri (Co, Fe, Ni gibi) içerirken, organik NP'ler karbon NP'lerini yani fullerenler, kuantum noktaları, karbon nanotüpleri içermektedir. Organik ve inorganik NP'lerin yapısı geliştirilmiş elektrik iletkenliği, sertlik ve mukavemet gibi özellikler içerir. Bu özellikler, ambalaj malzemeleri, tekstil, tarım, savunma, gıda, güvenlik, elektronik, tıp, farmakoloji, hücre biyolojisi, moleküler kozmetikler, havacılık endüstrileri gibi alanlarda yaygın olarak uygulanmaktadır (Kango vd., 2013). Organik NP'lerden fullerenler kararlı yapıdadırlar ve oksijen üretmek için foto-uyarılmada birçok özelliğe sahiptirler. Karbon atomlarının beşgen ve altıgen yapılarının bir araya gelmesiyle oluşan fullerenler, kimyasal, fiziksel, elektriği iyi iletme özellikleri sebebiyle birçok alanda kullanılmaktadır. İlaç dağıtım sistemlerinde, antioksidan çalışmalarda, nanokompozit yapımında, koruyucu ekran kaplamlarında, Güneş enerji sistemlerinde, transistörlerde, lityum iyon pil tiplerinde, yakıt hücrelerinde ve otomotiv sanayi endüstrisi gibi çeşitli alanlarda fullerenler kullanılmaktadır (Wudl, 2002). Karbon nanotüpler (CNT'ler) ise yapısal olarak tek katmanlı ve çok katmanlı iki şekli vardır. Mekanik, elektriksel, termal, kimyasal özelliklere sahip çok yönlü malzemelerdir. Başlıca

kullanım alanları ise, elektronik uygulamalarında, iletken polimerlerde katkı maddesi olarak, ekranlarda yüksek parlaklık ve düşük güç tüketimi için ekrana dâhil edilmesinde, ilaç dağıtım sistemlerinde, gaz sensörlerinde, nano ölçekli mekanik sitemlerde, optik cihazlarda ve elektrotlarda verimliliği artırmak için katalizör desteği olarak kullanılmaktadır (Arı vd., 2012). Organik olan NP'lerin tıbbi uygulama alanları genellikle nanomedikal olarak isimlendirilir. Tıbbi alanda NP'ler; tanı koymada, emar (MR) taramalarında, kanser hücrelerinin çoğalmasını engellemede, doku mühendisliğinde kemik onarımında, aşılarda, yara iyileşmelerinde, rejeneratif tıp gibi birçok tıp alanında çeşitli görevleri üstlenerek kullanılmaktadır (Salata, 2004).



Şekil 1.1. NP'lerin sentez yöntemleri

Nanopartiküllerin sentezi için üç yaklaşım vardır. Bunlar "Yukarıdan aşağıya yaklaşım" "Aşağıdan yukarıya yaklaşım" ve "Yeşil sentez'dir (Şekil 1.1). Yukarıdan aşağıya yaklaşımda, uygun toplu malzeme farklı tekniklerle boyut küçültülerek ince parçacıklara ayrılır. Darbeli lazer ablasyonu, buharlaştırma-yoğunlaştırma, bilyalı öğütme, darbeli tel deşarj yöntemi vb. gibi yöntemlerle fiziksel yöntemler kullanılarak sentezlenebilir. Aşağıdan yukarıya yaklaşımda, NP'ler, atomların yeni çekirdeklere kendi kendine birleşmesi ile kimyasal yöntemler kullanılarak sentezlenebilir (Daniel & Astruc, 2004). NP'lerin üretimi için kullanılan geleneksel yöntemler pahalıdır, toksiktir ve çevre dostu değildir. Bu sorunların üstesinden gelmek için araştırmacılar, NP'lerin sentezi için kullanılabilecek yeşil sentez yöntemini, doğal olarak oluşan kaynakları ve ürünlerini bulmuşlardır (Pothukuchi

vd., 2024). Yeşil sentezde bitkilerin çeşitli kısımları(çiçek, yaprak, gövde, kök vb.) kullanılarak, bitki özleri, mantar, bakteriler, mayalar kullanılarak sentez yapılmaktadır.

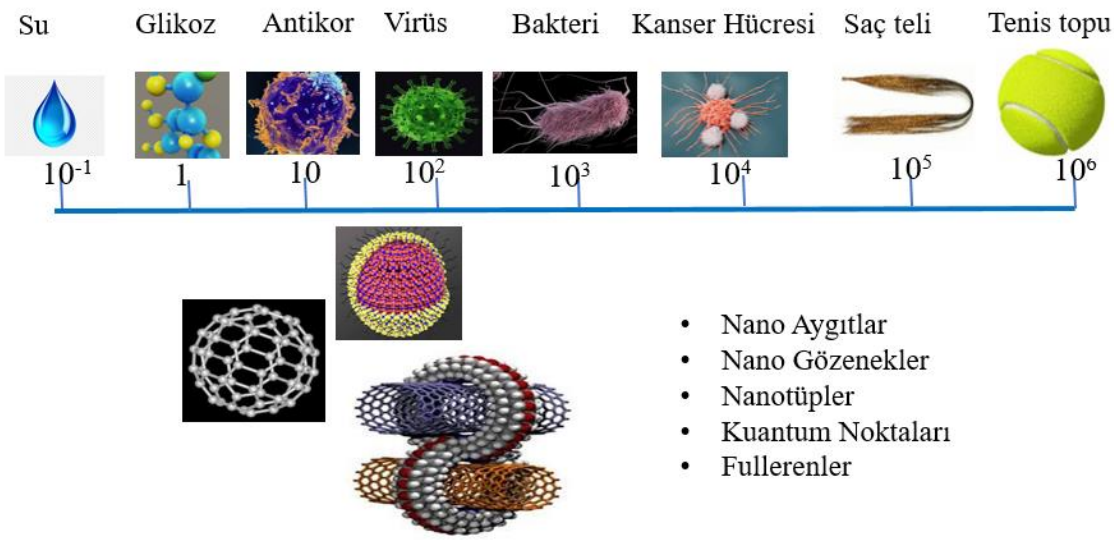
NP'ler kimyasal, fiziksel ve yeşil sentez yöntemleriyle sentezlenmektedir. Yüzeyde emilen bazı toksik kimyasalların varlığı sebebiyle kimyasal ve fiziksel yöntemlerde birçok olumsuz etki ortaya çıkmaktadır (Gericke & Pinches, 2006). Kimyasal ve fiziksel yöntemlerde; metal iyonlarının indirgenmesinde yer alan indirgeyici etkenler, üretilen NP'lerin toksik etkilerini engellemek için dengeleyici ajanlar, çevre ve hücre açısından riskli yöntemlerdir. Bu sebeple NP'lerin üretildiği yeşil sentez yönteminde, bu ajanlar kullanılan biyolojik organizmalarda, bitkilerde doğal olarak bulunurlar. Yeşil sentez yöntemi; çevre dostu, basit, ekonomik, tekrarlanabilir, sürdürülebilir, özellikleriyle metalik/metal oksit NP'lerin hızlıca sentezlenmesi ve daha net bir sonuç elde edilmesi açısından diğer sentez yöntemlerine kıyasla daha fazla kulanılmaktadır (Huston vd., 2021). Metal ve metal oksit NP'leri birçok araştırma alanını kapsayan fizikokimyasal özelliklere sahiptir. Metal NP'ler gelişmiş kimyasal, elektriksel, optik, termal, mekanik, elektromanyetik ve yüzey özelliklerine sahiptirler. Dahası, geniş yüzey alanları, kontrol edilebilir boyutları, morfolojileri sebebiyle çeşitli yöntemlerle sıkça sentezlenmektedirler. Metalik NP'ler biyomedikal, sanayi, optik, medikal, tekstil, kataliz, çevresel iyileştirme, moleküler algılama, tıp vb. çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Altın (Au), gümüş (Ag), platin (Pt), bakır (Cu), bakır oksit (CuO), nikel (Ni), nikel oksit (NiO), çinko (Zn), çinko oksit (ZnO) yaygın olarak kullanılan metal ve metal oksit NP'ler arasındadır (Sajid & Płotka-Wasylka, 2020). AgO NP'ler ve CuO NP'ler reaktiflik, katalitik aktivite, antibakteriyel, antimikrobiyal özellikleriyle birçok araştırmaya konu olmuş metal NP'lerdir (Xu vd., 2006). AgO NP'ler antimikrobiyal uygulamalarda, antibakteriyel uygulamlarda, DNA dizilimi gibi biyoloji alanında, biyosensör malzemelerinde, kompozit liflerde, süperiletken malzemelerde, tıbbi görüntülemede, ilaç dağıtım, tektsil, kozmetik ürünlerde ve elektronik bileşenler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. AgO NP'nin çok çeşitli mikroorganizmalara karşı güçlü bir toksisite sergilediği bilinmektedir. AgO NP'ler sağlık endüstrisinde, gıda depolamada, tekstil kaplamalarında ve çeşitli çevresel uygulamalarda antimikrobiyal ajan olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Abbasi vd., 2016). CuO NP'lerin de çeşitli uygulama alanları vardır. Farklı patojenik mikroplara karşı çok etkilidirler. CuO NP'ler antikanser, antibakteriyel ve antifungal aktiviteler göstermiştir. Antimikrobiyal aktiviteleri sebebiyle, farklı patojenik mantarlara ve bakterilere karşı koruma sağlamak için gıda koruma ve tarım alanlarında da kullanılmaktadır. Ayrıca CuO NP'ler tarım alanında nano gübre, nano böcek

ilaçları, bitkilerde büyümeyi teşvik edici yardımcı etmenlerde, atık su arıtımında ve topraktan ağır metallerin uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. CuO NP'ler, elektriğin iyi bir iletkenidir, bu sebeple süper iletken olarak kullanılırak, modern elektronik çalışma alanına önemli bir katkı sağlamaktadır (Chakraborty vd., 2022). AgO NP ve CuO NP bu özelliklerinden dolayı tez çalışmamıza konu olmuştur. NP'ler tekstil endüstrisinde çok yönlü uygulamalara sahiptirler. Kir tutmama, leke direnci, alev geciktiricilik, kırışıklık direnci, nem yönetimi, antibakteriyel etkiler, UV koruması, boyanabilirliğin iyileştirilmesi gibi özellikleri elde etmek için NP'ler kullanılmaktadır. NP'leri bir tekstile dâhil etmek, büzülme, mukavemet, elektriksel ve termal iletkenlik dâhil olmak üzere bir dizi fiziksel özelliği de etkilemektedir. Tekstilde şu anda kullanılan nanomalzemeler; nanofiberler yüzey lifleri, NP'ler, nanokompozitler, kuantum noktaları ve CNT'ler tekstil kumaşlarına farklı yöntemlerle uygulanmaktadır. Kaplama, NP'leri tekstillere uygulamak için kullanılan yaygın bir tekniktir. Tekstillerin yüzeyini değiştirebilen kaplama bileşimleri genellikle NP'lerden, bir yüzey aktif maddeden, diğer bileşenlerden ve bir taşıyıcı ortamdan oluşmaktadır (Mishra vd., 2014). Bu çalışmamızın amacı sürdürülebilir bir bitki olan kenevirin atıklarının değerlendirilerek NP sentezi gerçekleştirmek ve yine kenevirin kendi lifinden elde edilen kumaşa bu nano aktif maddeleri entegre ederek *in vitro* ortamda biyolojik özellikllerini incelemektir. Bu çalışma kenevir kumaşlarını ve bunların farklı ölçülerde NP emdirilmesiyle kenevir kumaşının antibakteriyel özelliklerini geliştirmek için çok faydalıdır. Bu amaç doğrultusunda bu tez çalışmamızda kenevir atık yapraklarından AgO ve CuO NP'ler yeşil sentez yöntemi ile başarılı bir şekilde sentezlenerek çeşitli spektroskopik ve mikroskobik teknikler kullanılarak karakterize edilmiştir. Karakterizasyonları tamamalanan bu NP'ler kenevir kumaşına nano aktif madde olarak entegre edilerek NP'lerin kenevir kumaşındaki etki mekanizmalarını incelenerek kumaşın antibakteriyel ve antifungual özellikleri *in vitro* ortamında değerlendirilmiştir. AgO NP ve CuO NP gibi çevre dostu ve yenilenebilir malzemelerin indirgeyici ve dengeleyici ajanlar olarak kullanılması, temiz bir teknolojinin geliştirilmesini sağlayacaktır. Bu sebeple NP etkili kenevir kumaşının potansiyel biyomedikal ve çevresel uygulamaları zamanla birçok çalışmada karşımıza çıkacaktır (Raza vd.,2015).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji, atomik, moleküler ve makromoleküler ölçekteki araştırma gruplarını ifade ederek 100 nm'nin altındaki ölçeklere sahip yapıların ve cihazların kontrollü bir şekilde çalışılmasını ve incelenmesi sağlamaktadır (Şekil 2.1) (McNeil, 2005). Nanoteknoloji, birden fazla işlevi tek bir nano ölçekli yapılara birleştirebilen yapılar sağlayarak, ayrıca hastalık durumlarıyla ilişkili moleküler ve hücresel değişiklikleri izleme ve tespit etme fırsatıda sunmaktadır (Navrotsky, 2003). Nanoteknoloji alanı, tek atomlar veya moleküller arasında alt mikron boyutlara kadar indirerek yapısal özelliklere sahip kimyasal, fiziksel ve biyolojik sistemlerin yansıtılmasını, kullanılmasını ve ayrıca ortaya çıkan nanoyapıların daha büyük sistemlere asimilasyonunu içermektedir (Daniel & Astruc, 2004). Bu bilim üzerine yapılan çalışmalar ve bulgular görüntüleme, biyoinformatik sistem biyolojisindeki ilerlemelerle bir araya gelerek, biyolojinin en zorlu biyokimyasal ve genetik sorularından bir kısmının çalışılması konusunda bir umut vaat etmektedir. Her ne kadar bugün biyoloji bir dizi teknolojik gelişmeden yararlansada, son zamanlarda temel araştırma, ilaç geliştirme ve klinik tıpta nanoteknoloji çalışmlarına yoğunlaşılmıştır. Nanobilim, en büyük moleküller ile mevcut fotolitografi ile üretilebilen en küçük yapılar arasında boyuttaki nesneleri ortaya çıkan bilimdir (Panigrahi vd., 2004). Kimyada, bu boyut aralığı tarihsel olarak kolloidler, misel, polimer molekülleri, blok kopolimerlerdeki faz ayrılmış bölgeler ve benzer yapılarla ilişkilendirilmiştir. Fizik ve elektrik mühendisliğinde, nanobilim çoğunlukla kuantum davranışı ve nano ölçekli yapılardaki elektronların ve fotonların davranışıyla ilişkilendirilir. Biyoloji ve biyokimya da hücrenin bileşenleri olarak nano yapılara derin bir ilgi duymaktadır. Biyolojideki en ilginç yapıların çoğu DNA'dan virüslere, hücre altı organellere ve boşluk bağlantılarına kadar nano yapılar olarak düşünülebilmektedir (Dowling vd., 2004). Nanobilim artık son on yıldır günümüze kadar olan birçok çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Nanobilimde biyomoleküllerin tam ölçeğinde faaliyet gösteren nanoteknoloji, çok çeşitli araçlar ve uygulamalar sunmaktadır. Nanobilim ve teknoloji, bir metrenin milyarda birine (nanometre) kadar ölçülere sahip malzemeler ve yapılarla ilgilenir. Malzemelerin çok sayıda temel özelliği, 10 ila 200 Aº aralığındaki uzunluk ölçekleriyle tanımlanır. Bir katı, en az boyutunun bir özelliğinin uzunluk ölçeğinden daha küçük olacak şekilde üretildiğinde, bu özellik sınırlandırılarak kuantum kristali olarak bilinen yapıların boyutuna ve şekline bağlı kalmaktadır (Braun vd., 1997).



Şekil 2.1. Farklı malzemelerin nanoskala ölçüsü

2.1.1. Nanoteknolojinin Tarihsel Gelişimi

"Nanoçağ"ın başlamasından çok önce, insanlar çeşitli nano boyutlu nesneler ve ilgili nanomalzemelerin süreçleriyle karşılaşmışlardır ve bunları pratikte kullanmışlardır. Ancak, eski zamanlarda nanoteknoloji alanında nesnelerin ve süreçlerin doğası hakkında yeterli bigi olmadığından zaman içerisinde kendiliğinden gelişmiştir. Örneğin, çeşitli maddelerin küçük parçacıklarının, daha büyük parçacık boyutuna sahip aynı maddelerinkinden farklı özelliklere sahip olduğu uzun zamandır biliniyordur, ancak bu özelliklerin sebebinin kaynağının ne olduğu tam olarak bilinmiyordur. Birçok durumda, nano üretimin sırları, alınan malzemelerin ve onlardan türetilen ürünlerin benzersiz özelliklerini edinme sebeplerine girilmeden, nesilden nesile aktarılmıştır (Tolochko, 2009). Modern nanoteknoloji, 1965 Nobel Fizik Ödülü sahibi Richard Feynman'ın buluşuydu. Caltech'teki 1959 Amerikan Fizik Derneği toplantısında, "Altta Çok Yer Var" başlıklı bir konferansta maddeyi atom seviyesinde manipüle etme şekli tanıtıldı. Bu yeni fikir, yeni düşünme yollarını gösterdi ve Feynman'ın hipotezleri o zamandan beri doğrulandı. Bu sebeplerden dolayı modern nanoteknolojinin babası olarak kabul edildi (Hulla vd., 2015). Feynman'ın konferansından yaklaşık 15 yıl sonra, Japon bilim insanı Norio Taniguchi, bir nm ölçeğinde gerçekleşen yarı iletken işlemlerini tanımlamak için "Nanoteknoloji" terimini kullanan ilk kişi oldu (Tablo 2.1). Nanoteknolojinin, bir atom veya bir molekül tarafından malzemelerin işlenmesi, ayrılması ve deformasyonundan oluştuğunu savundu (Iijima, 1991). Nanoteknoloji, bilim insanlarının nanometre ölçeğinde inşa edilen atomik ve moleküler

toplulukların benzersiz özelliklerini farklı alanlarda kullanmasıyla 21. yy. başlarındaki kritik araştırma çabalarından biri haline gelmiştir. Bu parçacıkların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini manipüle etme yeteneği, araştırmacılara nano parçacıkları ilaç dağıtımı, görüntüleme ajanları olarak ve teşhis amaçlı rasyonel bir şekilde tasarlama ve kullanma yeteneği sağlamaktadır (Nasrollahzadeh vd., 2019). Nanoteknolojinin en basit tanımı "nano ölçekte teknoloji" olarak adlandırılmıştır. Daha sonra, nanoteknolojinin çeşitli tanımları ve isimleri ortaya çıkmıştır. Bu orijinal tanımın, nano ölçekle kastedilenin tanımı gibi daha fazla geliştirme ve değiştime uğramıştır. Nanoteknolojinin kısa tanımı, "atomik olarak hassas bir teknoloji" veya "atomik hassasiyetle mühendislik" olarak ilerleyen zamanlarda yeni bir hal almıştır (Bhushan, 2017). Nanoteknoloji, bileşenleri ve yapıları nano ölçek boyutunda olması sebebiyle yeni, önemli ölçüde iyileştirilmiş kimyasal, fiziksel, biyolojik özellikte çalışmalar, öneriler sunan sistemler ve malzemelerle bağlantılı olmuştur. Nanoteknoloji, kolloidal bilim, kimya, fizik, biyoloji, tıp ve diğer bilimsel alanlardaki teknoloji alt sınıflandırması içinde yer alan bir bilim dalıdır ve nanometre ölçeğindeki olayların incelenmesini kapsamaktadır (Silva, 2004).

Tablo 2.1. Nanoteknolojinin kronolojik sralaması

1959:	Richard Feynman'ın konferans verdi.
1974:	Aviram ve Seiden ilk moleküler elektronik aygıt için patent aldı.
1981:	G.K. Binnig ve H. Rohrer atomları tek tek görüntüleyebilmek için Taramalı Tünellemeli Mikroskobu (STM) icat edildi.
1985:	R. Curl Jr. , H. Kroto, R. Smalley C60 'ı kesfettiler.
1987:	T.A. Fulton ve G.J. Dolan ilk defa tek elektron transistorü yapıldı.
1988:	W. De Grado ekibiyle beraber suni protein yaptı.
1989:	Scweizer ve Eigler IBM logosunu nikel bir yüzey üzerinde duran zenon(35 Xe atomu) atomlarının yerlerini düzenleyerek yazdılar.
1991:	Japon Lijima çok duvarlı karbon nanotüpleri keşfetti.
1993:	Lijima ve Bethune tek duvarlı karbon nanotüpleri kesfettiler. 1997: N. Seeman ilk kez DNA molekülünü kullanarak nanomekanik aygıt yaptı, ve aynı yıl içinde Rice Üniversitesinde (ABD) Nanoteknoloji laboratuarı kuruldu.
1997:	N. Seeman ilk kez DNA molekülünü kullanarak nanomekanik aygıt yaptı, ve aynı yıl içinde Rice Üniversitesinde (ABD) Nanoteknoloji laboratuarı kuruldu.
1999:	M. Reed ve J.M. Tour ilk defa tek organik molekül ile elektronik anahtar yaptılar.
2001:	ZnO nanotel laseri yapıldı.
2002:	Süperörgü nanoteller yapıldı.
2005:	Dört tekerlekli nano araba modeli hareket ettirildi.
2008:	Hücre içi analizler için nanaoyapıların yapımı
2015:	Yapay sistemlerin kendi kendini onarması
2021:	Vücudun içinde nanoyapılar

2.1.2. Nanoteknoloji Uygulama Alanları

Nanometre ölçeğindeki nano malzemelerin sahip oldukları üstün fiziksel özellikleri kullanılarak birçok alanlarda teknolojik olarak gelişmiş özellik gösteren ürünler ve çalışmalar yapılmıştır (Özdoğan vd., 2006). Nanoteknoloji, sağlık, gıda, kozmetik, elektrik, tekstil, optik, fizik, kimya, farmakoloji sanayi ve endüstri gibi birçok alanda faaliyet

göstermektedir. Kozmetik ürünler, deterjanlar, diş macunları, sabunlar, şampuanlar, ilaçlar ve farmasötik ürünler gibi ürünlerde bulunan birçok metal parçacığı doğrudan insanla temas etmektedir. Altın, Hindistan ve Çin'de ilaçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bhattacharya & Mukherjee, 2008). Altın NP'leri birçok teşhis ve ilaç verme amacıyla kullanılmaktadır. Bunun dışında, gümüş, bakır, demir NP'leri gibi diğer metal NP'leri de ayırma bilimi ve yeni ilaç verme sistemi gibi çeşitli biyomedikal uygulamalar için kullanılmaktadır (Sykora vd., 2010). Gümüş, antimikrobiyal ve inflamatuar potansiyeli ile iyi bilinmektedir. Bu özellik, daha hızlı yara iyileşmesini artırmak için seçici olarak kullanılır ve yara pansumanında, farklı farmasötik formülasyonlarında ve tıbbi implant kaplamalarında kullanılmaktadır. Platin NP'leri gibi diğer metal NP'ler de sağlık açısından, yararlı etkileri değerlendirilerek saf formda, tek başına veya diğer metal NP'lerle birleşimi halinde metal alaşımlı olarak biyomedikal uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanılmıştır. CuO NP çoğunlukla antimikrobiyal, biyosit özellikleri nedeniyle ilgi çekmiştir ve birçok biyomedikal uygulamada kullanılmışlardır. CuO NP benzersiz optik, elektriksel ve manyetik özelliklere sahip bir yarı iletken metaldir ve süper kapasitörlerin, yakın kızılötesi filtrelerin, manyetik depolama ortamlarının, sensörlerin, katalizlerin, yarı iletkenlerin vb. geliştirilmesi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmıştır (Grigore vd., 2016). Her bir metal NP'lerin farklı fiziksel ve kimyasal özellik göstermesinden dolayı çeşitli alanlarda kullanılmışlardır (Tablo 2.2). Metal NP'lerin kullanımı biyomedikal ve ilgili disiplinlerde dünya çapında sürekli artış göstermektedir (Jamkhande vd., 2019).

Tablo 2.2. Nanoteknoloji kullanım alanları

Biyomedikal, Tıp	• Antibakteriyel kremler ve tozlar (AgO) • İmplantlar için biyouyumlu kaplamalar • Biyoetiketleme ve tespit (Au, Ag, Kuantum noktaları) • Biyosensörler (metal oksit, polimer NP'ler, • Kemik büyüme promotörleri (hipoksiapatit seramikler) • Kanser teşhisi ve hedefli ilaç dağıtımı (manyetik NP'ler) • Hücre, reseptör, antijen, enzim görüntüleme (Kuantum noktaları) • Fungisitler (ZnO, Cu_20) • Gen dağıtımı • MRI kontrast maddeleri (Fe_2O_3, Fe_3O_4) • Diş kompozitleri
Tüketim Malları ve Kişisel Bakım Ürünleri	• Boyalarda ağartma önleyici, çizilmeye karşı direnç katkı maddeleri • Çizilmeye karşı kaplamalı fayanslar (alümina) • Bariyer ambalajları (silikatlar) • Parlama önleyici, buğu önleyici aynalar için cam kaplamaları (TiO_2) • Antioksidan vitaminli cilt kremleri (nanokapsüller) • Güneş kremleri (ZnO ve TiO_2) • Tenis topları, raketler (nanokiller, karbon nanotüpler)) • Su ve leke tutmayan tekstiller
Mühendislik ve Sanayi	• Kimyasal sensörler • İletken/manyetik mürekkepler (metal tozları) • Termal sprey kaplama teknikleri (TiO_2, TiC-Co) • Alev geciktirici polimer formülasyonları (nanokil) • Pigmentler (metaller ve metal oksitler) • Polimer kompozitler (nanokil, TiO_2, SiO_2) • Bujiler (metal ve seramik tozları) • Aşınma/aşınmaya dayanıklı kaplamalar (alüminyum)
Gıda	•Gıda ve içeceklerdeki tatlar ve renkler (nanokapsüller) • Kızartma yağı rafinasyon katalizi (seramikler) • Gıda ambalaj malzemeleri (nanokiller, SiO_2, TiO_2, Ag) • Nötrasötik iletim (lipozomlar, blok kopolimer misel) • Gıda patojeni algılama
Güç ve Enerji	• Çeşitli yakıt teknolojileri için katalizörler (metaller ve metal oksitler) • Yakıt hücrelerinde bipolar plakalar için iletken polimerler • Boya duyarlı güneş hücreleri (TiO_2, ZnO, Au) • Çevresel katalizörler (TiO_2, CeO_2, dizel katkı maddesi olarak) • Yakıt hücresi katalizörleri (PEM hücrelerinde Pt) • Hidrojen depolama (metal hidritler) • Pillerde ve süper kapasitörlerde geliştirilmiş elektrotlar • Termal kontrol sıvıları (Cu)

2.2. Nanopartikül (NP)

NP'ler nanoteknolojinin temel yapı taşları olarak kabul edilmektedirler. NP'ler gibi mikro ölçekteki nesneler, toplu ölçekte görülenlerden belirgin şekilde farklı yeni özellikler ve işlevler üstlenmektedir. NP'lerin küçük boyutu, yüzey şekillendiribilir oluşu, geliştirilmiş çözünürlüğü ve çok yönlü işlevselliği, biyololoji, tıp, kimya, fizik, endüstri, optik gibi birçok alan için çokça yeni araştırma yolu açmaktadır (McNeil, 2005). Nanomalzemelerin yeni özellikleri, karmaşık biyolojik işlevlerle yeni şekillerde etkileşime girme yeteneği sunarak biyomoleküllerin tam ölçeğinde çalışırak hızla büyüme ve gelişme gösterir. Disiplinler arası araştırmacılara kanser tedavisi gibi tam tedavisi bulunamayan hastalıkların tıbbi uygulamalarına yardımcı olabilen çok işlevli NP'lerin tasarlama ve geliştirilmesine fırsat vermektedir. NP'lerin yüzey modifikasyonları, değiştirilmemiş yüzeylere sahip aynı NP'lerden çok farklı kimyasal ve/veya biyolojik özelliklere sahip ajanlar oluşturabilir (Russo vd., 2008). Bu özelliklerde NP'lerin multidisipliner alanda birçok çalışmanın ortak ve etkin bir şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır.

2.3. Metalik Nanopartiküller

Metalik NP'ler çok uzun süreden beri bilim insanlarında merak uyandırmıştır. Biyomedikal bilimler ve mühendislikte yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Metal NP'ler tartışmasız en çok çalışılan NP sistemleri sınıfıdır. İlk çalışmalar 19. yüzyıla kadar uzanır ve Michael Faraday'ın 1850'lerde kolloidal altın sentezini içerir. Mie, 1908 yılında ışığın metal NP'ler etkileşimini tanımladı (Talapin & Shevchenko, 2016). Nanoteknolojideki artı potansiyelleri nedeniyle ilgi odağı haline gelmişlerdir. Günümüzde bu malzemeler, antikorlar, ligandlar ve ilgi duyulan ilaçlarla konjuge edilmelerine imkân sağlayan çeşitli kimyasal fonksiyonel gruplarla sentezlenebilmektedir. Biyoteknoloji, manyetik ayırma ve hedef analitlerin ön konsantrasyonu, hedefli ilaç dağıtımı, gen ve ilaç dağıtımı için taşıyıcıların yanı sıra tanısal görüntülemede geniş bir potansiyel uygulama alanı gelişmektedir (Mody vd., 2010). Metalik NP'ler, elektronik, kozmetik, kaplama, paketleme ve biyoteknoloji gibi farklı alanlarda birçok uygulamalara sahiptir. Örneğin, NP'ler genellikle erimeden, nispeten daha düşük sıcaklıklarda katı bir maddeye dönüşebilir ve bu da elektronik uygulamalar için geliştirilmiş, kolay kaplamalara yol açmaktadır. Metalik NP'lerin sentezi için iki yöntem vardır: yukarıdan aşağıya yaklaşım ve aşağıdan yukarıya yaklaşım olmak üzere iki yöntemle kolayca sentezlenebilir. Aşağıdan yukarı yaklaşımda nanoyapıların oluşumuna yol açan daha fazla kendi kendine montaj süreciyle malzeme bileşenlerinin zayıflatılmasını içerir.

Kendi kendine montaj sırasında nanoskalada çalışan fiziksel kuvvetler, birimleri büyük kararlı yapılara birleştirmek için kullanılmaktadır. Tipik örnekler arasında kuantum noktası ve kolloidal dispersiyondan NP'lerin oluşumu verilebilir (Rampino & Nord, 1941). Yukarıdan aşağıya yaklaşımda nanoyapıların işlenmesinde harici olarak kontrol edilebilen makroskobik yapıları içerir. Örneğin bilyalı öğütme, şiddetli plastik deformasyon uygulamalarıdır. Yukarıdan aşağıya yaklaşımda büyük ölçekteki numunelerin nanoölçeğe indirilmesi ile oluşur. Aşınma veya öğütme, yukarıdan aşağıya bir yöntem türüdür. Üretimi hızlıdır fakat büyük ölçekli üretime uygun değildir. Aşağıdan yukarıya yaklaşımda atomlar veya moleküllerle başlar ve nanoyapılara kadar inşa edilir. Burada ise üretim çok daha az maliyetlidir. Periyodik tablodaki tüm metallerin NP olarak sentezlenmesi metalin özelliğine ve seçilen sentez yöntemine göre değişklik gösterebilir. Literatürde altın (Au), gümüş oksit (AgO), demir oksit (FeO), kadmiyum oksit (CdO), selenyum (Se), çinko oksit (ZnO), bakır oksit (CuO) vb. metaler/metal oksit gibi toksik etki göstermeyen kimyasal tepkimeye hızlıca giren ve kolayca sentezlenebilen NP'lerin bitkilerle, alglerle ve funguslarla birlikte sentezlenebildiği de rahatça görülmüştür (Singh vd., 2016). Tipik olarak, NP'ler ışığın kritik dalga boyunun altında bir dalga boyuna sahiptirler. Bu, onları şeffaf hale getirir ve bu özellik onları kozmetik, kaplama ve paketleme uygulamaları için çok kullanışlı hale getirmektedir (Kumar vd., 2018). Metalik NP'ler, DNA'nın tek zincirlerine tahribatsız bir şekilde bağlanabilir. Bu, tıbbi teşhis uygulamaları için farklı tedavi yöntemlerine yardımcı olur (Thakkar vd., 2010).

2.3.1. Gümüş Oksit Nanopartikül (AgO NP)

Saf gümüş yüksek termal, elektriksel iletkenlik ve nispeten düşük temas direncine sahip olmaları onu elektronikte popüler bir seçenek haline getirmiştir. Dayanıklı bir geçiş elementi olan Ag; nadir (elementler arasında bolluk bakımından 67. sırada), çekici beyaz metalik parlaklığı sebebiyle uzun zamandır mücevher, para, gümüş eşya olarak kullanılmış ve hala günümüzde de birçok kullanımı devam etmektedir. Metal gümüşün kullanımı Neolitik devrimden önceki zamanlara kadar uzanmaktadır (Artz & Soroff, 1955). Geniş kullanım alanları arasında antimikrobiyal aktivitesi büyük ilgi görmektedir. Ag'nin tıbbi kullanımı da çok eskidir. Gümüş nitrit 17. ve 18. yüzyıllarda ülser tedavisinde uygulanmıştır (Klasen, 2000). Yanık hastalarının tedavisinde gümüş sülfat (Ag_2SO_4) kullanılmış ve bugün bile gümüş sülfattan yapılan krem yanık tedavileri için en yaygın kullanılan ilaç olmaya devam etmektedir. Ancak Ag'e uzun süre maruz kalmak vücutta Ag birikmesine neden olabilir ve bu da ciltte ve gözlerde alerjiye yol açmaktadır (Drake & Hazelwood, 2005). Bu sebeple

penisilin ve sefalosporin gibi daha fazla yeni antibiyotiklerin keşfi ile Ag'e olan tıbbi ilgi İkinci Dünya Savaşı döneminde bir azalma göstermiştir. Yakın zamanlarda, AgO NP'lerin uygulanabilir fotofiziksel özellikleri, optik ve spektroskopik teknikler yoluyla verimli bir şekilde çalışılabilirliği ve NP sentez üretimindeki hızlı ilerlemeler bu NP'leri fotonikten biyomedikal uygulamalarına kadar gelişen nanoteknoloji araştırmaları yoğunluk kazanmıştır (Huang vd., 2008; Shrivas, vd., 2008). Son zamanlarda antibiyotiklerin kötüye kullanımı nedeniyle çoklu dirençli bakteri suşlarının sayısında büyük artış meydana gelmiş ve AgO NP'lerin antibakteriyel uygulamada çok iyi bir performans göstermesinden dolayı Ag'ye olan ilgi tekrardan artarak bu alandaki çalışmalara yoğunlaşılmıştır. Son derece küçük boyutta olmaları sebebiyle AgO NP'ler, yüksek yüzey enerjisi ve daha olası reaktif alanlar sunan büyük yüzey alanına sahiptir. Bu özellikler, AgO NP'leri katalizde en umut verici malzemelerden biri haline getirmektedir (Ai vd., 2011). AgO NP'ler olağanüstü kimyasal, fiziksel, biyolojik özellikleri ve çoklu uygulanmaları sebebiyle çok önemlidir (Yu vd., 2013). Antibakteriyel ajanlar olarak AgO NP'ler, tıbbi cihazların ve ev aletlerinin dezenfekte edilmesinden su arıtımına kadar çok çeşitli uygulamalarda kullanıma sahiptir. Ag'nin antimikrobiyal özelliği Ag miktarı ve salınan Ag oranıyla ilişkili olarak değişmektedir. Ag metalik haldeyken etkisizdir ancak ciltteki nem ve yaranın sıvısıyla reaksiyona girerek iyonlaşır. İyonlaşmış Ag oldukça reaktif haldedir, çünkü doku proteinlerine bağlanarak bakteri hücre duvarı ve nükleer membranında yapısal değişikliklere sebep olarak hücre bozulmasına ve ölümüne yol açmaktadır. Ag ayrıca denatüre ederek bakteri DNA'sına ve RNA'sına bağlanarak bakteri çoğalmasını engellemektedir. (Rai vd., 2009). Dahası, bu durum tekstil endüstrisini farklı tekstil kumaşlarında AgO NP kullanmaya da teşvik etmiştir. Bu yönelimde, kumaşın içine entegre edilmiş AgO NP'ler içeren Ag nanokompozit lifler hazırlanmaktadır (Yeo vd., 2003; Abou El-Nour vd., 2010).

2.3.2. Bakır Oksit Nanopartikül (CuO NP)

Bakır dünyada en yaygın kullanılan elementlerden birisidir. Düşük maliyeti sebebiyle tüm endüstrilerde, özellikle elektrik sektöründe büyük bir öneme ve ilgiye sahiptir. Cu birçok protein ve enzime dâhil edilen temel bir mikro besindir. Doğada bitkilerin sağlığı ve beslenmesinde de önemli bir role sahiptir. Cu, olağanüstü bir elektriksel iletkenliğe, iyi katalitik davranışa ve yüzey geliştirilmiş Raman saçılma aktivitesine sahiptir; bu sebep CuO NP'lerini gelecekteki nanoaygıtlarda temel bir bileşen olarak kullanılma potansiyelini arttırmaktadır (Chandra vd., 2014). CuO NP'ler katalitik, optik, elektriksel ve antifungal/antibakteriyel uygulamaları sebebiyle son zamanlarda ilgi odağı haline gelmiştir

(Khanna vd., 2007). CuO NP'leri doğal formuna kıyasla daha fazla katalitik aktiviteye ve daha iyi biyouyumluluğa sahiptir. CuO NP'leri farklı yöntemlerle sentezlenip ve karakterize edilmektedir. Kimyasal veya fiziksel yöntemlerle sentezlenen CuO NP'ler "*in vivo*" kullanım için ekonomik ve çok güvenli bir yöntem değildir. CuO NP'lerin yeşil sentezi çevre dostu, tek adımlı, aşağıdan yukarıya bir yaklaşımdır (Narayanan & Sakthivel, 2011). CuO NP'ler antimikrobiyal aktivitesiyle iyi bilinmekle birlikte yara iyileşmesi, cilt remodülasyonu ve anti-inflamatuar tedavilerde de uygulanmaktadır. CuO NP'lerin antimikrobiyal aktivitesi, yara bölgesindeki mikrobiyal yükü azaltmaya yardımcı olarak iyileşme hızını artırmaktadır (Tiwarivd., 2014).

2.4. Nanoteknik Tekstil

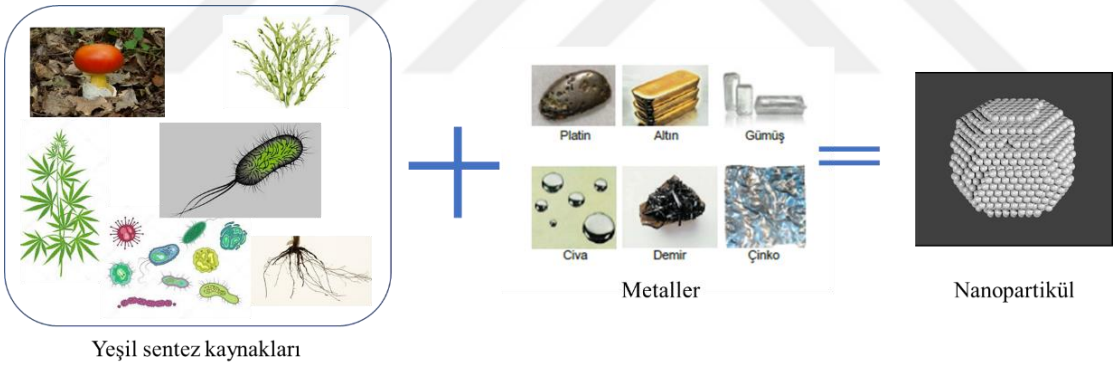
Nanoteknolojinin birçok uygulamasına tekstil endüstrisi şu anda en çok faydalanan sektörlerden biri olarak eklenmiştir. Nanoteknolojinin tekstil endüstrisinde uygulanması kumaşların dayanıklılığını, konforunu, hijyenik özelliklerini artırmış ve ayrıca üretim maliyetini düşürmüştür. Nanoteknoloji ayrıca ekonomik, enerji tasarrufu, çevre dostu olma, maddelerin kontrollü salınımı, paketleme, daha sonra kullanılmak üzere mikroskobik ölçekte malzemelerin ayrılması, depolanması ve kontrollü salınımı açısından geleneksel işleme kıyasla birçok avantaj sunmaktadır (Jalil vd, 2023). Nanoteknolojinin benzersiz yeni özellikleri bilim insanlarını ve araştırmacıları tekstil endüstrisine çekerek tekstil endüstrisinde nanoteknolojinin kullanımı hızlandırmıştır. Bunun sebebi, tekstil teknolojisinin nanoteknolojinin geliştirilmesi için en iyi alanlardan biri olmasıdır. Tekstil kumaşları, belirli bir ağırlık veya belirli bir kumaş hacmi için geniş bir yüzey alanının mevcut olduğu en uygun alt tabakaları sağlamaktadır. NP'lerin tekstil malzemelerine uygulanması, farklı işlevsel performanslara sahip kumaşlar üretmeyi amaçlayan çeşitli çalışmaların amacı olmuştur. NP'ler, kumaşlar için daha iyi bir afinite sağlayan ve istenen tekstil işlevinin dayanıklılığında bir artışa yol açan geniş yüzey alanına, yüksek yüzey enerjisine sahip oldukları için işlenmiş kumaşlarda yüksek dayanıklılık sağlayabilir. Parçacık boyutu ayrıca elyaflara yapışmalarını belirlemede birincil bir rol oynar. En büyük parçacık kümelerinin elyaf yüzeyinden kolayca çıkarılacağını, en küçük parçacığın ise daha derine nüfuz ederek kumaşa güçlü bir şekilde yapışmaktadır (Patra, 2013). Sürdürülebilir bir şekilde üretilen dayanıklı ve işlevsel giysilere yönelik artan talebi, nanomalzemelerin tekstil alt kollarına entegre edilmesi için bir fırsat sunmuştur. Nanokompozitlerle konfor esnekliklerinden ödün vermeden liflere leke tutmazlık, kırışmamazlık, statik eleme ve elektriksel iletkenlik kazandırabilir. Nanomalzemeler ayrıca, elektriksel, renkli veya

fizyolojik sinyaller aracılığıyla dış uyaranları algılayabilen ve bunlara yanıt verebilen bağlantılı giysiler oluşturmak için daha geniş bir uygulama potansiyeli sunmaktadır (Yetisen vd., 2016). Nanoteknolojinin özel amaçlı, tekstil ve ilgili kompozitlerdeki artan uygulamaları, kesinlikle güçlendirilmiş malzemelerin yüzey özelliklerine avantaj sağlar. Koagülasyona dayalı karbon nanotüp eğirme yöntemi gibi gelişmiş bir elektro-eğirme işlemiyle elde edilen sentetik nano elyaflardan benzersiz kompozit elyafları ürettiği keşfedilmiştir. Bu kompozit elyaflar, süper kapasitörler için elektronik tekstiller sağlamaktadır (Dalton vd., 2003). Doğal ve sentetik liflerden yapılmış kumaşların istenen özellikte yüzey dokusu, renk, diğer özel estetik ve işlevsel özellikleri elde etmek tekstil üretiminde birincil odak noktası olmuştur. Son on yılda, bu tekstil teknolojisi alanında önemli gelişmelere ve yeniliklere yol açmıştır. Kumaş elde etmede yeni yollar izlemiş ve nanoteknoloji uygulamalarıyla önemli iyileştirmeler için büyük bir potansiyel göstermiştir (Sawhney vd., 2008). Nanoteknolojinin tekstil endüstrisindeki kullanımı, benzersiz ve değerli özellikleri nedeniyle hızla artmıştır. Nanoteknolojinin pamuk ve diğer tekstil endüstrilerinde karlı uygulamaları için önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Tekstile uygulaması, işlenmesi, ürün özelliklerinin değerlerini ekonomik olarak genişletebilir. Nanoteknolojinin kullanımı, tekstillerin çok işlevli hale gelmesini, antibakteriyel, UV koruması, kolay temizlenebilir, su itici, leke tutmaz ve koku önleyici gibi özel işlevlere sahip kumaşlar üretmesini sağlar. Nanoteknolojinin tekstil uygulamalarındaki gelecekteki başarısı, işlenebilirlik, esneklik vb. gibi doğal tekstil özelliklerini tehlikeye atmadan yeni ilkelerin dayanıklı, çok işlevli tekstil sistemlerinin bir arada olacağı bir alan oluşturmasıdır (Periyasamy vd., 2019).

2.5. Yeşil Sentez

Kimyasal ve fiziksel yöntemlere alternatif olarak gelişen yeşil sentez yöntemi (biyolojik yöntem) NP'lerin sentezlenmesinde çevre dostu ve sürdürülebilir araştırma alanı olmuştur. Ayrıca, bu yöntemde pahalı, zararlı ve toksik kimyasallara ihtiyaç duymadan sentez yapılabilmektedir. Son yıllarda aktif olarak kullanılan yeşil sentez sayesinde çeşitli şekil, boyut, içerik ve fizikokimyasal özelliklere sahip metalik NP'ler sentezlenmektedir. Bu sentez yönteminde; aktinobakteriler, mayalar, küfler, algler, bitkiler veya bunların ürünleri gibi biyolojik organizmalar kullanılarak tek adımda kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir (Şekil 2.2). Biyolojik teknikler veya yeşil teknoloji kullanılarak sentezlenen NP'ler, tek adımlı bir prosedür kullanılarak sentezlendikleri için daha fazla kararlılığa ve uygun çeşitli boyutlara sahiptir. NP'ler, kimyasal, fiziksel, biyolojik ve hibrit

teknikler dâhil olmak üzere çeşitli yöntemler kullanılarak sentezlenebilir. Bitkilerdeki ve mikroorganizmalardaki proteinler, enzimler, fenolik bileşikler, aminler, alkaloidler ve pigmentler gibi moleküller, indirgeme yoluyla NP sentezi gerçekleştirir (Nadaroglu vd., 2017). Çözünebilir toksik metal iyonları, hücre içi veya hücre dışı indirgeme veya çökeltme yoluyla parçalanarak detoksifiye edilir. Böylece, antibakteriyel, antifungal, antikanser, antioksidan, antibiyo-kontaminasyon ve katalitik aktiviteye sahip NP'ler üretilebilmektedir (Shah vd., 2017). Metallerin detoksifikasyonu, indirgenmesi ve biriktirilmesi için büyük potansiyele sahip olan bitkiler, metal kaynaklı kirleticileri uzaklaştırmada kolay, hızlı ve ekonomiktir. Çeşitli morfolojik özelliklere sahip metalik NP'ler hücre içi ve hücre dışı olarak üretilebilmektedir. Metal/metal oksit NP'lerin sentezinde kullanılan yeşil sentez yönteminde bitki ya da bitki kısımları (kök, sap, yaprak, çiçek, meyve vb.) indirgeyici ajan olarak görev alırlar. Bu bitki ya da bitki kısımlarından elde edilen özütlerin metal iyonlarının sulu çözeltisine eklenmesiyle metal NP'ler sentezlenmektedir. Bitki özütünde bulunan şeker, sekonder metabolitler, protein, enzim, polimer, flavonoid ve organik asit gibi maddelerle indirgeyici madde olarak hareket ederek metal iyonlarının NP'lere biyoindüksiyonunda görev almaktadır (Belova vd., 2019).



Şekil 2.2. Yeşil sentez kaynakları

2.5.1. Bitkilerle Yeşil Sentez

Biyolojik kökenli diğer mataryallar olan alg, mantar, bakterilere kıyasla bitkiler bulunabilirlikleri, maliyet etkinlikleri, çevre dostu yapıları ve tehlikesiz yan ürünleri sebebiyle metalik NP'lerin sentezinde daha yaygın olarak kullanılmıştır (Din & Rehan, 2017). Bitkilerin çeşitli kısımları kullanılarak sentezlenen NP'ler son derece pratiktir. Bitkiler NP'lerin geniş ölçekli üretimi için ekonomik, basit, hızlı ve önemli bir seçenek olarak kullanılabilmektedir (Gour & Jain, 2019). Birçok bitkiden özellikle endemik olan ya da olmayan bütün bitkilerden kolayca yeşil sentez yapılabilmektedir. Örneğin aspir, gül

yaprağı, kekik bitkisi, asma yaprağı, kenevir bitkisi, zerdeçal, yeşil çay, siyah çay, limon, nar vb. gibi birçok bitki ve meyve kısımlarından yeşil sentez partik bir şekilde yapılmaktadır. Metalik NP'ler üretmek için bitkileri kullanan genel prosedürler, sırasıyla biyoindirgeyici ajan olarak bitkilerin kurutulmuş biyokütlesini ve indirgenecek metalik tuzunu kullanmaktadır (Parveen vd.,2016). Bitki özlerinin doğasına bağlı olarak NP'lerin oluşumu tuz çözeltisinde kısa bir süre içinde tamamlanabilir, bunun başlıca sebebi özütlerin konsantrasyonu, metal tuzu ve pH' dır (Kartick vd., 2013). NP'lerin bitki aracılı sentezi, nanoteknolojiyi bitkilerle birleştiren yeşil kimya yaklaşımına dayanmaktadır. Bu sebepten dolayı, ortam sıcaklıklarında, nötr pH'ta, düşük maliyetlerde ve çevre dostu bir şekilde oluşan NP'leri ideal olarak sentezlemenin yeni yöntemleri araştırılmıştır. Bu hedefler göz önünde bulundurulduğunda nano malzemeler çeşitli yollar kullanılarak sentezlenmiştir. Bitkiler doğanın "kimyasal fabrika"larıdır. Uygun maliyetlidirler ve düşük bakım gerektirirler.

2.6. Kenevir (*Cannabis sativa*)

Cannabis sativa, Hint keneviri olarak da bilinir, eski çağlardan beri çoğunlukla Orta Asya'da Hindistan ve Çin yetiştirilen otsu bir yıllık bitkidir *C. sativa* en eski lif, gıda ve ilaç kaynaklarından birisidir. Bu bitki araştırmacıların, halkın ve medyanın yalnızca tıbbi özellikleri nedeniyle değil aynı zamanda yasadışı kullanımınındaki tartışmalar sebebiyle de ilgisini çekmiştir. Kenevirin Orta Doğu ve Asya'da uzun bir tıbbi kullanım geçmişi vardır ve ilk olarak 19. yüzyılın başlarında Batı Avrupa'da bir ilaç olarak tanıtılmıştır. Kenevir, dünyanın dört bir yanından belgelenmiş kanıtlarla uzun dönem insanlar tarafından çeşitli sebeplerden dolayı kullanmışlardır. Kenevirin tıbbi kullanımı ilk olarak imparator Chen Nung'dan (M.Ö. 2737) kaynaklandığı ve bir araya getirilene kadar sözlü olarak aktarıldığı söylenen 'Shen Nong Ben Cao Jing'de belgelenmiştir. Mısır'da, kenevirin tıbbi kullanımı ilk olarak kenevirin öğütülerek göz hastalıklarını tedavi etmek için kullanıldığı *Papyrus Ramesseum* III'te (M.Ö. 1550) belirtilmiştir (Tomida vd., 2006). Kenevirin tıbbi özellikleriyle ilgili son zamanlardaki çalışmalar farmakolojik mekanizmasını çözme üzerine yoğunlaşmıştır. 1798'de Napolyon, keneviri Mısır'dan Fransa'ya getirerek, ağrı kesici ve yatıştırıcı nitelikleri açısından üzerinde çalışmalar yapmıştır (Kabelik, 1957). Tarihte dini amaçlı ve diğer kullanımlarından dolayı kenevir insanların hayatlarını çeşitli yönlerde etkilemiştir (John & Thomas, 2008). Eski yazılı kayıtlar, kenevirin o dönemde önemli bir tekstil malzemesi olduğunu liflerinin kışın sıcak kalmak için kullanıldığı açıklamıştır (Zhao vd., 2018). Kenevir bileşenlerinin kimyasal yapısının belirlenmesi ve saf bileşenlerinin elde

edilebilmesi, 1965'ten bu yana bu bitkiye olan bilimsel ilginin önemli ölçüde artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bu ilgi, 1990'lı yıllarda kanabinoid reseptörlerinin tanımlanmasıyla yenilenmiştir. Beyindeki endojen kannabinoid sistemi, tedavinin etkinliği ve güvenliği bilimsel olarak kanıtlanmaya başladığından beri, kenevir türevlerinin ilaç olarak kullanılmasına yönelik yeni çalışmalar da yapılmıştır (Zuardi, 2006).

Cannabis, bitkisi *Cannabaceae* familyasından gelen botanik bitkidir. *C. sativa,* C. *ruderalis* ve *C. indica* olmak üzere üç tür içerir. Ancak, üç tür birbiriyle çiftleşir ve tür sınırları değişebilir. Bu sebeple sadece tek bir *Cannabis* türü olan *C. sativa* tanımlanmıştır. Tüm *Cannabis* bitkilerinin ortak bir özelliği, "kanabinoidler" veya daha kesin olarak "fitokannabinoidler" adı verilen ikincil bileşiklerin varlığıdır. Çoğunlukla dişi *Cannabis* çiçek salkımlarında büyüyen trikomlarda üretilen 100'den fazla farklı fitokannabinoid vardır. Ancak, *Cannabis,* belirli fitokannabinoidlerin profili ve miktarı büyük ölçüde değişmektedir (Schilling vd., 2020). Çok sayıda doğal bileşeni sebebiyle, kenevir kimyasal olarak karmaşık bir tür olarak kabul edilmiştir. Kenevirin kimyasal yapısının keşfinden bu yana kapsamlı bir şekilde incelenen benzersiz bir terpeno-fenolik bileşik sınıfı (kanabinoidler veya fitokannabinoidler) içermektedir (Chandra vd., 2017). Kenevir bitkisi *(C. sativa*) Orta Asya'dan kaynaklanan, halk hekimliğinde ve zamanın başlangıcından beri tekstil lifi kaynağı olarak kullanılan önemli bir bitki türüdür. Hızlı büyüyen bu bitki, çok amaçlı uygulamaları nedeniyle son zamanlarda tekrardan ilgi görmeye başlamıştır. Çok yönlü kullanımının yanı sıra gerçekten de bir fitokimyasal hazine olmakla birlikte hem selülozik hem de odunsu liflerin zengin bir kaynağıdır. İçerdiği kıymetli metabolitlerinin insan sağlığı üzerinde güçlü biyoaktiviteler göstermesi nedeniyle ilaç ham madde kaynağı olarak kullanılabilmektedi (Hayo van, 2013). Bunun yanı sıra gövde dış ve iç dokularının sırasıyla biyoplastik ve beton benzeri malzeme yapmak için kullanılabilme potansiyelinin yüksek olması sebebiyle inşaat sektörlerinde de çok sık olarak kullanılmaktadır (Russo vd., 2008). Antik çağlardan beri tıbbi, tekstil amaçlı kullanımları bilinen kenevirin zengin fitokimyasal yapısı, lifleri, tarımsal özellikleri, yani kuraklığa ve zararlılara karşı oldukça iyi direnç göstermesi, toprak erozyonunu önleyecek biçimde iyi gelişmiş kök sistemi pamuk gibi diğer doğal ürünlere kıyasla düşük miktarda suya ihtiyaç duyması sebebiyle günümüzde yeniden popülerlik kazanmaktadır. Kenevirin bu özelliklerinin yanı sıra çok yönlü kullanım olanakları bu alanda çalışanları cezbettiği için kenevirin verimini arttırmak için biyokimyasal ve genetik yapısı üzerine odaklanan çalışmalara teşvik etmektedir. Kenevirde tohum yağı ve biyokütle verimini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (Van vd., 2011).

Kenevir bitkisel lignoselülozik biyokütle, biyopolimerler, lifler, kimyasallar ve enerji sağlamak açısından bol miktarda yenilenebilir bir kaynaktır (Guerriero vd., 2014). Ağaçlar oksijen sağlamak için ve endüstriyel kullanım için önemli bir biyokütledir, ancak endüstriyel kenevir (THC içeriği <%0,3) ağaçlara kıyasla hızlı büyüyen otsu bir bitki olup daha fazla oksijen sağlamanın yanısıra kısa sürede yüksek miktarda biyokütle sağlayabilmektedir (Weiblen vd., 2015).

2.6.1. Kenevir Uygulama Alanları

Kenevir, çok sayıda uygulama alanına sahip değerli bir bitkidir, dolayısıyla yararlı bileşikler ve ham madde kaynağı olarak üretmek için genetik olarak tasarlanma olasılığı oldukça yüksek ve değerlidir (Averink, 2015). Kenevir basit lifleri, cam elyafların yerine biyokompozit sektöründe kullanılmaktadır. Otomotiv endüstrisinde biyoplastik üretmek için kenevir basit lifleri kullanılır. Bu malzeme polipropilen plastikten daha güçlüdür ve daha hafiftir. İnşaat ve otomotiv endüstrilerindeki uygulama çalışmalarının yanı sıra kenevir lifleri doğal antibakteriyel özellikleri sebebiyle de ilgi odağı halindedir (Balcke vd., 2014). Cerrahi cihazlar veya fonksiyonelleştirilmiş tekstil ürünlerinin üretiminde kenevir bitkisinin çeşitli kısımlarıda kullanılmıştır. Bu özellik kenevir liflerinin kimyasal yapısında bulunan fitokimyasallardan, terpenler, esterleştirilmiş sterollerden ve triterpenlerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşikler bilinen antibakteriyel özelliklere sahiptirler (Khan vd., 2015). Esas olarak balık ağları, ipler, halatlar, tekstil ürünleri ve hatta kâğıt üretimi için kullanılan *C. sativa'*nın modern botanik çeşitleri düşük miktarda psikoaktif Δ9-THC içermektedir (Tang vd., 2016). Kenevir, üstün lif uzunluğu, mukavemet, emicilik, ilginç termal ve akustik özellikler hem endüstriyel hem de yem amaçlı mükemmel yağ kalitesi, çevresel ve ekonomik faydaları ile birlikte sayısız uygulamaları için diğer bitki türlerinden çok daha iyi özelliklere sahiptir. Kenevir, binlerce yıldır, dört temel insan ihtiyacı olan yiyecek, barınak, giysi ve enerji için çeşitli tüketici ürünleri üretmek amacıyla dünya çapında kullanılan lif, protein ve yağ tohumu kaynağı olmuştur (Allegret, 2013). Geleneksel olarak, lif bitkisi olarak kenevir giyim, kumaş, kâğıt, halat ve yapı malzemeleri üretiminde kullanılmıştır. Lif üretiminin atık yan ürünü olan hurds, hayvan yatağı, tohumları insan beslenmesi için, örneğin un olarak ve yağı yemek pişirmeden kozmetiklere kadar çok çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Kenevir ayrıca insanlık tarihi boyunca tıp için önemli bir ürün olmuştur. Geleneksel Çin tıbbında binlerce yıldır çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için kullanılmıştır (Petit vd., 2020). Diğer yeni uygulamalar ve çalışmalar arasında yalıtım, mobilya malzemeleri, iç mekân uygulamaları ve motorlu taşıt parçaları için otomotiv

kompozitleri, biyoplastikler, mücevher, moda sektörü, kozmetik, hayvan yemi, hayvan yatağı, enerji, yakıt üretimi dâhil olmak üzere birçok kullanım alanına sahiptir (Şekil 2.3). Kenevir tohumu ve yağı içeren gıdalar şu anda hem hayvan hem de insan beslenmesi için dünya çapında pazarlanmaktadır. Kenevir yağı ayrıca kozmetik, kişisel bakım ürünleri, boyalar, baskı mürekkepleri, deterjanlar ve çözücüler için kullanılır. Kenevir için küresel pazarın 25.000'den fazla üründen oluştuğu bilinmektedir. Şu anda inşaat, yalıtım sektörü, kâğıt, tekstil endüstrileri, gıda, beslenme alanları ana pazarlar iken kozmetik ve otomotiv sektörü büyüyen pazarlardır. Tıbbi ve terapötik alanlarda, kozmesötiklerde, fitoremediasyonda, akustik alanda, atık su arıtımında, biyoyakıtlarda, biyo-pestisidlerde ve biyoteknolojide yenilikçi uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır (Small & Marcus, 2002).



Şekil 2.3. Kenevir kullanım alanları

2.6.2. Kenevir Tıbbi Alanda Kullanımı

Kenevirin çok sayıda kanabinoidleri vardır, en dikkat çekeni psikoaktif etkilerinden sorumlu olan tetrahidrokanabinoldür. Kenevirdeki kanabinoidler, ilaç geliştirmede tipik olarak ilişkilendirilen bilişsel etkilere sahip olmadan çeşitli durumları yönetmeyi sağlayan benzersiz farmakolojik profillere sahiptir. Sadece birkaç kanabinoidin kullanımını destekleyen yüksek kaliteli kanıtları vardır (Devinsky vd., 2017). ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından tıbbi kullanım için onaylanmıştır. Kanabinoidler dronabinol ve nabilon,

FDA tarafından 1985'te kemoterapi kaynaklı mide bulantısı ve kusma için onaylandı ve dronabinol, 1992'de AIDS gibi kilo kaybına neden olan durumlarda iştah uyarımı için ek bir endikasyon kazandı. Son zamanlarda, üçüncü bir kanabinoid olan kanabidiol (CBD), FDA tarafından Dravet sendromu ve Lennox-Gastaut sendromu olmak üzere 2 pediatrik epilepsi formunun yönetimi için pozitif randomize klinik denemelerin gücüne dayanarak onaylanmıştır (Pascu vd., 2020). Kanabinoidler genellikle kronik ağrıyı yönetmek için etki gösterilir. Ulusal Bilim, Mühendislik ve Tıp Akademileri bu konuyu incelemiş ve uzman komitelerinin bu konudaki kaynakların hiçbir güvenilir karşıt bulgu olmaksızın iyi kaliteli çalışmalardan birçok destekleyici bulguya sahip olduğu değerlendirmesine dayanarak, kanabis veya kanabinoidlerin kronik ağrıyı etkili bir şekilde yönettiğine dair önemli kanıtlar olduğunu bulmuştur (Della & Di Salvo, 2020).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

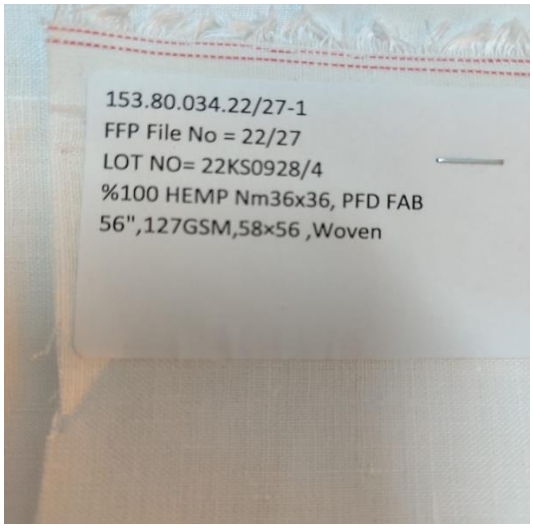
3.1. Gereç

3.1.1. Kenevir (*Cannabis sativa*) Bitkisinin Temini

Bu çalışmada NP'lerin sentezi için kenevir bitkisinin atık yaprakları kullanılmıştır. Bu amaçla "Endüstriyel Kenevir" alanında ihtisas üniversitesi olan Yozgat Bozok Üniversitesinin kenevirle ilgili araştırmalarında tez çalışmasının gerektirdiği yaprak materyali bu kapsamda tanımlanabilen özellikleri olan bir materyal olarak kullanılmıştır. Bitki materyali elde etmek amacıyla kenevir denemeleri Mayıs 2022'de Yozgat koşullarında arazi şartlarında kurulmuş, bitkinin fizyolojik olgunlaşmaları Ağustos-Eylül aylarında tamamlanarak tez çalışmasında kullanmak amacıyla hasat edilen bitkinin atık yaprakları nem düzeyleri eşit hale getirilmek üzere uygun ortamda kurutulmuştur. Bilindiği gibi Türkiye'de kenevir ekimleri izne bağlıdır. Yozgat Bozok Üniversitesi Kenevir Araştırmaları Enstitüsü bünyesinde yürütülen bilimsel araştırmalar ve ekim alanları için gerekli yasal izinler alınmıştır.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kumaşın Temini

Çalışmada %100 kenevir lifinden dokunmuş kumaş kullanılmıştır. Kasarlanmış halde temin edilen dokuma kumaş, atkı ve çözgü yönünde Nm36 iplik numarası ile bezayağı dokumasına sahip olup 127 GSM'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kenevir kumaşı

3.1.3. Nanopartikül Üretiminde Kullanılan Kimyasallar

$AgNO_3$ (Sigma-Aldrich ≥%99,0), $CuSO_4.5H_2O$ (Sigma-Aldrich ≥%98,0), Saf su.

3.1.4. Antibakteriyel ve Antifungual Testtlerde Kullanılan Suşlar

Esherichia coli (ATCC 25922), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus durans, Bacillus* subtilis (DSMZ 1971), Candida *ubitilis*, *Candida albicans.*

ATCC: Amerikan Türü Kültür Koleksiyonu.

3.1.5. Antibakteriyel ve Antifungual Testte Kullanılan Besiyerleri

Triple Sugar İron Agar, Tryptic Soy Agar, EMB Agar, Mac Conkey Agar, Nutrient Agar (NA), LB Broth (Miller), Patates dekstroz besiyerinde (PDA)

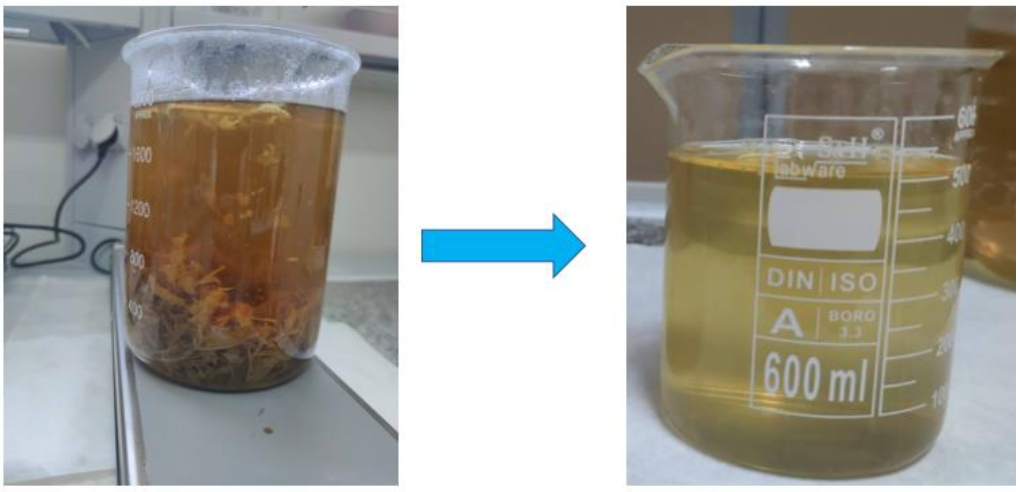
3.1.6. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Manyetik ısıtıcı ve karıştırıcı, -80° dondurucu, buzdolabı, etüv, otoklav, vortex, tüp, ispirto ocağı, çalkalayıcı etüv, mikropipetler, hassas terazi, sonikatör, santrifüj cihazı, kül fırın, densitometer cihazı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kenevir Bitki Özütünün Hazırlanması

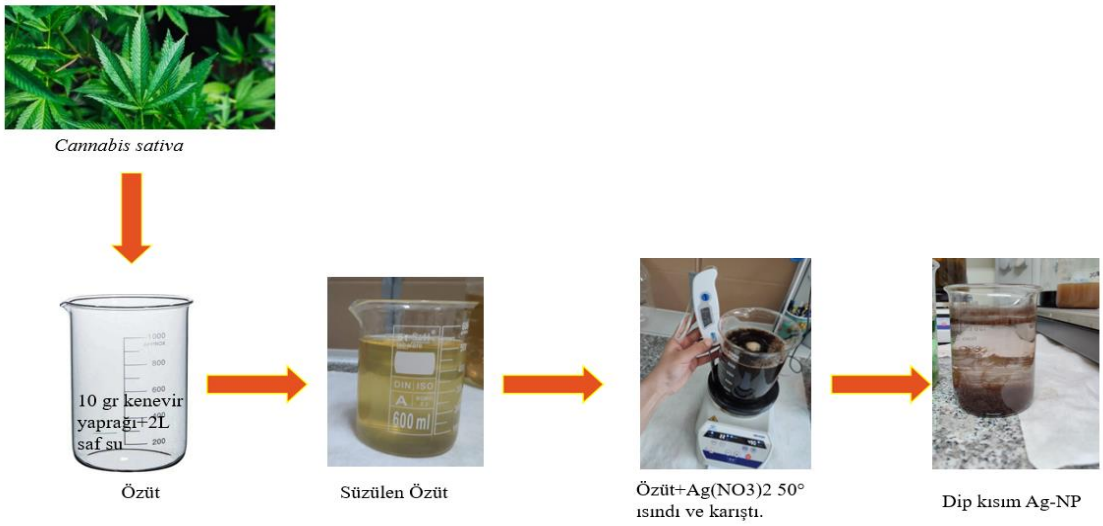
Yozgat Bozok Üniversitesi Kenevir arazisinden toplanmış olan kenevir yaprakları önce saf su ile yıkandı. Daha sonra yıkanan yapraklar kurutulmaya bırakıldı. Kuruyan kenevir yaparaklarından 10 g tartılarak alındı 2 L'lik beher içerisine alınarak üzerine 1.5 L saf su eklenerek 2 saat 75°C'de ısıtılarak karıştırıldı. 6 saat bekledikten sonra süzüldü ve bitki özütü hazırlandı (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kenevir bitki özütünün çıkarılması

3.2.2. AgO NP'lerin Yeşil Sentezi

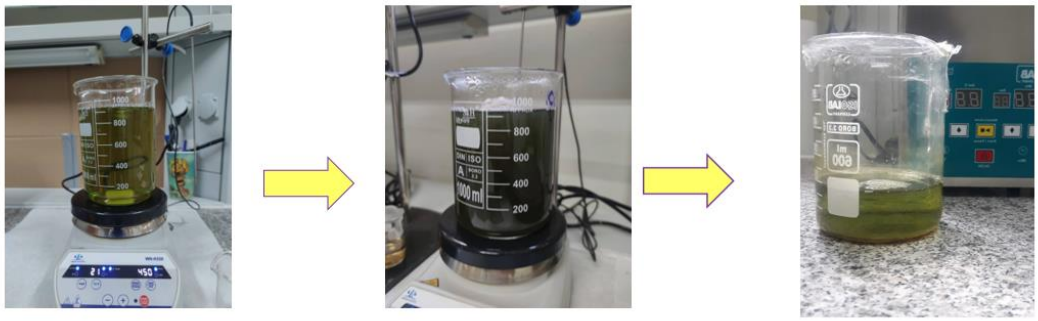
2 g gümüş nitrat ($AgNO_3$) hassas terazide tartıldı. 100 mL saf su içerinde 50°C manyetik karıştırıca çözündü. Çözünen çözelti üzerine 1 L kenevir bitki özütü eklendi ve 50°C'de 4 saat karışmaya devam etti. Çözelti rengi kahvemsi bir renk oldu ve karışmaya devam ettikçe bulanık koyu kahverengine dönüştü. 1 gün bekletildi ve dip kısmında 2 cm kadar çökelti oluşumu gözlemlendi (Şekil 3.3). Üst kısmındaki çözelti fitre kâğıdı ile süzüldü ve dip kısımda partikül en az 3 kez saf su yıkama işlemi yapılarak 5000 rpm de 5-6 kez santrifüj yapıldı. Santrifüj tüpünde toplanan örnekler etüvde 50°C'de kurutularak karekterize edildi.



Şekil 3.3. AgO NP'lerin yeşil sentezi

3.2.3. CuO NP'lerin Yeşil Sentezi

1.5 g $CuSO_4.5H_2O$ tuzu hassas terazide tartıldı. 100 mL saf su içerinde 100°C manyetik karıştırıcıda çözündü. Elde edilen çözelti üzerine 1 L kenevir bitki özütü eklendi ve 80°C'de 5 saat karışmaya devam etti. Çözelti rengi ilk önce açık yeşildi daha sonra koyu bulanık yeşil rengine dönüştü. 1 gün bekletildi ve dip kısmında yaklaşık 2 cm kadar çökelti oluşumu gözlemlendi (Şekil 3.4). Üst kısmındaki çözelti fitre kağıdı ile süzüldü ve dip kısımdaki çökelti 3 defa saf su ile yıkandıktan sonra 5000 rpm de santrifüj yapıldı. Daha sonra tüpte toplanan numune etüvde 80°C'de kurutuldu. Kurutulan toz numune 2 saat 600°C'de kalsine edilerek karakterize edildi.



Bakır Sülfat ($CuSO_4.5H_2O$)+ Özüt

Karıştıktan sonraki renk değişen CuO-NP

Dip kısımda CuO-NP

Şekil 3.4. CuO NP'lerin yeşil sentezi

3.2.4. NP'lerin Karekterizasyonu

3.2.4.1. UV-Vis Spektrofotometre Analizi

AgO NP ve CuO NP'lerin UV-Vis analizleri Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Laboratuvar'ındaki 6850 UV-Vis Spektrofotometre, 190-1100 nm cihazda bakıldı.

3.2.4.2 FTIR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi

FTIR spektroskopisi, bir örnekleme üzerine kızılötesi radyasyon yansıtarak ve spektrumun kızılötesi bölgesindeki hangi radyasyon dalga boylarının örnek tarafından emildiğini görerek çalışımaktadır. AgO NP ve CuO NP'lerin bileşiminin yapısını anlamak için FTIR analizi Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Kimya Bölümünde SHIMADZU IR cihazı kullanılarak karakterize edilmiştir.

3.2.4.3 XRD (X-Işınları Difraktometresi) Analizi

AgO NP ve CuO NP'lerin faz ve yapısal analizleri Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki PANalytical marka EMPYREAN model Çok Amaçlı-X Işını Difraktometresi (MP-XRD) cihazında belirlendi. X-ışını kırınımı (XRD), farklı moleküllerin nitel tanınması, kristalin derecesinin, parçacık boyutlarının ve kimyasal türlerin nicel çözünürlüğünün incelenmesi için kullanılan yaygın bir analitik yöntemdir.

3.2.4.4. Enerji Dağılım Xışını Spektrometresi (EDX) Analizi

AgO NP ve CuO NP'lerin Enerji Dağılım Xışını Spektrometresi (EDX)analizine Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki Quanta 450

FEG masa üstü Alan Emisyonlu Çevresel Taramalı Elektron Mikroskop- Enerji Dağılım Spektrometresi (FE-ESEM-EDS) kullanılarak karakterize edilmiştir.

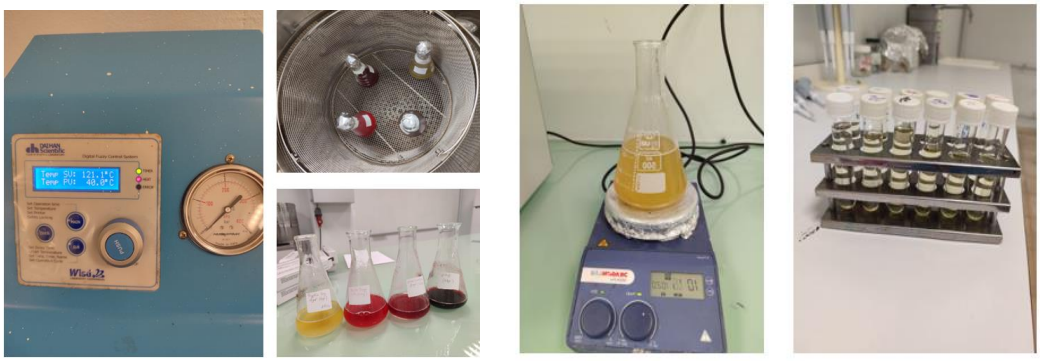
3.2.4.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

AgO NP ve CuO NP'lerin morfolojik özellikleri Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki 17 kV hızlanma voltajında bir Quanta 450 FEG masa üstü Alan Emisyonlu Çevresel Taramalı Elektron Mikroskop- Enerji Dağılım Spektrometresi (FE-ESEM-EDS) kullanılarak karakterize edilmiştir.

3.2.5. Antibakteriyel Çalışma

3.2.5.1. Bakteri Kültürlerinin Seçici Besiyerlerinde Kontrolü

-86 °C'de stok olarak saklanan bakteri suşlarının kontaminasyon kontrolünü sağlamak amacı ile kullanılan suşlar kendi seçici besiyerlerine ekime alındı. İlk olarak bakterileri çoğaltma işlemi için bakterilere uygun dört farklı besiyerleri hazırlandı. *E. aerogenes* ve *S.entritidis* bakterileri için Triple sugar iron agar besiyeri hazırlandı. *E. durans* bakterisi için Macconkey agar besiyeri hazırlandı. *S. aurens* ve *B.subtilis* bakterileri için Tryptic soy agar besiyeri hazırlandı. *E. coli* bakterisi için Eosin methylen blue (EMB) agar besiyeri hazırlandı. NP'lerin ve kenevir kumaşın antibakteriyel özelliklerinin bakılması içinde bakteriler için yaygın olarak kullanılan Nutrient Agar (NA) ve LB broth besiyerleri hazırlandı. Besiyerleri hazırlanırken önce manyetik ısıtıcıda ısıtıldı ve karıştırıcı yardımıyla çözünmesi sağlandı. Daha sonra steril hale getirmek için 121℃'de otoktlava alındı. Otoklavdan çıkan NA'lar ispirto ateş altında jel kıvamı şeklinde yaklaşık 40 adet steril petri kaplarına döküldü ve üzerleri kapatılarak 24 saat buzdolabında bekletildi (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Besiyerleri

3.2.5.2. Bakterilerin Ekimi

Otoklavdan çıkarılan besiyerileri jel kıvamı şeklinde ispirto ateş yanında steril ortamda steril petri kaplarına 20 mL döküldü. Petrilerin üzeri kapatıldı ve buzdolabında 1 gece bekletildi. Ertesi gün buzdolabından alınan besiyerlerine -80°C'den bakteriler alındı ve 20 µL 1/10'luk seyreltme işlemi yapılarak eküvyon yardımıyla yayma ekimi yaparak bakteri ekimi yapıldı. Bakteri besiyerleri 24 saat 37°C'de etüvde inkübe edildi (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Deneylerde kullanılan suşların seçici besiyerlerindeki ekimi

3.2.5.3. Bakteri Suşlarının Hazırlanması

24 saat etüvde bekletilen bakterilerde gelişen kolonilerden LB Broth besiyerine steril eküvyon yardımı ile koloniler alındı. Bulanıklık oranı besiyerdeki bakterilerin miktarına göre değişiklik göstermektedir. Sıvı besiyerine alınan bakteri yoğunluğu 0.5 McFarland 1.5x108 cell/mL değerine göre ayarlandı ve bu aşamada densitometer cihazı kullanıldı. McFarland bulanıklığa göre 0.5 McFarland standart ölçüm ayarında bakterilerin ayarlaması yapıldı (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Bakterilerin McFarland ayarlanması

3.2.5.4. Besiyerlerine Bakterilerin Ekilmesi

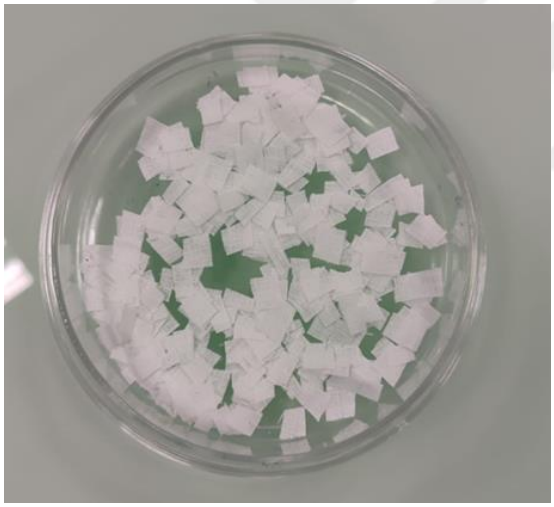
McFarland konsantrasyonları 0.5 değerine ayarlanan bakteri suşları kullanılarak AgO NP ve CuO NP için altışar petriye ekim yapıldı. LB Broth besiyerlerine McFarland konsantrosyon ayarlaması yapılan bakterilerin son halinden altı bakteri AgO NP'ler altı bakteri de CuO NP'ler için mikropipet yardımıyla 50 µL alınarak önceden hazırlanan bakteriler için yaygın olarak kullanılan NA besiyerlerine petri kaplarının orta kısmına bırakılarak eküvyon çubuğu yardımıyla yayma yapıldı. Her bir bakteri için altı petri kullanılacak şekilde toplam 36 petriye bakterilerin yayma yöntemiyle ekimi yapıldı. NP emdirilen kumaşlara ve NP emdirilecek olan disklere hazırlık yapıldı.(Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Bakteri ekimleri

3.2.5.5. Kenevir Kumaşının Steril Edilmesi

Antibakteriyel özellikli kenevir kumaşları 1 cmX1 cm olacak şekilde küçük parçalar halinde kesilidi. Cam petri kabına alınarak steril hale gelmesi için 121°C'de otoklav cihazına konuldu. Otoklavdan alındıktan sonra etüv cihazında kurutuldu. (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Steril edilmiş kenevir kumaş

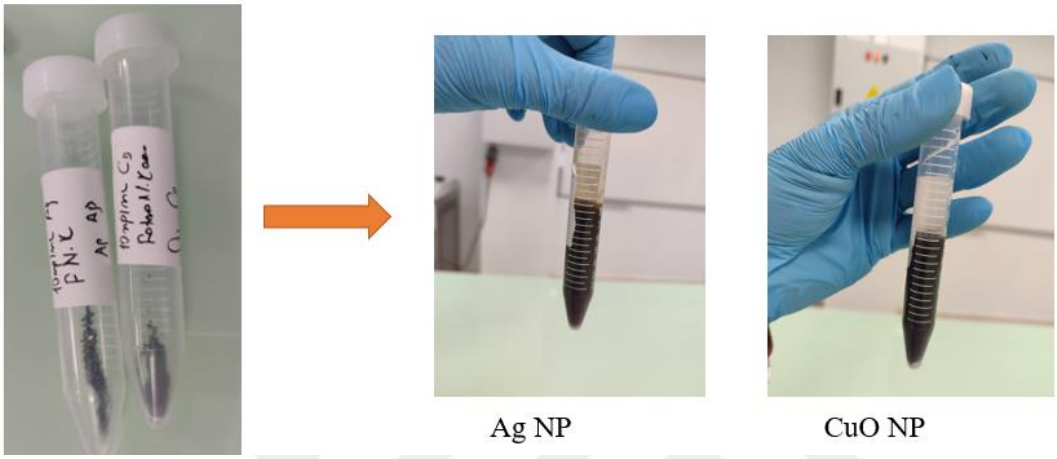
3.2.5.6. Nanopartiküllerin Konsantarasyonların Ayarlanması

Kenevir kumaşları partikülleri kaplamak için AgO NP ve CuO NP'ler seyreltme işlemi yapıldı ve dört farklı miktarda konstantrasyon ayarlanması yapıldı (Tablo 3.1). Bunun için önce 50 mL beherin içerisine 100 mg sentezlemiş olduğumuz AgO NP tartıldı ve üzerine 10 mL distile su eklendi, başka bir beherde 100 mg sentezlenen CuO NP tartıldı ve üzerine 10 mL distile su eklendi. Bu NP'lerin homojen birşekilde çözünmeleri için 10 dakika boyunca sonikatör cihazında iyice karıştırılarak çözüldü (Şekil 3.10). Çözünen bu NP'leri tekrardan

distile su ile seyrelterek 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5mg/mL olacak şekilde 4 farklı konsantrasyon ayarlandı.

Tablo 3.1. NP'lerin konsantrayon miktarları

AgO NP	10 mg/mL	5 mg/mL	1 mg/mL	0.5 mg/mL
CuO NP	10 mg/mL	5 mg/mL	1 mg/mL	0.5 mg/mL



Şekil 3.10. Çözünen NP'ler

3.2.5.7. AgO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antibakteriyel Aktivitesinin İncelenmesi

Steril edilmiş ve 1 cm X 1 cm olarak kesilmiş kenevir kumaşını bakteri ekimi yapılan besiyerlerine 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL AgO NP konstrasyonları için antibakteriyel testin uygulanacağı her bir petriye dört adet olacak şekilde kumaş parçaları pens yardımıyla yerleştirildi. Kumaşların üzerine NP'ler konsantrasyonlarına göre mikropipetle çekildi ve petrideki kumaşın üzerine entegre edildi. Petri kapları bu işlemlerden zon çaplarına bakılmak üzere hazırlandı.

3.2.5.8. AgO NP'lerin Disk Düfüzyon Testi

NA besiyerlerine 0.5 McFarland standardına göre ayarlanan bakterileri eküvyon yardımıyla antibakteriyel testin uygulanacağı petrilere yayma yöntemiyle ekim yapıldı. Besiyerinin üzerine steril diskler 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL olacak şekilde dört farklı konsantrasyona AgO NP çözeltisi enjekte edildi. Petri kapları bu işlemlerden sonra bakterilerin oluşturacak zon çaplarına bakılmak üzere etüvde 37°C de 24 saatlik sürede inkübe edildi.

3.2.5.9. CuO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antibakteriyel Aktivitesinin İncelenmesi

Steril edilmiş ve 1 cm X 1 cm olarak kesilmiş kenevir kumaşını bakteri ekimi yapılan besiyerlerine 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL CuO NP konstrasyonları için antibakteriyel testin uygulanacağı her bir petriye 4 adet olacak şekilde kumaş parçaları pens yardımıyla yerleştirildi. Kumaşların üzerine NP'lerin konsantrasyonları göre mikropipetle çekildi ve petrideki kumaşın üzerine entegre edildi. Petri kapları bu işlemlerden sonra bakterilerin oluşturacak zon çaplarına bakılmak üzere etüvde 37°C de 24 saatlik sürede inkübe edildi.

3.2.5.10. CuO NP'lerin Disk Düfüzyon Testi

Bakteriler, test bileşikleri ile yüklenmiş bir filtrenin yerleştirildiği bir agar plakasında inkübe edildi. Daha sonra antibakteriyel aktivite, filtrenin etrafındaki bir bölgede bakteri büyümesinin yokluğu ile belirlendi. Bu yöntemin değiştirilmiş şekilleri, agardaki bir kuyudaki NP çözeltilerinin toksisitesini test etmek için kullanılmaktadır (Martin vd., 2013). NA besiyerlerine 0.5 McFarland standardına göre ayarlanan bakterilerin eküvyon yardımıyla antibakteriyel testin uygulanacağı petrilere yayma yöntemiyle ekim yapıldı. Besiyerinin üzerine steril edilmiş yuvarlak şeklindeki disk parçaları dört parça 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL CuO NP konstrasyonları için pens yardımıyla yerleştirildi. Disk düfüzyon kumaşların üzerine NP'leri konsantrasyonlarına göre mikropipetle çekilerek petrideki kumaşın üzerine entegre edildi. Petri kapları bu işlemlerden sonra bakterilerin oluşturacak zon çaplarına bakılmak üzere etüvde 37°C de 24 saatlik sürede inkübe edildi.

3.2.6. Antifungual Çalışma

3.2.6.1. Besiyerlerin Hazırlanması

Sentezlenen NP'lerin antifungal aktivitesini kontrol etmek için patates dekstroz agar besiyeri (PDA) kullanıldı. Besiyeri hazırlanırken önce manyetik ısıtıcıda ısıtıldı ve karıştırıcı yardımıyla çözünmesi sağlandı daha sonra otoklava alındı. Otoklavdan çıkan PDA'lar ispirto ateş altında jel kıvamı şeklinde steril petri kaplarına döküldü ve üzerleri kapatılarak 24 saat buzdolabında bekletildi.

3.2.6.2. Fungus Ekimi

Antibakteriyel test için hazırlanan LB Broth besiyerlerine 0.5 McFarland konsantrosyon ayarlaması yapıldı. -80°C dondurucudan alınan *C. ubitilis* ve *C. albicans* funguslarından

steril bakteri yayma çubuğu yardımı ile funguslardan alındı ve LB Broth sıvı besiyerlerine bırakılarak 0.5 McFarland ayarlaması yapıldı. Daha sonra funguslar 24 saat 37℃ çalkamalı etüvde inkübe edildi. LB Broth besiyerlerine McFarland konsantrosyon ayarlaması yapılan fungusların son halinden *C. ubitilis* ve *C. albicans*'dan AgO NP'leri ve CuO NP'leri için mikropipet yardımıyla 50 µL alınarak önceden hazırlanan funguslar için yaygın olarak kullanılan PDA katı besiyerlerine petri kaplarının orta kısmına bırakılarak eküvyon çubuğu yardımıyla yayma yapıldı. Fungus ekilmiş petriler 24 saat 37℃ de etüvde inkübe edildi. Antifungal aktivite, test edilen her suşa yönelik inhibisyon bölgesinin zon çapının ölçümüyle yapıldı.

3.2.6.3. AgO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antifungual Aktivitesinin İncelenmesi

Steril edilmiş ve 1 cm X 1 cm olarak kesilmiş kenevir kumaşını fungus ekimi yapılan besiyerlerine 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL AgO NP konstrasyonları için antifungual testin uygulanacağı her bir petriye dört adet olacak şekilde kumaş parçaları pens yardımıyla yerleştirildi. Kumaşların üzerine NP'leri konsantrasyonlarına göre mikropipetle çekilerek petrideki kumaşın üzerine entegre edildi. Petri kapları bu işlemlerden sonra fungusların oluşturacak zon çaplarına bakılmak üzere etüvde 37°C de 48 saatlik sürede inkübe edildi.

3.2.6.4 CuO NP'lerin Kenevir Kumaşıyla Etkileştirilerek Antifungual Aktivitesinin İncelenmesi

Sentezlenen NP'lerin konsantrasyonları antibakteriyel çalışmada ayarlandığı gibi aynı şekilde 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL olacak şekilde CuO NP'ler 'ler ayarlandı. Kenevir kumaşı da anatibakteriyel çalışma için steril edilen kumaşlardan kullanıldı. Steril edilen ve 1cm x 1cm olarak kesilen kenevir kumaşını fungus ekimi yapılan besiyerlerine 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL CuO NP konstrasyonları için antifungual testin uygulanacağı her bir petriye dört adet olacak şekilde kumaş parçaları pens yardımıyla yerleştirildi. Kumaşların üzerine NP'leri konsantrasyonlarına göre mikropipetle çekilerek petrideki kumaşın üzerine entegre edildi. Petri kapları bu işlemlerden sonra fungusların oluşturacak zon çaplarına bakılmak üzere etüvde 37°C de 48 saatlik sürede inkübe edildi.

3.2.6.5. AgO NP’lerin ve CuO NP’lerin Antifungual Aktivitede Disk Difüzyon Testi

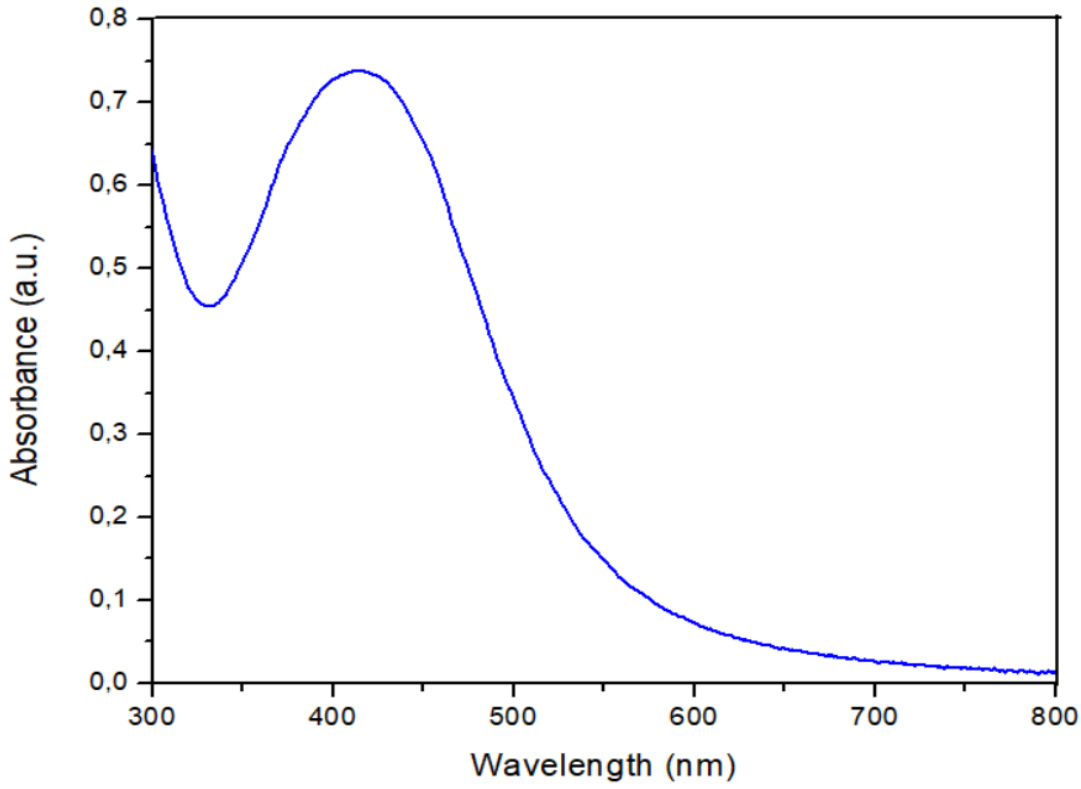
PDA besiyerlerine 0.5 McFarland standardına göre ayarlanan fungusları eküvyon yardımıyla antifungual testin uygulanacağı petrilere yayma yöntemiyle ekim yapıldı. Besiyerinin üzerine steril edilmiş yuvarlak şeklindeki disk parçaları dört parça 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL AgO NP ve CuO NPleri konstrasyonları için pens yardımıyla yerleştirildi. Disk düfüzyon kumaşların üzerine NP’leri konsantrasyonlarına göre mikropipetle çekildi ve petrideki kumaşın üzerine entegre edili. Petri kapları bu işlemlerden sonra fungusların oluşturacak zon çaplarına bakılmak üzere etüvde 37°C de 48 saatlik sürede inkübe edildi.

4. BULGULAR VE (TARTIŞMA)

4.1 NP'lerin Karakterizasyonları

4.1.1. AgO NP'lerin UV-Vis Spektrofotometre Analizi

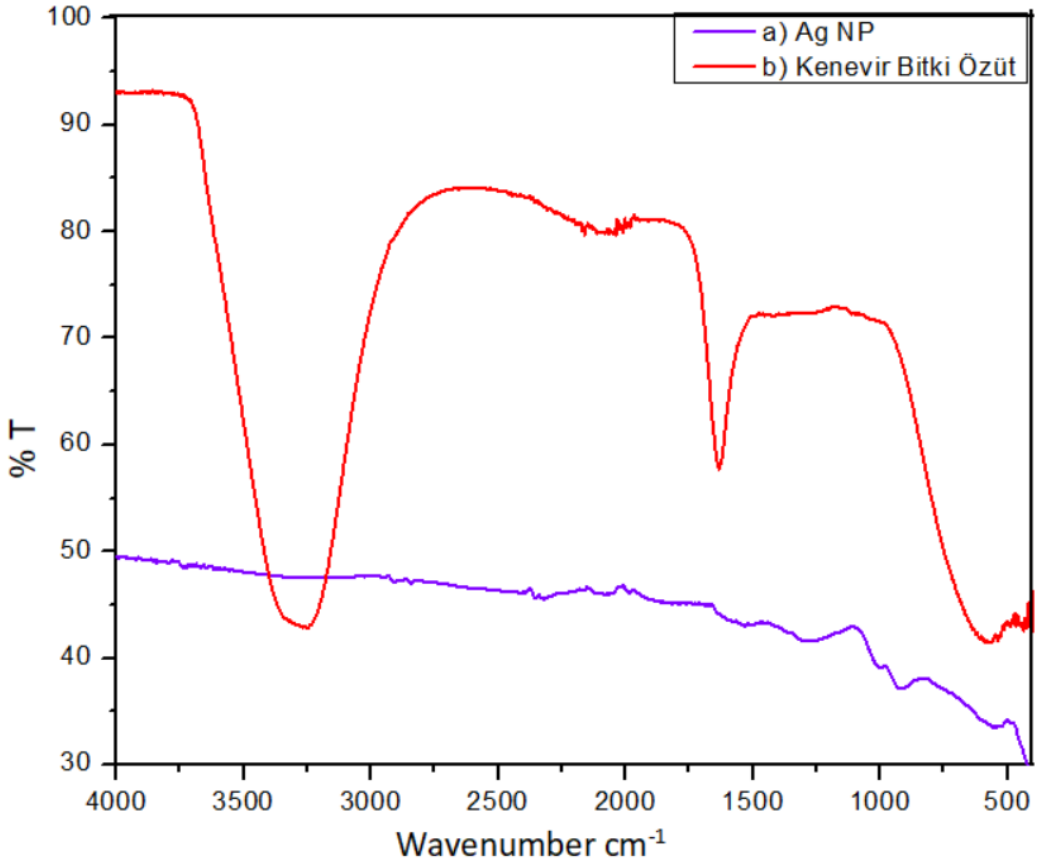
AgO NP'lerin UV analizi *Cannabis sativa* bitkisi kullanılarak yapıldı. Gümüş yüzey renosans özelliğinden kaynaklı koyu kahverengine dönüşen gümüş nitrat $Ag(NO_3)_2$ çözeltisine sarı renk olan *C. sativa* bitki özü eklendi. Kimyasalın eklenmesiyle sentezde renk değişiminin gözlenmesi NP dalga boyunun varlığını kanıtlamıştır. Bir küvete bir mililitre AgO NP çözeltisi eklenerek 25°C'de analiz edildi. UV-Vis spektrofotometre analiz sonucuna göre AgO NP'lerin 414 nm maksimum absorbans gösterdi (Şekil 4.1). Literatürdeki makalelerde yapılan UV-Vis spektrum analizinde AgO NP için analiz sonucunda dalga boyunun bitkinin parçacık boyutuna, bitki materyaline, bitki ekstraksiyon konsantrasyonuna, kimyasal ortama ve analizine bağlı olarak 430 ile 460 nm arasında değiştiği söylenebilir (Jayaprakash vd., 2017; Sundeep vd., 2017; Sharma vd., 2009).



Şekil 4.1. AgO NP'lerin UV-Vis analizi

4.1.2. AgO NP'lerin FTIR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi

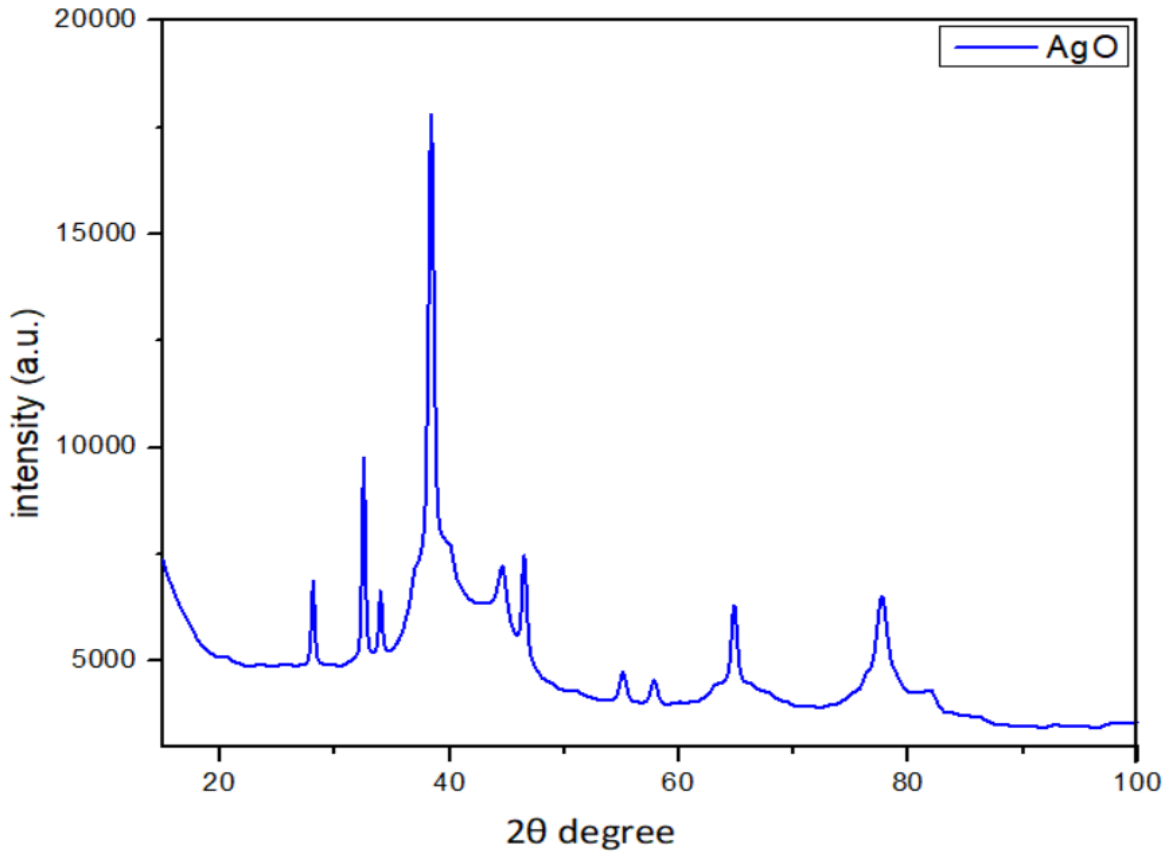
Cannabis sativa atık yaprakları kullanılarak sentezlenen AgO NP'lerin ve kenevir bitki özütütnün FTIR analizi Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Sentezlenen AgONP'ler için Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) analizi, NP'leri stabilize edebilen, aglomerasyonu önleyebilen ve sulu bir çözeltide kapaklarını oluşturabilen olası indirgeyici biyomolekülleri bulmak için çalışılmıştır. Mikrobiyal NP'lerin son paketlenmesinin çok sayıda farklı bileşiği içerdiğine dikkat edilmelidir. FTIR spektroskopisi, organik veya inorganik bileşikleri, metalleri/metal oksitleri karakterize etmek için kullanılan bir yöntemdir. FTIR spektrumu, maddeyi oluşturan atomlar arasındaki bağların titreşimiyle oluşan frekanslara karşılık gelen emilim tepe noktalarının parmak izini gösterir. Her maddenin kendine özgü bir spektrumu vardır. FTIR, ($Ag\ NO_3$)'ın Ag'ye indirgenmesinde biyolojik moleküllerin rolünü belirlemek için uygun, değerli, uygun maliyetli ve basit bir tekniktir (Zhang vd., 2016). AgO NP'in ve kenevir bitki özütünün kızılötesi emilim spektrumları 400-4000 cm^{-1} bölgesinde incelenmiştir. AgO NP'nin FTIR analizi incelendiğinde çok belirgin spekturumlar gözlemlenemediği görülmüştür. 1280 cm^{-1} deki emilim bandı, bitki özütünde bulunan H-bağlı alkoller ve fenollerdeki OH'nin (hidroksil) gerilme titreşimine karşılık gelmektedir. 945 cm^{-1}, pik ise oligosakkaritlerin -C-O bağına karşılık gelmektedir. Spektrumlar, AgO NP sentezinde kullanılan maddenin türüne, özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Kenevir bitki özütünün FTIR spekturumu incelendiğinde ise 3268 cm^{-1} ve 2156 cm^{-1}, fenolik OH gruplarının absorpsiyon bandına karşılık gelmektedir. 2001 cm^{-1} görülen pik yapıdaki kristalin bölgenin amorf selülozunu ve C-O titreşimini temsil eder. 1628 cm^{-1} pik, hemiselülozların ve pektinin asetil gruplarının C=O gerilmesi titreşimlerine karşılık gelmektedir. 584 cm^{-1} C-C bandının titreşimlerine karşılık gelmektedir. Piklerin boyutu, mevcut malzeme miktarının doğrudan bir göstergesidir. Literatürde ki makalelerde yapılan AgO NP'lerin FTIR analizinde hem çalışmamıza yakın spektrumlar (Güngörmüş,2021) hemde biraz daha güçlü spekturumların sonuç verdiği gözlemlenmiştir (Patil & Chougale, 2021; Düzgün & Kara, 2024).



Şekil 4.2. (a) AgO NP'lerin FTIR analizi, (b) Kenevir birki özütü analizi

4.1.3. AgO NP'lerin XRD (X-Işınları Difraktometresi) Analizi

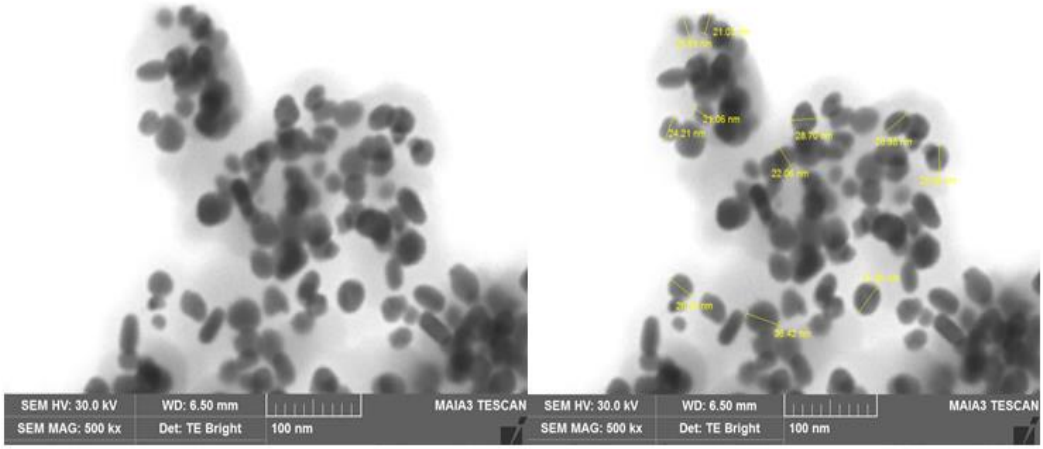
AgO NP'lerin hem kristal hem de moleküler yapılarının analizi için gelen ışığın farklı dalga boylarında iletilen ışığın miktarını belirlemek için kullanılan analiz testidir. X-ışını kırınımı (XRD), farklı moleküllerin niteliksel olarak tanımlanması, kristal derecesinin, parçacık boyutlarının ve kimyasal türlerin niceliksel çözünürlüğünün incelenmesi için kullanılan yaygın bir analiz yöntemidir. *Cannabis sativa* bitkisi ile sentezlenen AgO NP'lerin kristal yapısını belirlemek için XRD analizi yapıldı. AgO NP'lerin XRD modeli Şekil 4.3'te gösterilmiştir. 32.58°, 38.42°, 43.67°, 46.54° 63.84° ve 82.69°'deki altı ana tepe noktası tespit edildi. X Ray verilerine göre elde edilen NP'ler saf AgO NP olduğu tespit edildi. AgO NP'lerin ortalama kristal boyutu Scherrer denklemi kullanılarak hesaplandı. AgO NP'lerin parçacık boyutu yaklaşık 41.7 nm olarak hesaplandı. Sonuçlar literatürdeki çalışmalar ile kıyaslandığında çalışmamızda sentezlenen NP'lerden hem küçük boyutta NP'ler vardır hem de çalışmamızdan elde edilenlere boyutta yakın sonuçlar vardır (Korkmaz vd., 2020; Zhang vd., 2012).



Şekil 4.3. AgO NP'lerin XRD analizi

4.1.4. AgO NP'lerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

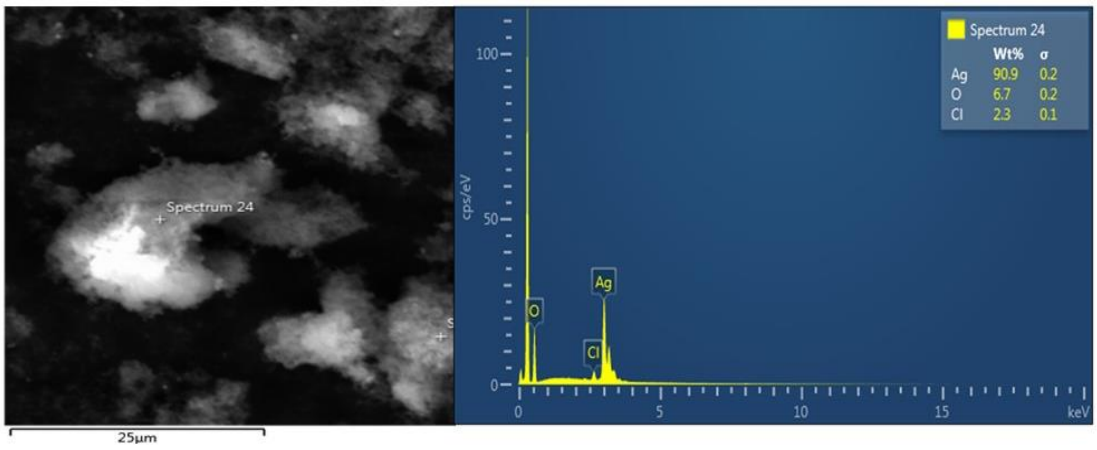
Sentezlenen AgO NP'lerin şekli, yüzey topolojisi ve morfolojisinin karakterizasyonu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak gerçekleştirildi. Kenevir bitkisi yapraklarından yeşil sentez yöntemiyle elde edilen AgO NP'lerin SEM görüntüleri Şekil 4.4'te verilmiştir. SEM görüntülerinden yola çıkarak parçacıkların farklı çapta ve farklı boyutlara sahip olduğu görülmektedir. AgO NP'leringörüntüleri incelendi ve farklı boyutlarda küresel ve kübik yapılarda oldukları görüldü. AgO NP'lerin parçacık boyutunun 20.69 nm ile 36.42 nm arasında olduğu gözlemlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarında AgO NP'lerin SEM analizinde daha küçük boyutlarda oluştuğu ve bizim çalışmamıza yakın NP boyutuna sahip sonuçlarında olduğu gözlemlendi (Sohrabnezhad vd., 2016; Khodadadi vd., 2017).



Şekil 4.4. AgO NP'lerin SEM analizi

4.1.5. AgO NP'lerin Enerji Dağılım Xışını Spektrometresi (EDX) Analizi

Kenevir bitkisi özütüyle elde edilmiş olan AgO NP'lerin elementel bileşimini ve saflığını görmek için EDX analizi Şekil 4.5'te verilmiştir. EDX sonucu Ag elementinin varlığı (%90.9) O elementinin varlığı (%6.7) ve çok düşük miktarda bitki safsızlıklardan gelen Cl elementinin varlığı (%2.3) çıkarak Ag elementi O ve Cl elementlerinden oldukça yüksek miktarda bir sonuç vermiştir. Böylece EDX elementel analizinde büyük oranla Ag elementinin varlığı belirlenmiştir.

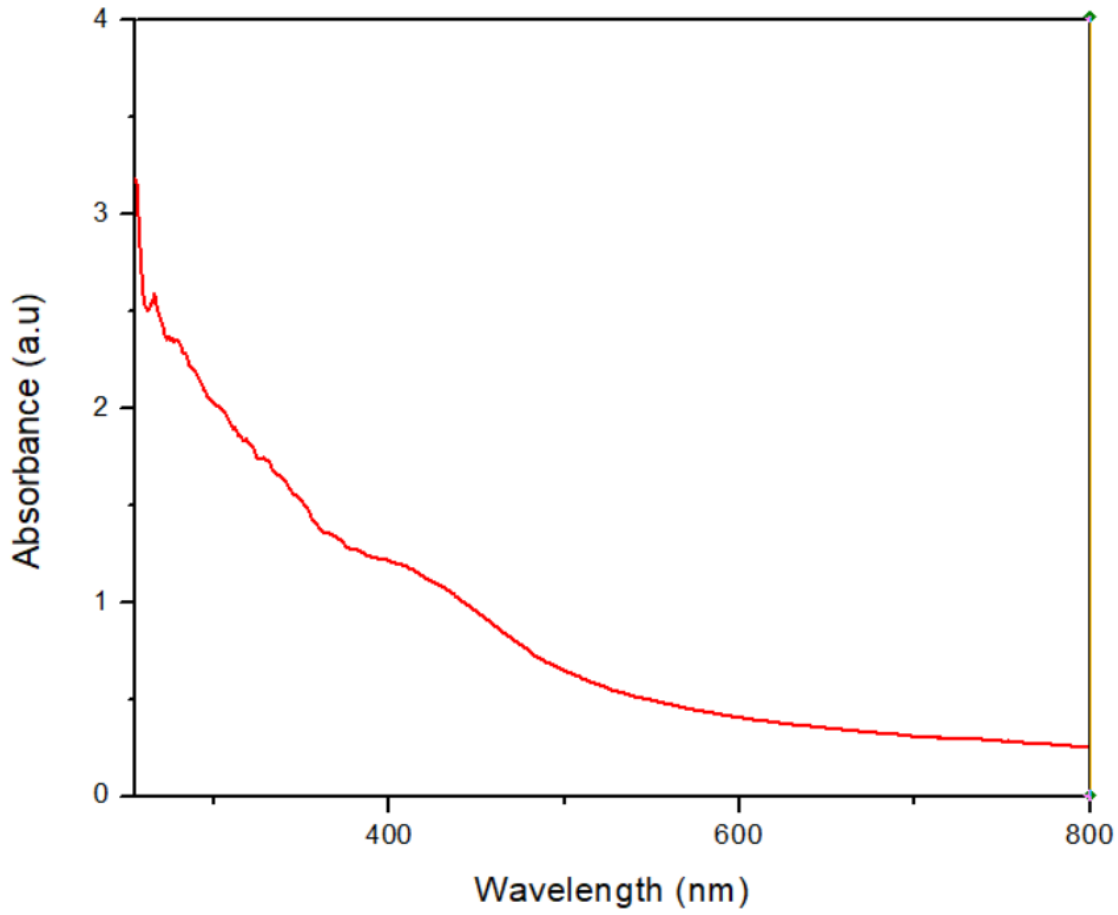


Şekil 4.5. AgO NP'lerin EDX Analizi

4.1.6. CuO NP'lerin UV-Vis Spektrofotometre Analizi

Yeşil sentez sırasında, indirgeyici ajanlarla NPoluşumunun çalışmasına hizmet edebilirler. CuO NP'leri, kenevir bitkisi (*Cannabis sativa*)'nin yaprak kısımlarından elde edilmiştir. AgO NP UV-Vis analizine kıyasla çok belirgin bir pik gözlemlenmedi. Dalga boyu arttıkça emilim yoğunluğu azaldı, bu da oluşumun büyük bir dalga boyunda meydana gelmediğini

gösteriyor. CuO NP'lerinde azalmanın doğrulanması, 300-400nm arasında 372 nm'de hafif bir eğilimle gözlemlenmiştir (Şekil 4.6). Absorbans şekli ve konumu, partikül morfolojisi, boyutu, kümelenme durumu ve çözeltideki partikül doğası gibi çeşitli özellikler CuO NP'lerin farklı boyutta pik vermesine sebeplerdir. Literatürde yapılmış çalışmalarda CuO NP'lerin daha düşük boyutta 200 ile 350 nm arasında dalga boyu oluşturduğu veya daha yüksek boyutta dalga boyutu oluşturduğu gözlemlendi (Nzilu vd., 2023; M. Mert, 2023; B. Mert, 2023).

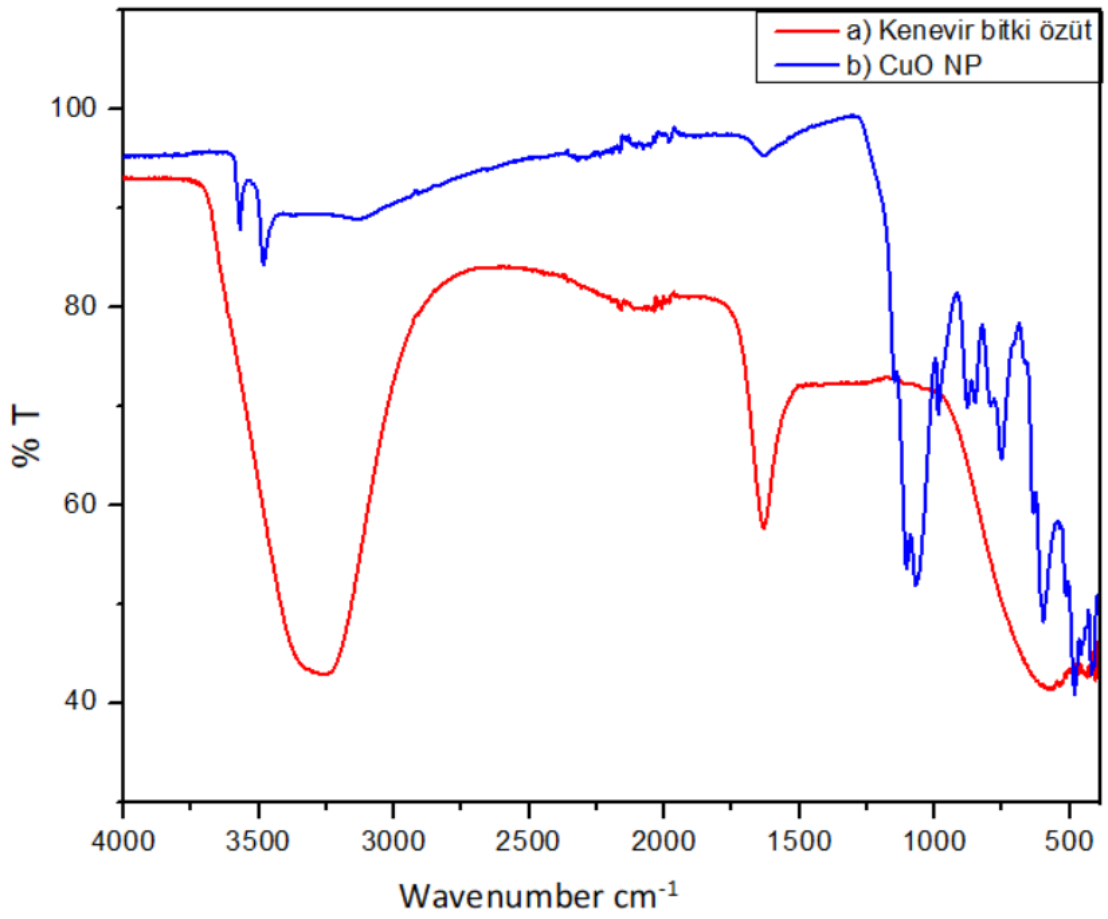


Şekil 4.6. CuO NP'lerin UV-Vis analizi

4.1.7. CuO NP'lerin FTIR (Fourier Dönüşümü Kızılötesi) Spektroskopisi

Yeşil yolla sentezlelen CuO NP'lerin ve sentezte kullanılan *Cannabis sativa* bitki materyalinin FTIR analizleri Şekil 4.7'de verilmiştir. FTIR analizi, ön işlemin biyokütlenin yapısal ve kimyasal değişimleri üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. CuO NP'in ve kenevir bitki özütünün kızılötesi emilim spektrumları 400-4000 cm^{-1} aralığında ölçülere bu değerlerin yapılarındaki fonksiyonel gruplar belirlenmiştir. FTIR analizi, sentezlenen CuO NP'lerin indirgeme, kaplama ve stabilizasyondan sorumlu

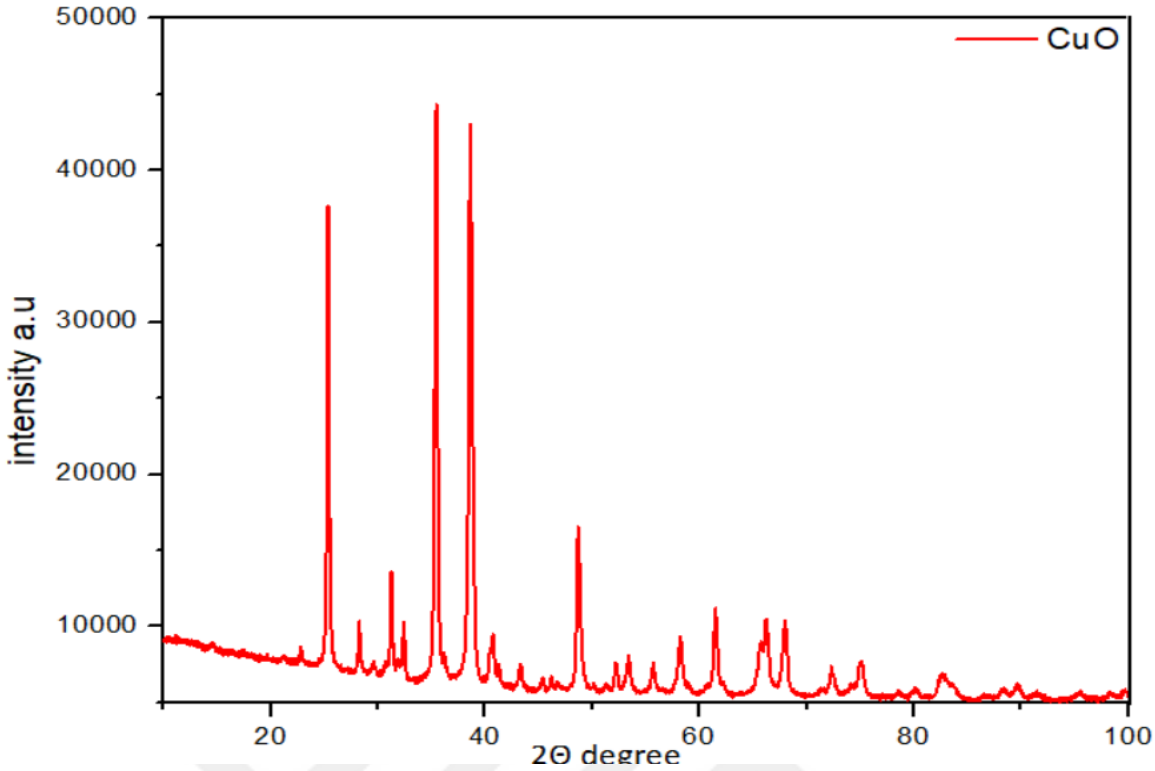
biyomolekülleri tanımlamak için gerçekleştirildi (El-Tras vd., 2012). CuO NP'lerin FTIR analiz 3578 cm^{-1} ve 3479 cm^{-1}'deki güçlü pikler fenol bileşik grubundan OH'nin (hidroksil) O-H gerilme titreşim bandına karşılık gelmektedir. 1982 cm^{-1} pik C-H bağına karşılık gelmektedir. 1634 cm^{-1}'deki pik bitki özütünden ve diğer fenoliklerin C-O grubundan kaynaklanmaktadır. 1119 cm^{-1}'deki pik metil gruplarından C-O (polioller), C-H veya C-O bantlarının titreşimlerini temsil eden tepe noktasına karşılık gelmektedir. 1063 cm^{-1}, 995 cm^{-1}, 864 cm^{-1} gözlemlenen tepe, CuO' daki C-O titreşimlerine karşılık gelir. 739 cm^{-1}'de görülen pik C-O ve C=H asimetrik gerilme bantlarına karşılık gelmektedir. 597 cm^{-1}, 479 cm^{-1} ve 417 cm^{-1} IR bantları, monoklinik CuO'daki Cu-O bağının C-H gerilme titreşimine karşılık gelmektedir. Bu tepeler, CuO NP'lerinin başarıyla sentezlendiğini kanıtlamıştır. Kenevir bitki özütü 3268 cm^{-1} ve 2156 cm^{-1}'deki, güçlü tepe noktaları, bitkide çok yaygın olan ve hidrokarbon bileşenlerine atfedilen hidroksil grubunun -OH eksenel gerilmesine karşılık gelmektedir. 2001 cm^{-1} tepe noktaları, sırasıyla kristalin bölgenin amorf selülozunu ve C-O titreşimini temsil eder. 1628 cm^{-1} çin bant, hemiselülozların ve pektinin asetil gruplarının C=O gerilmesi titreşimlerine karşılık gelmektedir. 584 cm^{-1} kısa pik ise C-C bandının titreşimlerine karşılık gelmektedir. Bu tepe noktaları, bitki özünde fenolik bileşiklerin varlığını gösterir. CuO NP'lerin ve kenevir bitki özütünün FTIR spektrumları 400 ile 4000 cm^{-1} arasındaki bölgelerde titreşimler sergiledi ve bu da CuO NP'lerinin oluşumunu daha da doğruladı. Literatürdeki çalışmalarda CuO NP'lerin FTIR analizleri çalışmamıza yakın sonuçlar vermiştir (Çimen vd., 2019; Das vd., 2020).



Şekil 4.7. (a) Kenevir birki özütü, (b) CuO NP'lerin FTIR analizi

4.1.8. CuO NP'lerin XRD (X-Işınları Difraktometresi) Analizi

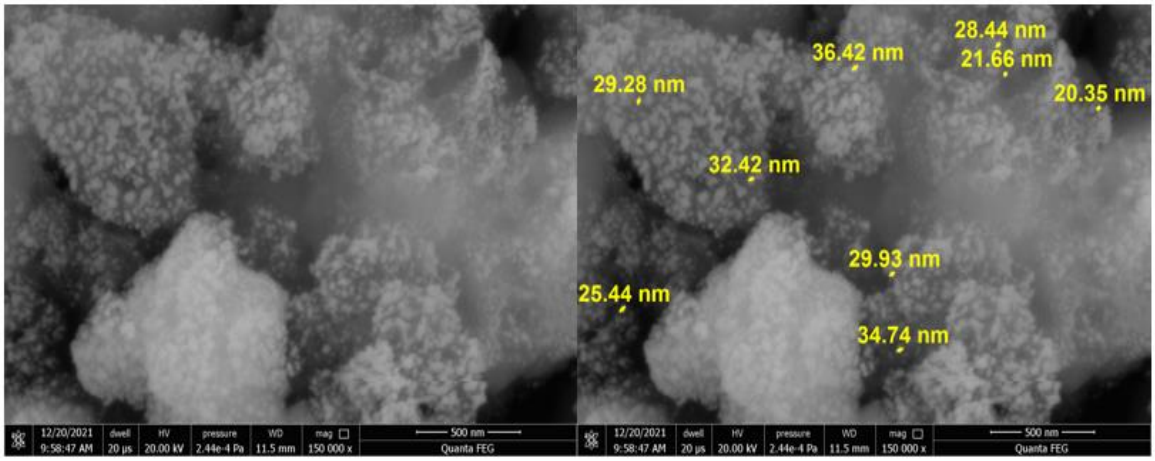
Cannabis Sativa bitkisinin atık yapraklarından yeşil sentez yöntemiyle sentezlenen CuO NP'ler Şekil 4.8'de gösterildiği gibi XRD de gözlemlenen karakteristik zirvelerle doğrulanmıştır (Bouafia vd., 2020). Gözlemlenen kırınım tepe noktaları karşılık gelen CuO düzlemleri iyi indekslenir. XRD analizine göre NP'ler başka herhangi bir faz olmaksızın CuO NP'lerin tipik monoklinik yapısına sahiptir. 25.58º, 31.47º, 35.26º, 38.32º, 48.75º, 58.24º, 61.27º, 67.92º, 75.51º, 82.34º'de gözlemlenen yansımalar [110], [102], [002], [111], [202], [020], [202], [113], [311], [222]' e endekslenmektedir. Gözlemlenen XRD desenlerindeki iyi tanımlanmış ve keskin CuO yansımaları, CuO NP'lerin iyi kristalli doğasını doğrulamaktadır. CuO düzlemleri CuO NP'lerin ortalama kristal boyutunun Debye-Scherer denklemi $D = 0.9\lambda/\beta\cos\theta$ kullanılarak 39.2 nm hesaplanmıştır. Buradaki D kristal boyut, λ X-ışınının dalga boyu, β kırınım zirvesinin yarı maksimumundaki tam genişlik ve θ Bragg açısını temsil etmektedir (Naika vd., 2015).



Şekil 4.8. CuO NP'lerin XRD Analizi

4.1.9. CuO NP'lerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

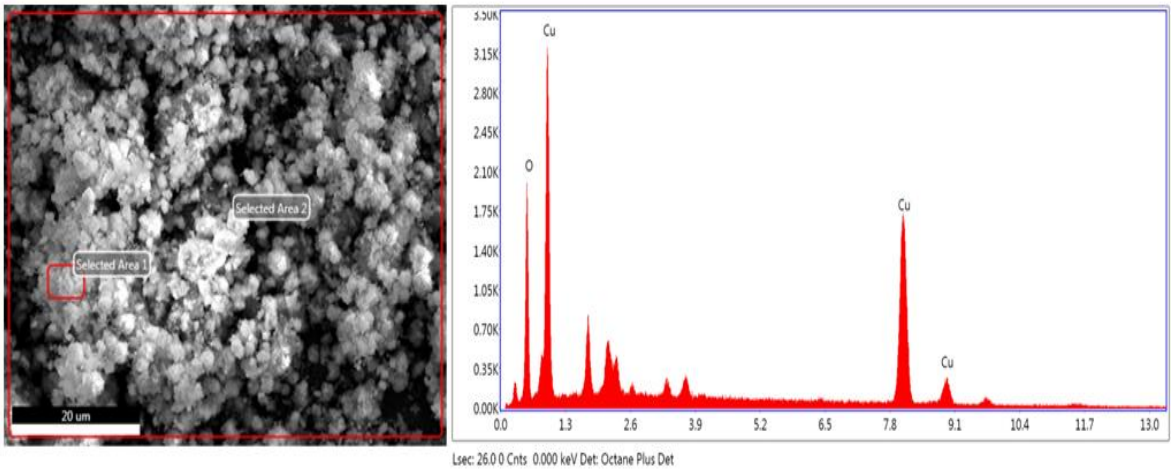
Elde ediden CuO NP'lerin şekli, yüzey topolojisi ve morfolojisinin karakterizasyonu, Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak gerçekleştirildi. Kenevir bitkisi atık yapraklarından yeşil sentez yöntemiyle sentezlenen CuO NP'lerin SEM görüntüleri Şekil 4.9'da verilmiştir. SEM görüntülerinden yola çıkarak parçacıkların farklı boyutlarda ve küresel yapılarda sahip olduğu görülmektedir. CuO NP'lerin parçacık boyutunun 20 nm ile 36 nm arasında olduğu gözlemlendi. Literatürde yapılan çalışmalarda CuO NP'lerin karakterizasyon incelemelerinde SEM analizinde daha büyük boyutlarda NP'lerin oluştuğu da gözlemlenmiştir (Bakır vd., 2022; Gaber vd., 2024).



Şekil 4.9. CuO NP'lerin SEM Analizi

4.1.10. CuO NP'lerin Enerji Dağılım X-ışını Spektrometresi (EDX) Analizi

Kenevir bitkisi özütüyle elde edilmiş olan CuO NP'lerin elementel bileşimini ve saflığını görmek için EDX analizi Şekil 4.10'da verilmiştir. EDX sonucu Cu elementinin varlığı (%78.73) O elementinin varlığıu (%21.27) çıkarak O elementinden oldukça yüksek bir sonuç vermiştir. Böylece EDX elementel analizinde büyük oranla Cu elementinin varlığı ispatlanmıştır (Mali vd., 2020).



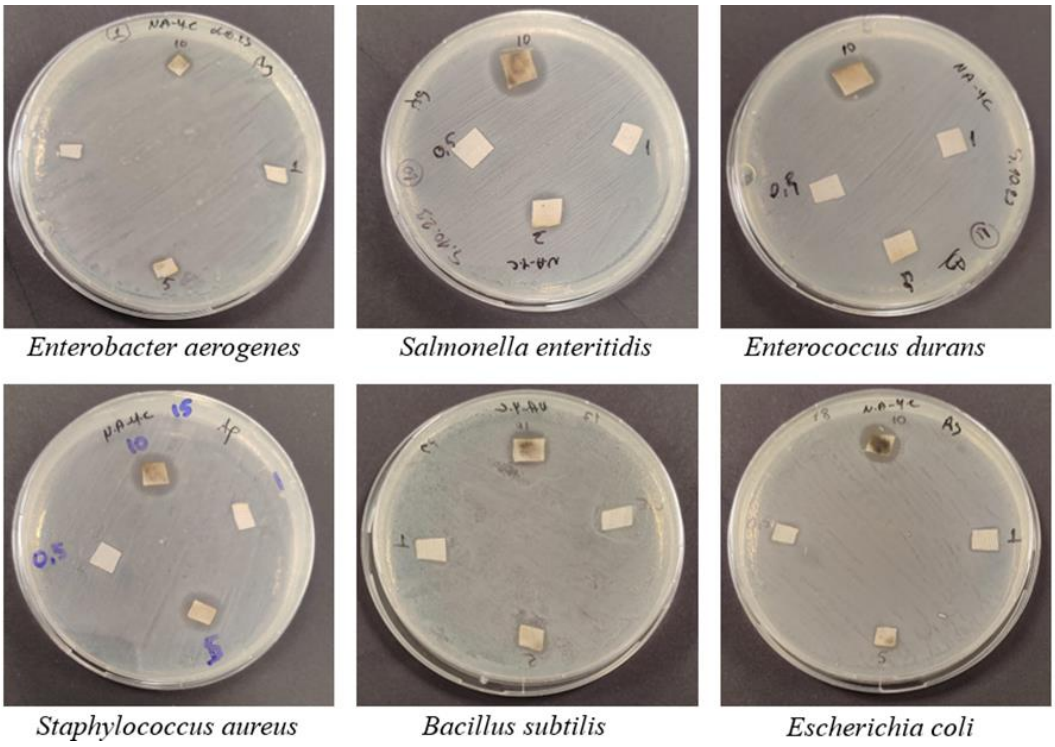
Şekil 4.10. CuO NP'lerin EDX Analizi

4.2. Antibakteriyel Aktivitenin Belirlenmesi

4.2.1. AgO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antibakteriyel Aktivitesi

Güçlü antibakteriyel aktivite için AgO NP tasarımında genel bir ilke, birkaç özelliği içerir bunlar; yüzey kimyası, antibakteriyel ajanın kümelenmeye karşı yüksek dispersiyon kararlılığı, Ag^+ iyonlarının salınımını teşvik etmek için düşük kimyasal kararlılık ve son

olarak hücre zarıyla yüzey bağlanmasını artırmak için pozitif yüzey yükü sağlamak üzere bu özellikler kontrol edilmelidir. Bakteri hücreleriyle etkileşimi ve Ag^+ iyonlarının yüksek salınım hızını artırmak için parçacık boyutu ve şekli nispeten küçük bir boyuta tercihen <10 nm ve plaka benzeri bir morfolojiye ayarlanmalıdır (Tang, S., & Zheng, J. 2018). Yapılan çalışmada AgO NP'lerin inhibisyon zonları Şekil 4.11'de verilmiştir. AgO NP ile işlenmiş kumaş örnekleri üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi ve deneylerin aritmetik ortalama sonuçları alınmıştır. Zon çapları cetvel yardımıyla ölçüldüğünde AgO NP'lerin 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL kosantrasyonlarında sırasıyla çap ölçümleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

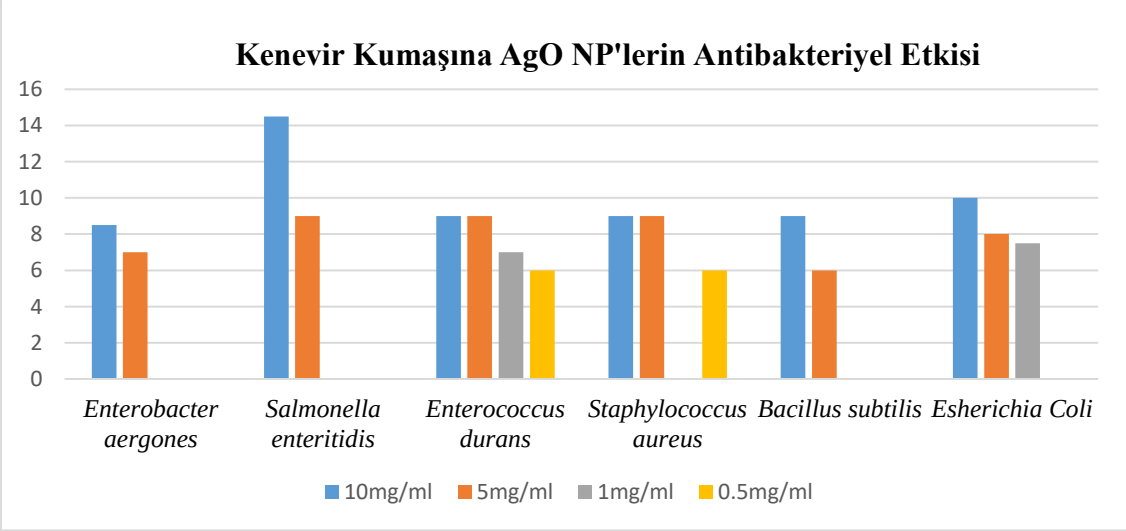


Şekil 4.11. AgO NP'lerin kenevir kumaşında bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.1. AgO NP'lerin bakteriler üzerinde oluşan zon çap ölçümleri

AgO NP	10mg/ml	5mg/ml	1mg/ml	0.5mg/ml
Enterobacter aergones	8.5	7	0	0
Salmonella enteritidis	14.5	9	0	0
Enterococcus durans	9	9	7	6
Staphylococcus aureus	9	9	0	6
Bacillus subtilis	9	6	0	0
Esherichia Coli	10	8	7.5	0

Çalışılan antibakteriyel testte AgO NP'lerin daha yüksek 10 mg/mL konsantrasyonda da düşük 0.5 mg/mL konsantrasyonda da antibakteriyel etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir *E. coli, S. enteritidis, S. aureus, E. aerogenes, E. durans, B. subtilis* karşı test edilen sentezlenmiş NP'ler için kenevir kumaşında 10 mg/mL konsantrasyonlarında en iyi antibakteriyel etki gösteridği gözlemlenmiştir. Ayrıca *S. aureus* bakterisi 5 mg/mL konsantrasyonda da çok iyi antibakteriyel etki göstermiştir. AgO NP kaplı kenevir kumaş örneği bakterilerin üzerine yerleştirildiğinde, kumaştaki antibakteriyel madde büyüme ortamına yayıldı. İşlenmiş kenevir kumaşı örnekleri önemli miktarda bakteri büyümesi gösterdi ve bu da AgO NP ile işlenmiş örneklerin düşük konsantrasyonlarda bile hem *E. durans* hem de *S. aureus* türlerine karşı antibakteriyel aktivite göstermiştir (Şekil 4.12).



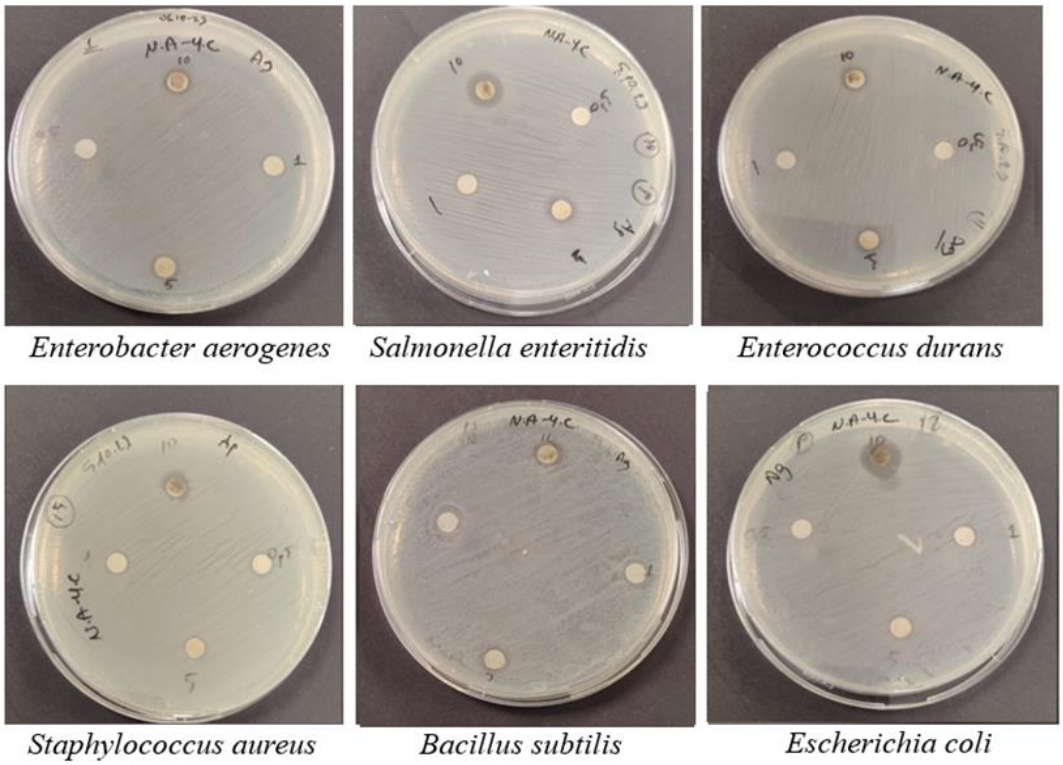
Şekil 4.12. AgO NP'lerin kenevir kumaşında antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi

Antibakteriyal etki, NP sentez yöntemine, boyutlarına ve biçimlerinin yanında NP'leri oksidasyon ve agregasyona karşı koruyan stabilizatörün doğasına da bağlı olarak değişkenlik

gösterebilir (Eremenko vd., 2016). AgO NP'lerin bir bakteri hücresi üzerindeki etki mekanizmaları literatürde şu şekilde tartışılmaktadır: hücre duvarına tutunma, NP'lerin birikmesi, serbest radikaller tarafından hücre zarının tahrip edilmesi, gümüşün solunum enzimleriyle etkileşimi, reaktif oksijenin salınması, hücrenin tahrip edilmesi ve DNA'nın kükürt ve fosfor atomlarıyla etkileşimi gibi özellikler NP'lerin bakteri hücresinde gözlemlenen etki mekanizmalarıdır. Genel olarak NP'lerin bakteri hücrelerindeki AgO NP bileşiklerle reaksiyona girmeye karşı yüksek bir afiniteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, bakteri hücrelerinin yüzeylerine yapışabilir ve hatta içlerine nüfuz ederek bakteri ölümüne yol açabilmektedirler. (Raza vd., 2015). Çeşitli mikroorganizmalar kullanılarak gerçekleştirilen AgO NP sentezi sonuçları, AgO NP oluşum sürecinin hem hücre içinde hem de dışında gerçekleşebileceğini göstermiştir. AgO NP'lerin hücre yüzeyine yapışması ve birikmesi özellikle Gram negatif bakterilerde gözlenmiştir. AgO NP'ler, Gram negatif bakterilerin dış zarındaki porin adı verilen suyla dolu bir kanaldan bakteri hücrelerine nüfuz edebilir. Porinler, öncelikle çeşitli büyüklük ve yüklere sahip hidrofilik molekülleri zar boyunca pasif olarak taşımada rol almaktadırlar. Gram pozitif bakterilerin daha kalın hücre duvarının, Ag iyonlarının sitoplazmaya nüfuz etmesini sağlayarak AgO NP'lerin etkisi Gram negatif bakterilerde Gram pozitif bakterilere göre daha belirgindir (Chauhan vd., 2016). Hücre dışı sentez, bakteri hücre duvarında bulunan proteinlerin, enzimlerin ve salgılanan proteinlerin varlığını içermektedir. Bu sebeple Ag^{+} , Ag^{0}'a indirgenir. Hücre dışı AgO NP sentezinin hem Gram pozitif bakteri cinsi *Bacillus* için, özellikle *B. pumilus, B. persicus* ve *B. subtilis* için, hem de *E. coli* ve *S. entritidis* gibi Gram negatif bakteriler için tipik olduğu gösterilmiştir (Mokhtari vd., 2009). Literatürde Schneider ve arakadaşlarının yaptığı çalışmada yeşil sentez yöntemiyle sentezlenen Ag NP'lerin yaygın olarak kullanıldığını farklı bakteri suşları kullanılarak yapılan *in vitro* çalışmada bildirilen sonuçlara göre, antimikrobiyal ve antibakteriyel özelliklere sahip tekstillerin üretiminde tespit etmişlerdir (Schneider vd.,2021). Bir başka çalışmada ise cerrahi maske üzerine Ag NP'lerin emdirilmesiyle cerrahi maskelerin dezenfeksiyonu antimikrobiyal özelliği çalışılmıştır. Tekstil liflerinde zararlı değişikliklere yol açabilecek kalın bir NP kaplaması oluşmadan yüzey lifleri arasında AgNP'lerin etkili bir şekilde emdirildiğini ve farklı suşlar kullanılarak antimikrobiyal ve antibakteriyel etki gösterdiği sonucuna varılmıştır (Valdez-Salas vd., 2021).

4.2.2. AgO NP'lerin Disk Difüzyonda Antibakteriyel Etkisi

Disk difüzyon antibakteriyel testinde AgO NP'lerin bakterilere karşı inhibisyon zonları Şekil 4.13' de verilmiştir. AgO NP ile disk parçaları iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi ve deneylerin aritmetik ortalama sonuçları alınmıştır. Yapılan çalışmada bakterilerin inhibisyon zonları cetvel yardımıyla ölçüldüğünde AgO NP'lerin 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL kosantrasyonlarında sırasıyla inhibisyon zon çap ölçümleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Tablodaki ölçümlere bakılacak olursa bütün bakterilerde AgO NP antibakteriyel etki görülmüştür.

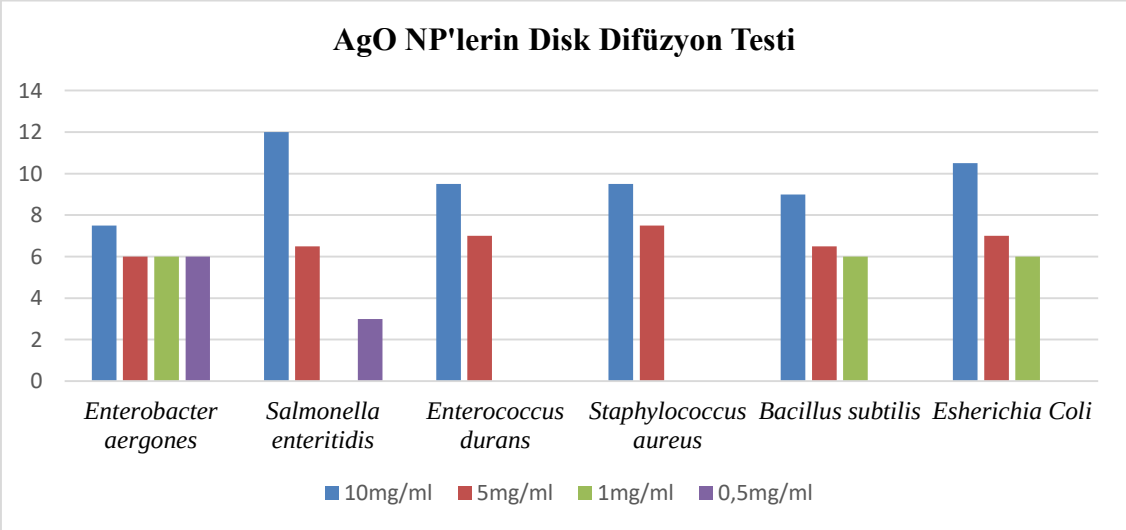


Şekil 4.13. AgO NP'lerin disk difüzyonda bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.2. AgO NP'lerin disk difüzyon antibakteriyel testindeki zon çap ölçüleri

AgO NP	10mg/mL	5mg/mL	1mg/mL	0.5mg/mL
Enterobacter aergones	7.5	6	6	6
Salmonella enteritidis	12	6.5	0	0
Enterococcus durans	9.5	7	0	0
Staphylococcus aureus	9.5	7.5	0	0
Bacillus subtilis	9	6.5	6	0
Esherichia Coli	10.5	7	6	0

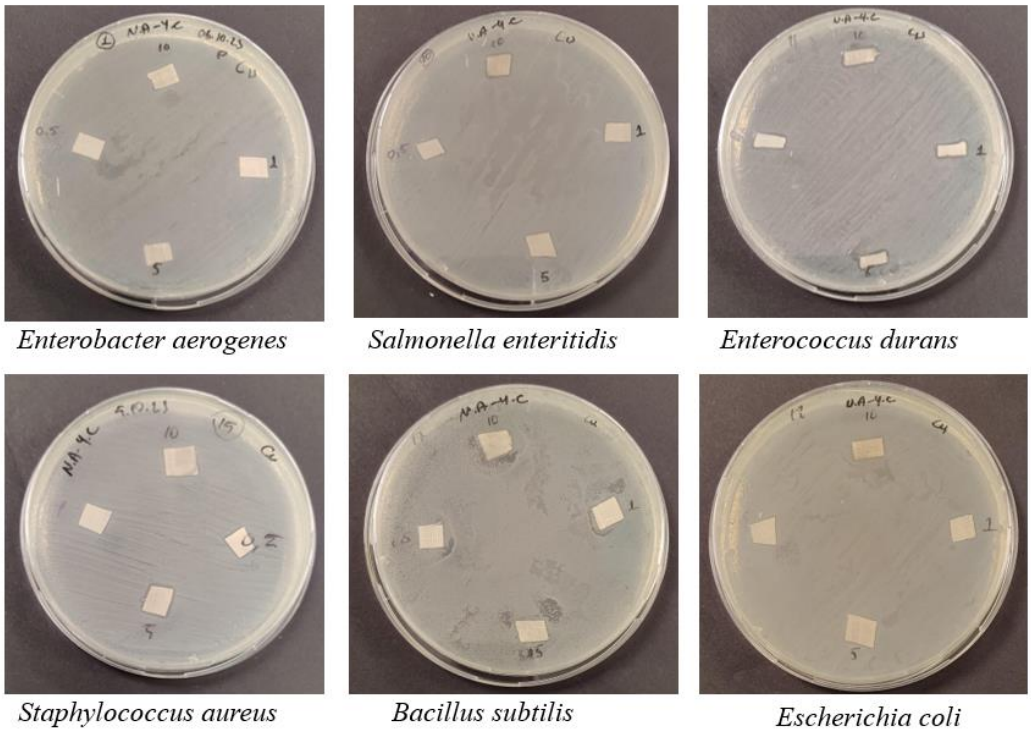
Ayrıca konsantrasyon miktarı artıkça antibakteriyel özelliğin arttığı da gözlemlendi. Sonuçlar, AgO NP'lerin Gram pozitif ve Gram negatif patojenik bakterilere karşı inhibitör etkiye sahip olduğunu gösterdi. Disk difüzyonda inhibisyon zonlarına incelendi. *E. aergones* ve *E. coli* bakterilerinde bütün miktardaki dozlarda antibakteriyel etki görüldü. *S. enteritidis, E. durans* ve *S. aureus* bakterilerinde 10 mg/mL ve 5 mg/mL'lik dozlarda antibakteriyel etki görüldü. Çalışılan bütün bakteriler AgO NP'lerde disk difüzyonda Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel özellik gösterdiği belirlendi (Şekil 4.14). AgO NP'leri disk difüzyonunu kullanan antibakteriyel duyarlılık testi iyi bilinmektedir. AgO NP'lerin içsel antibakteriyel özelliğine ek olarak, mikroorganizma öldürme gücü antibiyotiklerle birleştirildiğinde artırılabilmektedir. AgO NP'ler, bakterilerin proteinlerine ve DNA'sına bağlanır ve siprofloksasin DNA'ya zarar verir ve bu kombinasyon Gram pozitif ve Gram negatif bakterileri üzerindeki etkileri artırır (Cunha vd., 2016). Literatürde yapılan çalışmalarda doz miktarı fazla çalışlmış testlerde mecvuttur ve bu testlerde AgO NP 'lerde antibakteriyel özellik daha net görülmüştür (Kim vd., 2012). Bazı çalışmalar, Ag iyonundaki pozitif yükün, mikroorganizmanın negatif yüklü hücre zarı ile pozitif yüklü NP'ler arasındaki elektrostatik çekim yoluyla antimikrobiyal aktivitesi için çok önemli olduğunu bildirmiştir (Hamouda vd., 2001; Dibrov vd., 2002). Sondi ve Salopek yaptığı bir çalışmada Ag NP'lerin Gram negatif bakteriler üzerindeki antimikrobiyal aktivitesinin Ag NP konsantrasyonuna bağlı olduğunu ve bakteri hücre duvarındaki çukurların oluşumuyla yakından ilişkili olduğunu bildirmiştir. Daha sonra, bakteri zarında biriken Ag NP'leri geçirgenliğe neden olmuş ve hücre ölümüyle sonuçlanmıştır (Sondi & Salopek, 2004)



Şekil 4.14. AgO NP'lerin disk difüzyon testinde antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi

4.2.3. CuO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antibakteriyel Aktivitesi

Elde edilen verilere göre CuO NP süspansiyonları incelendiğinde dört farklı konsantrasyon aralığında CuO NP'lerin bakteriler üzerinde antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gözlemlenmiştir. CuO NP emdirilimiş kenevir kumaşı antibakteriyel testi üç tekerrürlü gerçekleştirildi. Yapılan çalışmada bakterilerin NP yüklü kenevir kumaşına karşı inhibisyon zon çapları Şekil 4.15'de verilmiştir. CuO NP'lerin 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL kosantrasyonlarında deneylerin aritmetik ortalaması alınmıştır ve sırasıyla çap ölçümleri Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

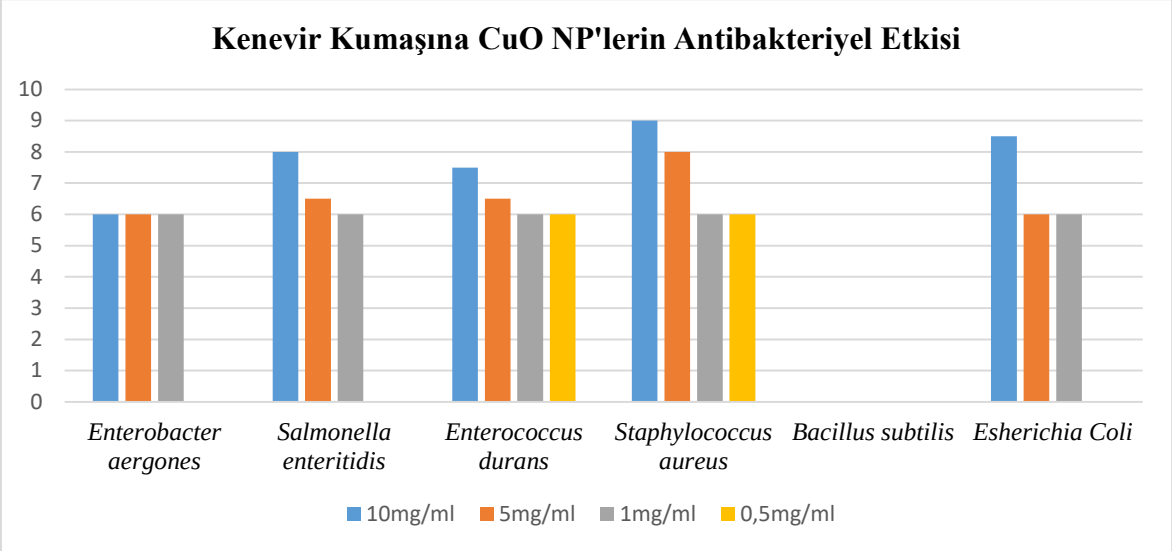


Şekil 4.15. CuO NP'lerin kenevir kumaşında bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.3. CuO NP'lerin bakteriler üzerinde oluşan zon çap ölümleri

CuO NP	10mg/mL	5mg/mL	1mg/mL	0.5mg/mL
Enterobacter aergones	6	6	6	0
Salmonella enteritidis	8	6.5	6	0
Enterococcus durans	7.5	6.5	6	6
Staphylococcus aureus	9	8	6	6
Bacillus subtilis	0	0	0	0
Esherichia Coli	8.5	6	6	0

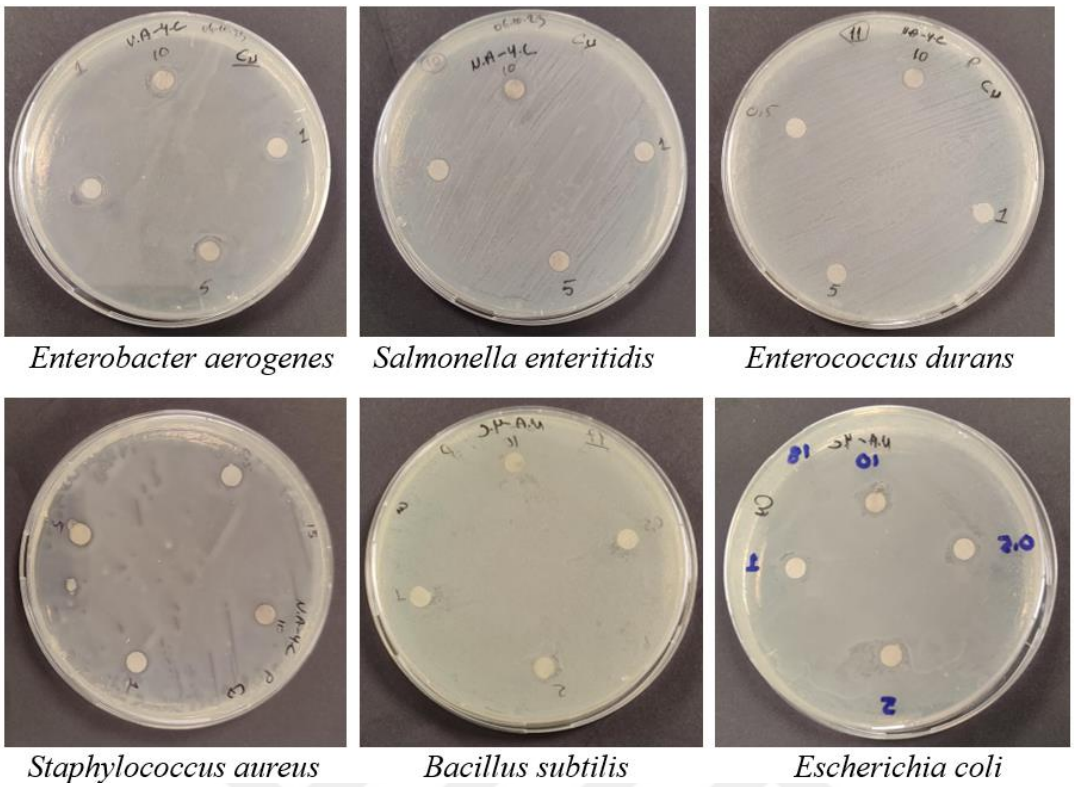
CuO NP'lerin *S. aureus, E. coli, E. aerogenes, E. durans ve S. enteritidis* gibi yaygın insan patojenik bakterilerine karşı yapılan çalışmada önemli bir antibakteriyel aktivite gösterdiği gözlemlendi. *E. durans* ve *S. aureus* bakterileri dört farklı konstrasyon miktarında da antibakteriyel özellik götermiştir. *E. aergones, S. enteritidis* ve *E. coli* bakterilerinde ise 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL konsantarsyonlarda CuO NP'ler kenevir kumaşında bakterilere karşı antibakteriyel özellik göstermiştir. *B. subtilis*, bakterisine karşı bir antibakteriyel özellik ne yazık ki CuO NP'de gözlemlenememiştir. Örneklerde konsantrasyon miktarı arttıkça antibakteriyel aktivitenin de arttığı gözlemlendi (Şekil 4.16). NP'ler aynı anda birden fazla biyomolekülü hedef aldığı için dirençli bakterilerin evrimini azaltabilir veya durdurabilir. Bakteriler hücre duvarı yapısına göre iki kategoriye ayrılmaktadır. Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerdir. Gram pozitif ve gram negatif bakterilerin membran yapılarında farklılıklar vardır; bunların en belirgini peptidoglikan tabakasının kalınlığıdır. CuO NP'lerinin *B.subtilis*'a karşı daha düşük etkinliğinin, membran yapısı açısından bu farklılıktan kaynaklanmaktadır. NP'lerin antibakteriyel aktivitesi, mikroorganizmaların taksonomik konumuna bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Örneğin, AgO NP'lerin B. subtilis yüzeyindeki aminlere ve karboksil gruplarına CuO NP'lerinden daha yüksek afiniteye sahip olduğu ve bu sebeple daha yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (Eremenko vd., 2016). He ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, inkübasyon sırasında büyüme ortamının pH'ının değiştirilmesinin farklı boyut ve şekillerde NP'lerin üretilmesiyle sonuçlandığı keşfedilmiştir (He vd., 2007). Bu tür özelliklerin kontrol edilmesi önemlidir, çünkü optik, katalizör veya antimikrobiyal ve antibakteriyel gibi farklı uygulamalar için farklı boyutlarda NP'ler gerekmektedir. (Pantidos & Horsfall, 2014). Literatürde yapılan çalışmalarda, Gram pozitif bakterilerin NP'lerin etki mekanizmasına karşı daha yüksek bir dirence sahip olduğunu göstermektedir ve bu da hücre duvarlarındaki farkın bakterinin direncini etkilediğini göstermektedir. Her iki bakteri türü de NP'ler ile salınan iyonlar arasındaki etkileşimi etkileyen negatif yüklü duvarlara sahiptirler (Crisan vd., 2021). CuO NP'lerin birçok farklı uygulamasının yanı sıra, belirli ilaç taşıma yetenekleri ve yüksek verimli fotolüminesans yetenekleri göstermiş olmaları, onları görüntüleme ajanlarının ve kanser karşıtı ilaçların hedefli iletimi için önemli malzemeler haline getirmiştir (Ingle vd.,2014).



Şekil 4.16. CuO NP'lerin kenevir kumaşında antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi

4.2.4. CuO NP'lerin Disk Difüzyonda Antibakteriyel Etkisi

CuO NP'lerin disk difüzyon testi Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı 2 tekrarlı şekilde gerçekleştirildi oluşan inhibisyon zonları cetvelle ölçülerek aritmetik ortalaması alındı. Disk difüzyon antibakteriyel testinde CuO NP'lerin bakterilere karşı inhibisyon zonları şekil 4.17'de verilmiştir. Yapılan çalışmada inhibisyon zon çapları ölçüldüğünde CuO NP'lerin 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL kosantrasyonlarında sırasıyla inhibisyon zon çap ölçümleri Tablo 4.4'de verilmiştir.



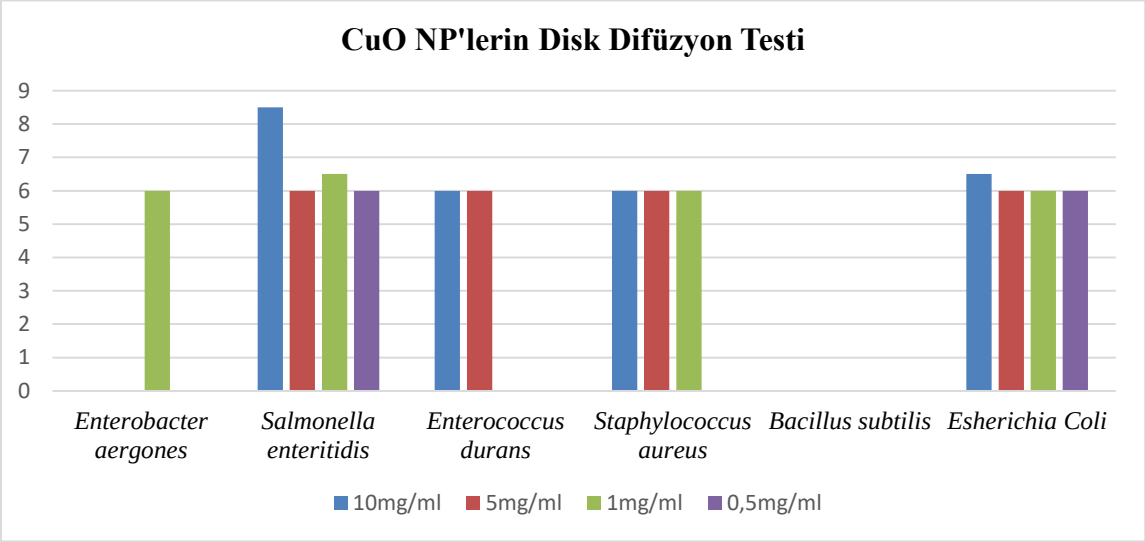
Şekil 4.17. CuO NP'lerin disk difüzyonda bakteriler üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.4. CuO NP'lerin disk difüzyon antibakteriyel testindeki zon çap ölçüleri

CuO NP	10mg/mL	5mg/mL	1mg/mL	0.5mg/mL
Enterobacter aergones	0	0	6	0
Salmonella enteritidis	8.5	6	6.5	6
Enterococcus durans	6	6	0	0
Staphylococcus aureus	6	6	6	0
Bacillus subtilis	0	0	0	0
Esherichia Coli	6.5	6	6	6

Tablodaki ölçümlere bakılacak olursa *Enterobacter aergones* bakterisinde sadece 1 mg/mL 'lik konsantrasyonda bir antibakteriyel etki göstermiştir, *S. enteritidis* ve *E. coli* bakterileri dört farklı konsantrasyonda antibakteriyel özellik göstermiştir. *E. durans* bakterisi daha yüksek konsantrasyonlarda 10 mg/mL ve 5 mg/mL'lik konsantrasyonlarda antibakteriyel etki göstermiştir. *S. aureus* bakterisi 0.5 mg/mL dışında diğer daha yüksek konsantrasyonlarda antibakteriyel etki göstermiştir. *B. subtilis* bakterisine karşı ise bir antibakteriyel etki gözlemlenememiştir. CuO NP'lerin konsantrasyon miktarı arttıkça diğer ise bakterilerde görüldüğü gibi daha iyi bir antibakteriyel etki gösterdiği gözlemlendi (Şekil 4.18). Disk difüzyon sonuçları detaylı incelendiğinde CuO NP'leri Gram negatif mikroorganizmalara karşı daha fazla aktivite göstermiştir. Bunu sebebi birkaç peptidoglikan

katmanına sahip Gram pozitif bakterilerin hücre duvarına kıyasla, benzersiz bir dış zar katmanı ve tek bir peptidoglikan katmanından oluşan Gram negatif bakterilerin hücre duvarına daha küçük boyutlu NP'lerin kolaylaştırılmış akışıyla açıklanabilir. Böylece hücre duvarı, dış bakteriyel membrandan NP'lere daha fazla maruz kalır (Usman vd., 2013). Bogoslovskaja ve arkadaşları yaptığı bit çalışmada farklı boyutlara, faz bileşimlerine ve yüzey oksit film kalınlıklarına sahip yeşil sentez yöntemiyle senteslenen CuO NP'lerin antimikrobiyal etkisine ilişkin veriler sunmuştur. Farklı faz bileşimlerine sahip NP'ler için gözlemlenen toksisitedeki farklılıklar hem mikroorganizma suşlarının spesifik özellikleriyle hem de NP konsantrasyonu ve özellikleriyle ilişkilendirilmiştir (Bogoslovskaja vd., 2014). Literatürde yapılmış çalışmlalarda ise antibakteriyel özellikler CuO NP'lerde daha yüksek dozlarda uygulanmış ve yüksek dozlarda daha belirgin sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (Mohamed vd., 2021).



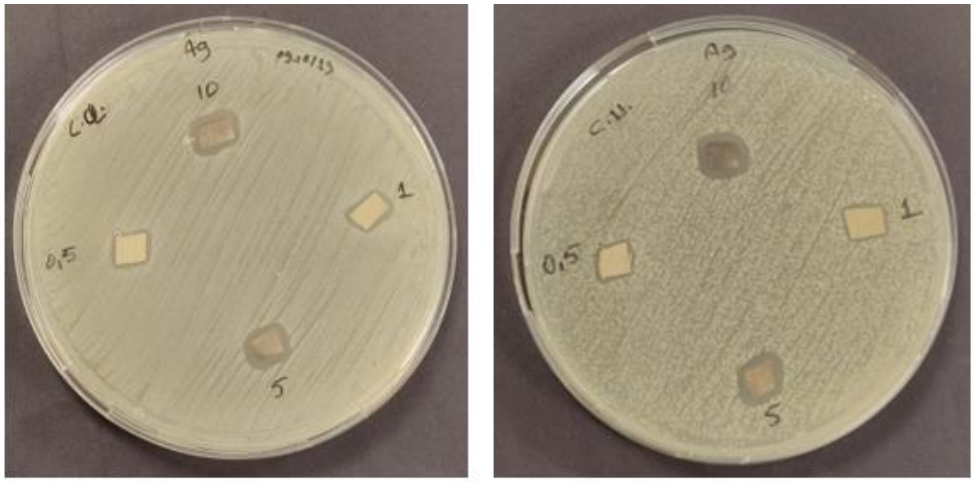
Şekil 4.18. CuO NP'lerin disk difüzyon testinde antibakteriyel etkisinin grafiksel gösterimi

4.3. Antifungual Aktivitesinin Belirlenmesi

4.3.1. AgO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antifungual Aktivitesi

Mantar enfeksiyonları ökaryotik organizmalar tarafından meydana gelir ve bu nedenle patojenlerin varlığını tespit etmek ve uygun terapötik tedaviyi uygulamak bakteriyel enfeksiyonlara kıyasla daha zordur. Mantarların hücre duvarı, insan hücrelerinde bulunmayan kitin yapısı nedeniyle seçici toksik antifungal ajanlar için birincil hedef olarak düşünülebilir. Kimyasal tedaviler büyük ölçüde etkilidir, ancak dirençli suşlar ve içsel olarak dirençli türler geliştirilebilir **(**Nazzaro vd., 2017). AgO NP'lerin antifungual testi in vitro koşullarda çalışılmıştır. Antifungual çalışma iki tekrarlı çalışıldı ve deneylerin ariymetik

ortalaması alındı. İnhibisyon zonları cetvel yardımıyla ölçülerek çıkan zon çap ölçümleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir. AgO NP'lerin funguslar üzerindeki inhibosyon zonları ölçümü Tablo 4.5'te verilmiştir.



Candida albicans *Candida ubitilis*

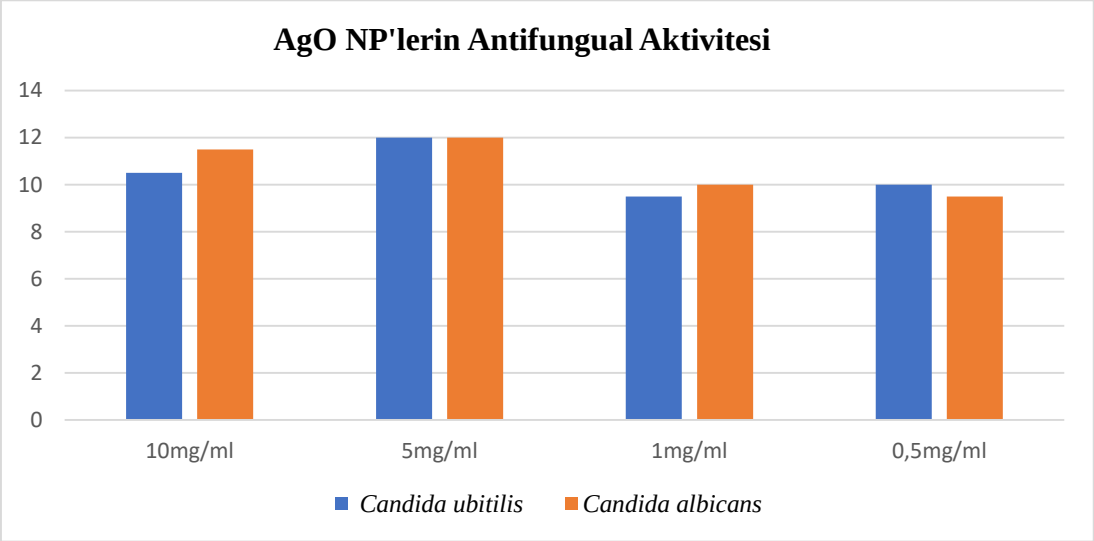
Şekil 4.19. AgO NP'lerin kenevir kumaşında funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.5. AgO NP'lerin kenevir kumaşında funguslara karşı inhibisyon zonları

AgO NP	10 mg/mL	5 mg/mL	1 mg/mL	0.5 mg/mL
Candida ubitilis	10.5	12	9.5	10
Candida albicans	11.5	12	10	9.5

AgO NP katkılı kenevir kumaşında antifungual testinde zon çapları ölçüldüğünde ve inkübe edilme sonucunda *C. ubitilis* ve *C. albicans* fungusları dört farklı konsantrasyonda da AgO NP'leri kenevir kumaşında antifungual etki göstermiştir (Şekil 4.20). Hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı çok güçlü antibakteriyel aktivite gösteren AgO NP'ler çoklu dirençli suşlar dahil olmak üzere, potansiyel antifungal ajan olarak çalışılmışlardır. AgO NP'ler, 0.5 mg/mL gibi düşük Ag konsantrasyonlarında patojenik *C. albicans* ve *C.ubitilis'e* karşı yüksek antifungal aktivite göstermişlerdir. *C. albicans* ve *C. ubitilis* hücreleri, AgO NP'leri maruziyeti sırasında, yüzeylerinde çukurlar oluşturarak sonunda gözeneklerin oluşumu ve hücre ölümüyle sonuçlanan membranlarında önemli değişiklikler göstermektedir. AgO NP'lerin antifungal aktivitesi, test edilen mayaların büyümesini engelleyen konsantrasyonlarda sitotoksik kalır. Buna karşılık AgO NP'ler, yaygın olarak antifungal testlere benzer çok düşük konsantrasyonlarda mayaların büyümesini engeller.

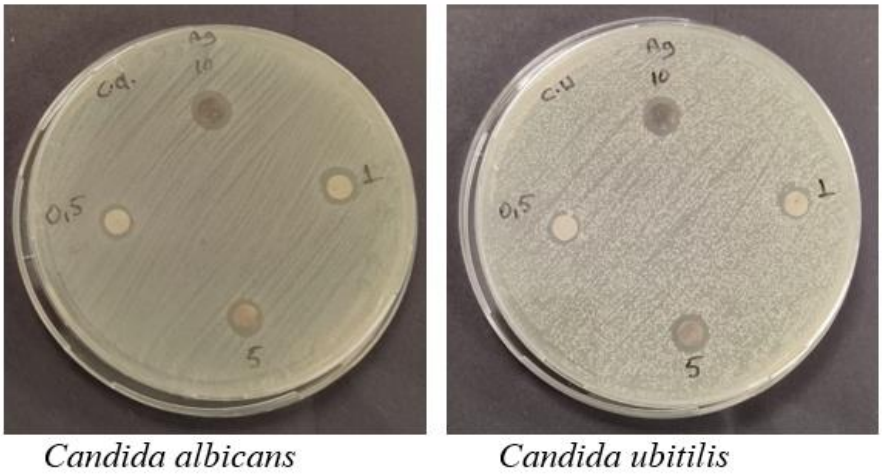
AgO NP'ler bu konsantrasyonlarda dahi insan fibroblastları üzerinde hiçbir sitotoksik etki göstermez (Panáček vd., 2009).



Şekil 4.20. AgO NP'lerin kenevir kumaşında antifungual etkisinin grafiksel gösterimi

4.3.2. AgO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Disk Difüzyonda Antifungual Aktivitesi

AgO NP'ler mantar suşlarına karşı etkili NP'lerdir. Bu NP'lerin disk difüzyon testleri *in vitro* koşullarda *C. ubitilis* ve *C. albicans*'a karşı dört farklı AgO NP konsantrasyonlarında 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL dozlarda 2 tekrarlı olarak test edildi. AgO NP'lerin disk difüzyon testinin inhibisyon zonlarının aritmetik ortalaması alınmıştır ve cetvel yardımıyla inhibisyon zon çapları Şekil 4.21'de verilmiştir. Bu inhibisyon zonların her bir konsantrasyon için çap oranı Tablo 4.6'da verilmiştir.

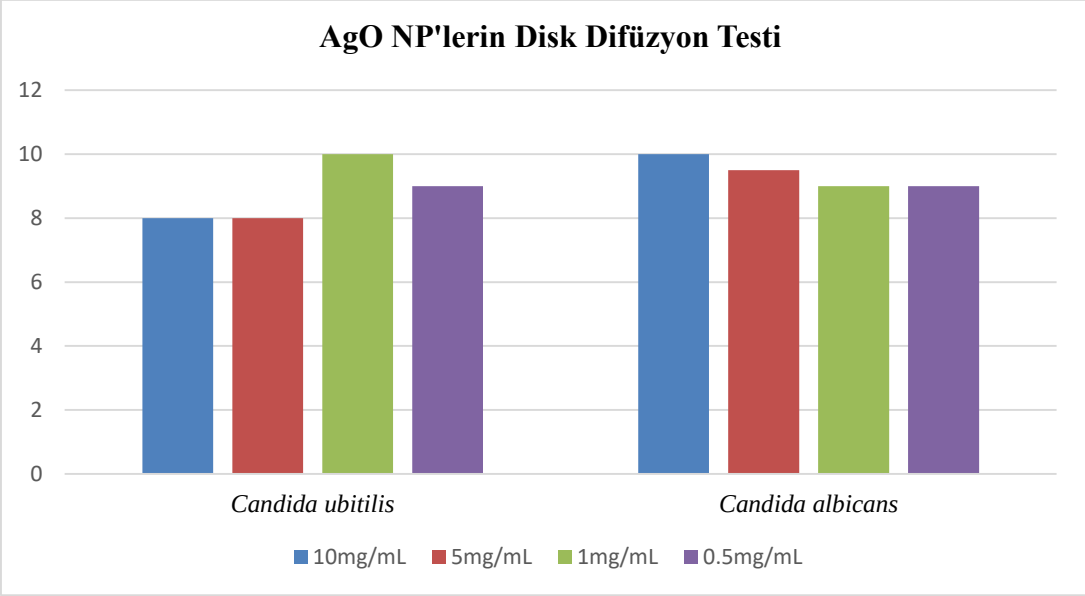


Şekil 4.21. AgO NP'lerin disk difüzyonda funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.6. AgO NP'lerin disk difüzyon antifungual testindeki zon çap ölçüleri

AgO NP	10 mg/mL	5 mg/mL	1 mg/mL	0.5 mg/mL
Candida ubitilis	8	8	10	9
Candida albicans	10	9.5	9	9

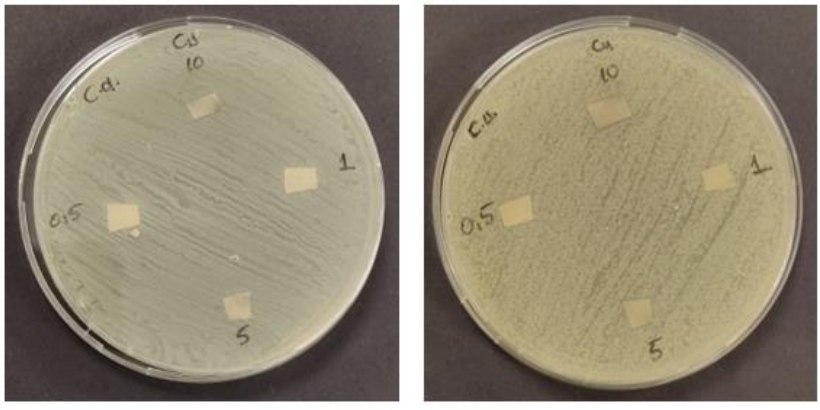
AgO NP'lerin antifungual testindeki en iyi sonuç 10 mg/mL dozunda *C. albicans* fungusuna karşı gözlemlenmiştir. Antifungual disk difüzyon testinde yapmış olduğumuz çalışmada ve berlilediğimiz AgO NP konsantrasyonlarında *C. ubitilis* ve *C. albicans* dört farklı konsantrasyonda da antifungual etki göstermiştir (Şekil 4.22). Küçük boyutlarından dolayı AgO NP'ler hücre yüzeyine yapışarak hücre duvarına zarar vermeden doğrudan hücrelerin içine girebilir ve ardından hücrenin ölümüne neden olabilirler. Disk parçalarının AgO NP'lerle etkileşim sırasında, yüzeylerinde çukurların oluşması gözeneklerin oluşumu ve hücre ölümüyle sonuçlanmaktadır (Xu vd., 2013). Zhao ve arkadaşları yaptığı bir çalışmada, tomurcuk büyümesinin inhibisyonunun membran hasarıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir. Bu sebeple AgO NP'lerin muhtemelen membran bütünlüğünün tahribi yoluyla normal tomurcuklanma sürecini engellediğini ileri sürmektedir. AgO NP'ler muhtemelen membran bütünlüğünün tahribi yoluyla test edilen mantarlar üzerinde güçlü antifungal etkiler göstermiştir; bu nedenle, AgO NP'lerin klinik uygulamalar için daha fazla araştırmaya hizmet eden önemli antifungal aktiviteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Zhao vd., 1998). AgO NP'lerin antifungal özellikleri daha az bilinmektedir çünkü çalışmaların çoğu hayvanlardaki bakteriyel ve viral patojenler üzerinedir. Kim ve arkadaşlarına göre, AgO NP'leri hücre zarlarını bozarak ve zar bütünlüğünün bozulması nedeniyle normal tomurcuklanma sürecini engelleyerek *C. albicans* üzerinde çok iyi antifungal aktivite göstermiştir. Benzer çalışmalar diğer mantar türlerinde de rapor edilmiş olup, çoğunlukla patojenik mantar olan *C. albicans* üzerinden çalışmalar yapılmıştır (Kim vd., 2009).



Şekil 4.22. AgO NP'lerin disk difüzyonda antifungual etkisinin grafiksel gösterimi

4.3.3. CuO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Antifungual Aktivitesi

CuO NP'ler funguslara karşı etkili NP'ler arasındadır, bu NP'lerin mantar suşlarına karşı antifungual testi *in vitro* ortamda test edildi. NP'ler antifungual aktivitede dozun miktarına göre belirli bir oranda antifungual etki gösterirler. CuO NP'lerin antifungual testi iki tekrarlı olarak gerçekleştirildi ve inhibisyon zon çaplarının aritmetik ortalaması alınmıştır. PDA ortamında çoğaltılan *C. ubitilis* ve *C. albicans* iki mantar suşu üzerinde inhibisyon zon çapları verilmiştir (Şekil 4.23). CuO NP'lerin antifungual testte10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL konsantrasyonlarda zon çapları Tablo 4.7'de verilmiştir.

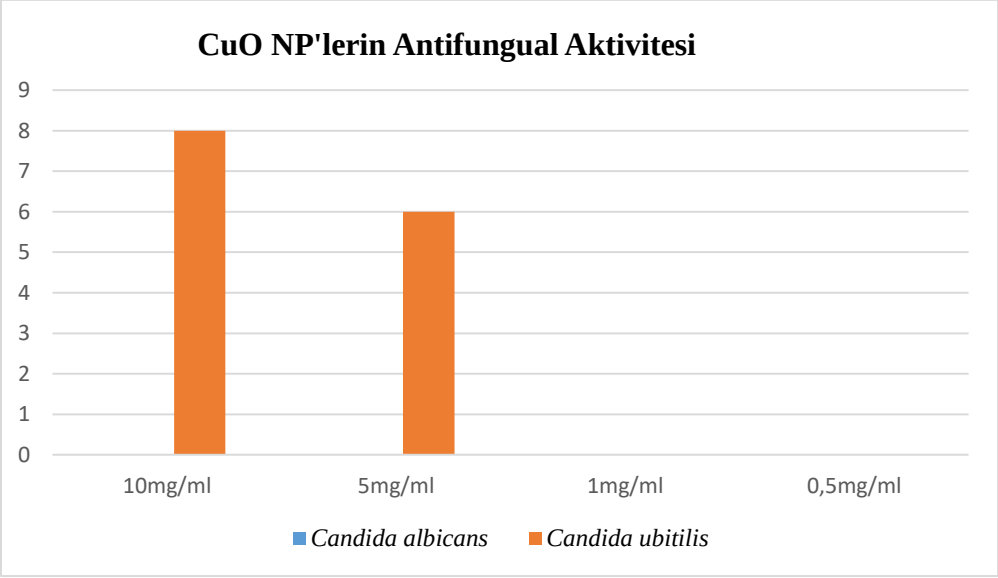


Şekil 4.23. CuO NP'lerin kenevir kumaşında funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.7. CuO NP'lerin kenevir kumaşında funguslara karşı inhibisyon zonlar

CuO NP	10 mg/mL	5 mg/mL	1 mg/mL	0.5 mg/mL
Candida albicans	0	0	0	0
Candida ubitilis	8	6	0	0

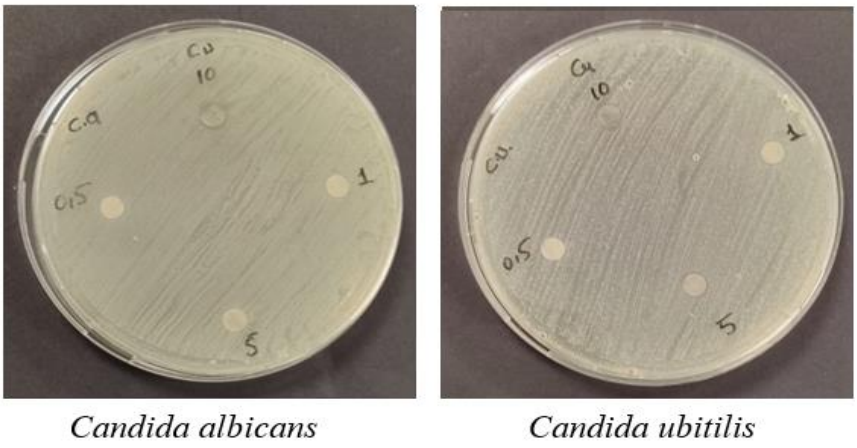
CuO NP'lerin antifungual etkiside iki fungusta ve dört farklı NP konsantrasyonunda test edildi. *C. ubtilis* 10 mg/mL ve 5 mg/mL de daha yüksek konstarasyonlarda sonuç verirken *C. albicans* fungusunda CuO NP'ler herhangi bir antifungual etki göstermemiştir (Şekil 4.24). Hücre duvarları hücre şeklini tanımlamada önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca hücre duvarları hücreleri ozmolalite, sıcaklık ve pH'daki değişiklikler de dahil olmak üzere çevresel stresten korur. Hücre duvarlarının kimyasal bileşimi her fungus için farklıdır. Ancak hücre duvarları esas olarak kitin, glukanlar, mannanlar ve glikoproteinlerden oluşur. Kitin fungal hücre duvarlarının yapısal olarak önemli bir bileşenidir; kitin sentezi bozulduğunda duvar düzensiz hale gelir ve fungal hücreler kötü biçimli ve ozmotik olarak dengesiz hale gelirler (Bowman vd., 2006). Mantar hücre duvarlarının bileşiminin incelenen türler arasında değiştiği gözlemlendiğinden CuO NP'ler tarafından indüklenen oksidatif stresin her mantar türü için farklı şekilde etki etmesi beklenmektedir. Bu, düşük CuO NP konsantrasyonlarında her mantar türünde farklı inhibisyon etkilerini açıklamaktadır (Pariona vd., 2019). CuO NP'lerin antifungal aktivitesinin patojenik mantarlara bağlı olduğu görülebilir. CuO NP'lerinin farklı mantarlara karşı antifungal aktivitesi için de benzer sonuçlar bildirilmiştir (Ruparelia vd., 2008). Bakterilere benzer şekilde, yapılan çalışmalarda incelendiğinde daha yüksek konsantrasyonlarda iki fungus içinde iyi inhibitör zon etkisi gözlemlendi.



Şekil 4.24. CuO NP'lerin disk difüzyonda antifungual etkisi

4.3.4. CuO NP Yüklü Kenevir Kumaşının Disk Difüzyonda Antifungual Aktivitesi

CuO NP'lerin antifungual disk difüzyon testi *in vitro* koşullarda iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirildi. Yeşil sentezlenen CuO NP'lerin iki patojenik mantara karşı antifungal aktivitesi, inhibisyon büyümesinin zon çapların cetvel ile ölçülmesiyle ortalaması alınarak belirlendi. Sentezlenen CuO NP'ler, *C. ubitilis* ve *C. albicans* mantar suşlarına karşı inhibe edici bir etki gösterdi (Şekil 4.25). CuO NP'lerin disk difüzyonda antifungual testte 10 mg/mL, 5 mg/mL, 1 mg/mL 0.5 mg/mL'lık 4 farklı konsantrasyonlarda inhibisyon zonları ölçüldü. (Tablo 4.8)

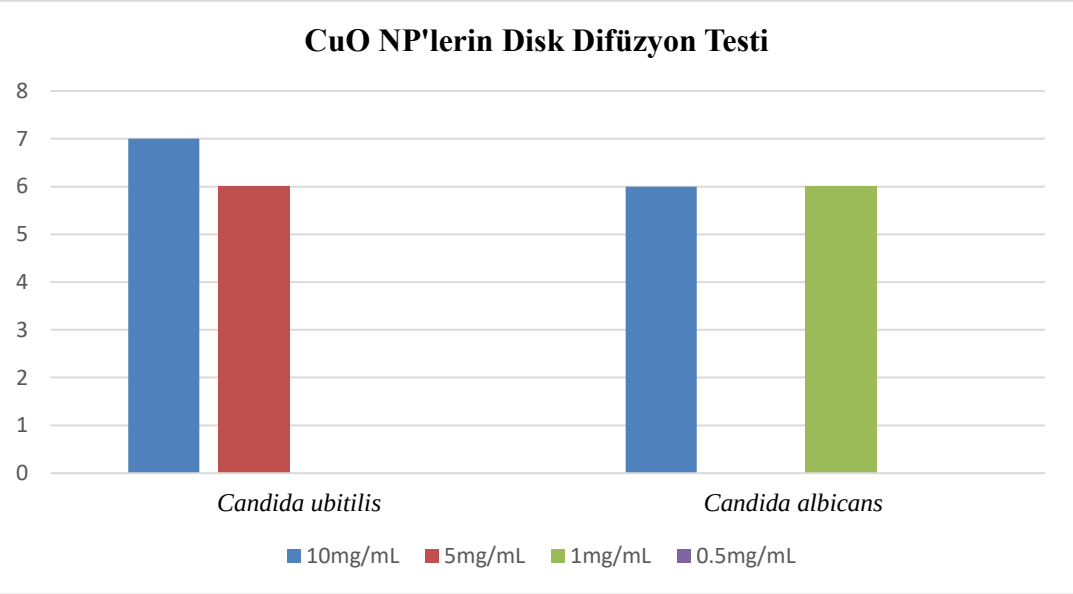


Şekil 4.25. CuO NP'lerin disk difüzyonda funguslar üzerinde oluşan inhibisyon zonları

Tablo 4.8. CuO NP'lerin disk difüzyon antifungual testindeki zon çap ölçüleri

CuO NP	10 mg/mL	5 mg/mL	1 mg/mL	0.5 mg/mL
Candida albicans	6	0	6	0
Candida ubitilis	7	6	0	0

CuO NP'lerin inhibisyon zon çapları ölçüldü. Ölçümler sonucu incelendiğinde *C. albicans* fungusu 10 mg/mL ve 1 mg/mL'de antifungual etki göstermiştir. 5 mg/mL ve 0.5 mg/mL'de herhangi bir sonuç gözlemlenememiştir. *C. ubitilis* fungusu 10 mg/mL ve 5 mg/mL dozlarda antifungual etki göstermiştir. 1mg/mL ve 0.5mg/mL dozlarda CuO NP'leri *C. ubitilis* fungusuna karşı disk difüzyonda bir antifungual etki gözlemlenememiştir (Şekil 4.26). CuO NP'lerde antifungal aktivite NP konsantrasyonu arttıkça artış gösterdi. CuO NP'leri Gram pozitif bakterilere, Gram negatif bakterilere ve mayaya karşı hem antibakteriyel hem de antifungal aktivite gösterdi. Literatürde yapılmış çalışmalarda daha yüksek dozlarda testler yapıldığında daha iyi sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir (Banik, & Pérez-de-Luque, 2017).



Şekil 4.26. CuO NP'lerin disk difüzyonda antifungual etkisinin grafiksel gösterimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öncelikle kenevir bitkisi kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle AgO NP'ler ve CuO NP'ler sentezlendi. Sentezlenen NP'ler UV-vis, FTIR, XRD, SEM ve EDX analizleri ile karakterize edilerek AgO ve CuO NP'lerin sentezlendikleri doğrulandı. Elde edilen AgO ve CuO NP'lerinin *E. aergones, S. enteritidis, E. durans, S. aureus, B. subtilis* ve *E. coli* bakterilere karşı antibakteriyel özelliklleri ile *C. ubtilis* ve *C. albicans* funguslara karşı antifungal özellikleri incelendi. Testler saf suşlar kullanılarak gerçekleştirildi. Bu inceleme sonucunda AgO NP'lerin *Salmonella enteritidis* bakterisi üzerinde 10 mg/mL dozda en iyi anti bakteriyel etkiyi gösterirken, *E. durans, S. aureus, B. subtilis* ve *E. coli* bakterileri üzerinde 0.5 mg/mL dozda en düşük antibakteriyel aktivite gösterdiği bulunmuştur. CuO NP'lerin NP'lerin de AgO NP'ler gibi *Salmonella enteritidis* bakterisi üzerinde 10 mg/mL dozda en iyi antibakteriyel etkiyi gösterirken, *E. durans, E. aergones, S.aureus* ve *B. subtilis* bakterilerinde 0.5 mg/mL dozda en düşük antibakteriyel aktivite gösterdiği bulunmuştur. AgO ve CuO NP'lerin 6 farklı bakteri üzerindeki antibakteriyel çalışmaları karşılaştırıldığında. Her iki NP içinde ortak bakteri olan *S enteritidis* bakterisi 10 mg/mL dozda AgO NP'ler ve CuO NP'ler için en iyi antibakteriyel aktiviteyi gösteririken, *E.durans, S. aureus* ve *B. subtilis* bakterileride 0.5 mg/mL dozda AgO NP'ler ve CuO NP'ler için en düşük antibakteriyel aktiviteyi gösterdiği bulunmuştur.

Antifungual çalışmlalar sonucunda ise AgO NP'lerin *C. albicans* fungusu üzerinde 10 mg/mL dozda ve *C. ubtilis* fungusu üzerinde 1 mg/mL dozda en iyi antifungual aktivite gösterirken, *C. ubtilis* fungusu üzerinde 5 mg/mL dozda en düşük antifungual aktivite gösterdiği bulunmuştur. CuO NP'lerde *C. ubtilis* fungusu üzerinde 10 mg/mL dozda en iyi antifungual aktivite gösterirken, *C. ubtilis* ve *C. albicans* fungusları üzerinde 0.5 mg/mL dozda en düşük antifungual aktivite gösterdiği bulunmuştur. Her iki NP içinde antifungual aktivite kıyaslandığında *C. ubtilis* fungusu AgO NP ve CuO NP'leri için farklı dozlarda en iyi antifungual aktiviteyi göstermiştir. *C. albicans* fungusu ise sadece CuO NP'lerinde en düşük antifungual aktivite gösterdiği bulunmuştur.

Kenevir kumaşlarına doyurulan AgO ve CuO NP'lerinin antibakteriyel çalışmalarda ise disk difüzyonda olduğu gibi AgO NP'ler *S. enteritidis* bakterisi üzerinde 10 mg/mL dozda en iyi antibakteriyel etkiyi gösterirken, *E. aergones, B. subtilis* ve *E. coli* bakterilerine karşı 0.5 mg/mL dozda en düşük antibakteriyel aktivite gösterdiği bulunmuştur. Kenevir kumaşıyla doyurulan CuO NP'lerin antibakteriyel testinde ise *S. aureus* bakterisi üzerinde 10 mg/mL

dozda en iyi antibakteriyel aktivite gösterirken, *S. enteritidis*, *E. aergones*, *B. subtilis* ve *E. coli* bakterileri üzerinde 0.5 mg/mL dozda en düşük antibakteriyel aktivite göstermiştir. Ayrıca kenevir kumaşıyla doyrulan CuO NP'leri için sadece *B. subtilis* bakterisinde herhangi bir antibakteriyel özellik gösterememiştir. AgO ve CuO NP'leri için en iyi antibakteriyel aktivite 10 mg/mL dozda göstermiştir. *B. subtilis* ve *E. coli* bakterileri ise her iki NP içinde düşük dozlarda en düşük antibakteriyel aktivite göstermiştir. Kenevir kumaşlarına doyurulan AgO ve CuO NP'lerinin antifungal çalışmalarında AgO NP'ler için *C. ubtilis* ve *C. albicans* fungusları 5 mg/mL dozda en iyi antifungal etki gösterirken, *C. ubtilis* fungusu üzerinde 1 mg/mL dozda ve *C. albicans* fungusu üzerinde 0.5 mg/mL dozda en düşük antifungual aktivite göstermiştir. CuO NP'ler için *C. ubtilis* fungusu üzerinde 10 mg/mL dozda en iyi antifungal etki gösterirken aynı şekilde *C. ubtilis* fungusu üzerinde 0.5 mg/mL dozda en düşük antifungual atkivite gösterdiği bulunmuştur. Kenevir kumaşıyla doyurulan CuO NP'lerin antifungual aktivitesinde *C. albicans* fungusunda herhangi bir antifungual özellik gözlemlenememiştir. AgO ve CuO NP'leri Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler ile bazı patojenik funguslar da dâhil olmak üzere çeşitli patojenleri inhibe etme konusunda antibakteriyel ve antifungual etki gösterdiler. Elde edilen yeşil sentezle sentezlenen AgO NP'ler ve CuO NP'ler, tıbbi alanda uygulanma potansiyeli gösteren ve bazı patojenik mikropların yayılmasını engelleyen nanaomalzemeler olarak ta kabul edilebilir. Farklı bakteriler AgO ve CuO NP'lerine karşı farklı duyarlılıklar gösterir. AgO, CuO NP'lerin antibakteriyel ve antifungual aktivitelere sahip olduğu bulunmuştur. AgO NP'leri geniş spektrumlu antibakteriyel, antimikrobiyal ve antifungual özellikleri iyi bilinmekle birlikte yara iyileşmesinde kullanılmaktadır. AgO NP'ler boyut, şekil ve yüzey kimyası açısından oldukça çeşitli olduğundan, bu yapısal faktörlerin antibakteriyel aktivitelerini nasıl etkilediğine dair kapsamlı anlayışlar, biyomedikal uygulamalarını daha da genişletmeye yardımcı olacaktır. Dünyanın en popüler doğal tekstil lifi olan pamuğun aksine, kenevir yetiştiriciliği çok az su ve pestisit gerektirmektedir. Tekstil endüstrisinde kenevir dünya çapında giderek daha fazla ilgi gören biyokütle bitkilerinden birisidir. Kenevir, yetiştirilmesindeki çoklu avantajları nedeniyle sentetik elyaflar ve pamuk endüstrisi için daha yerel olarak üretilen ve sürdürülebilir bir alternatif sunabilen çevre dostu, hızlı büyüyen bir üründür. Endüstriyel kenevir, sürdürülebilir bir tekstil elyafı kaynağı olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Yapılan tez çalışmasında nano aktif madde yüklü kenevir kumaşlarından elde edilen biyolojik aktivite deneysel sonuçları kapsamında birçok kullanım alanına sahip kenevirin teknik tekstiller üretimi kapsamında kullanılma potansiyeli olduğu

bulunmuştur. Bu tez çalışması ticari olarak üretilmesi planlanan nano aktif madde yüklü yara örtülerinin geliştirilmesine ışık tutmaktadır. Bu alanda ileri düzey çalışmalar yapılarak sürdürülebilir ve çevre dostu yeni ürünler geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

Abbasi, E., Milani, M., Fekri Aval, S., Kouhi, M., Akbarzadeh, A., Tayefi Nasrabadi, H., ... & Samiei, M. (2016). Silver nanoparticles: synthesis methods, bio-applications and properties. *Critical reviews in microbiology*, *42*(2), 173-180. https://doi.org/10.3109/1040841X.2014.912200

Abou El-Nour, K. M., Eftaiha, A. A., Al-Warthan, A., & Ammar, R. A. (2010). Synthesis and applications of silver nanoparticles. *Arabian journal of chemistry*, 3(3), 135-140. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.04.008

Ai, L., Zeng, C., & Wang, Q. (2011). One-step solvothermal synthesis of Ag-Fe3O4 composite as a magnetically recyclable catalyst for reduction of Rhodamine B. *Catalysis Communications*, *14*(1), 68-73. https://doi.org/10.1016/j.catcom.2011.07.014

Allegret, S. (2013). The history of hemp. In *Hemp: industrial production and uses* (pp. 4-26). Wallingford UK: CABI. https://doi.org/10.1079/9781845937935.0004

Arı, O., Görgün, A., Kaya, A., Çoşkun, Ö., & Kaya, İ. (2012). Karbon nanotüp malzeme ile tasarlanan heliks antenlerin performans parametrelerinin incelenmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 2(2), 1-7. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/196118

Artz, C. P., & Soroff, H. S. (1955). Modern concepts in the treatment of burns. *Journal of the American Medical Association*, 159(5), 411-417. https://doi.org/10.1001/jama.1955.02960220001001

Averink, J. (2015). *Global water footprint of industrial hemp textile* (Master's thesis, University of Twente). https://purl.utwente.nl/essays/68219

Bakır, Ö., Güller, P., & KURBANOĞLU, E. B. (2022). Synthesis, characterization, antibacterial, antioxidant activity, and lipoxygenase enzyme inhibition profile of silver nanoparticle (AgNPs) by green synthesis from Seseli resinosum Freyn & Sint. *International Journal of Plant Based Pharmaceuticals*, 2(2), 182-189. https://doi.org/10.55484/ijpbp.1076620

Balcke, G. U., Bennewitz, S., Zabel, S., & Tissier, A. (2014). Isoprenoid and metabolite profiling of plant trichomes. *Plant Isoprenoids: Methods and Protocols*, 189-202. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0606-2_13

Banik, S., & Pérez-de-Luque, A. (2017). In vitro effects of copper nanoparticles on plant pathogens, beneficial microbes and crop plants. *Spanish Journal of Agricultural Research,* 15(2), e1005. https://doi.org/10.5424/sjar/2017152-10305

Belova, M. M., Shipunova, V. O., Kotelnikova, P. A., Babenyshev, A. V., Rogozhin, E. A., Cherednichenko, M. Y., & Deyev, S. M. (2019). "Green" synthesis of cytotoxic silver nanoparticles based on secondary metabolites of Lavandula angustifolia mill. *Acta Naturae (англоязычная версия)*, *11*(2 (41)), 47-53. https://doi.org/10.32607/20758251-2019-11-2-47-53

Bhattacharya, R., & Mukherjee, P. (2008). Biological properties of "naked" metal nanoparticles. *Advanced drug delivery reviews*, *60*(11), 1289-1306.. https://doi.org/10.1016/j.addr.2008.03.013

Bhushan, B. (2017). Introduction to nanotechnology. *Springer handbook of nanotechnology*, 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54357-3_1

Bogoslovskaja, O. A., Rakhmetova, A. A., Ovsyannikova, M. N., Olkhovskaya, I. P., & Gluschenko, N. N. (2014). Antimicrobial effect of copper nanoparticles with differing dispersion and phase composition. *Nanotechnologies in Russia*, *9*, 82-86. https://doi.org/10.1134/S1995078014010042

Bouafia, A. , Laouini, S. E., & Ouahrani, M. R. (2020). A review on green synthesis of CuO nanoparticles using plant extract and evaluation of antimicrobial activity. *Asian Journal of Research in Chemistry,* 13(1), 65-70.) https://doi.org/10.5958/0974-4150.2020.00014.0

Bowman, S. M., & Free, S. J. (2006). The structure and synthesis of the fungal cell wall. *Bioessays*, *28*(8), 799-808. https://doi.org/10.1002/bies.20441

Braun, T., Schubert, A., & Zsindely, S. (1997). Nanoscience and nanotecnology on the balance. *Scientometrics*, *38*, 321-325. https://doi.org/10.1007/BF02457417

Chakraborty, N., Banerjee, J., Chakraborty, P., Banerjee, A., Chanda, S., Ray, K., ... & Sarkar, J. (2022). Green synthesis of copper/copper oxide nanoparticles and their applications: a review. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 15(1), 187-215. https://doi.org/10.1080/17518253.2022.2025916.

Chandra, S., Kumar, A., & Tomar, P. K. (2014). Synthesis and characterization of copper nanoparticles by reducing agent. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(2), 149-153. https://doi.org/10.1016/j.jscs.2011.06.009

Chandra, S., Lata, H., & ElSohly, M. A. (Eds.). (2017). *Cannabis sativa L.-botany and biotechnology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6

Chauhan, N., Tyagi, A. K., Kumar, P., & Malik, A. (2016). Antibacterial potential of Jatropha curcas synthesized silver nanoparticles against food borne pathogens. *Frontiers in microbiology*, *7*, 1748. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01748

Crisan, M. C., Teodora, M., & Lucian, M. (2021). Copper nanoparticles: Synthesis and characterization, physiology, toxicity and antimicrobial applications. *Applied Sciences*, 12(1), 141. https://doi.org/10.3390/app12010141

Cunha, F. A., Maia, K. R., Mallman, E. J. J., CUNHA, M. D. C. D. S. O., Maciel, A. A. M., SOUZA, I. P. D., ... & Fechine, P. B. A. (2016). Silver nanoparticles-disk diffusion test against Escherichia coli isolates. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo,* 58, 73. https://doi.org/10.1590/S1678-9946201658073

Çimen, B., Şengül, S., Ergüt, M., & Özer, A. (2019). Green Synthesis and Characterization of CuO Nanoparticles: Telon Blue AGLF and Methylene Blue Adsorption. *Sinop University Journal of Natural Sciences*, 4(1), 1-20. https://doi.org/10.33484/sinopfbd.315643

Dalton, A. B., Collins, S., Muñoz, E., Razal, J. M., Ebron, V. H., Ferraris, J. P., ... & Baughman, R. H. (2003). Super-tough carbon-nanotube fibres. *Nature*, *423*(6941), 703-703. https://doi.org/10.1038/423703a

Daniel, M. C., & Astruc, D. (2004). Gold nanoparticles: assembly, supramolecular chemistry, quantum-size-related properties, and applications toward biology, catalysis, and nanotechnology. *Chemical reviews*, *104*(1), 293-346. https://doi.org/10.1021/cr030698+

Das, L., Li, W., Dodge, L. A., Stevens, J. C., Williams, D. W., Hu, H., ... & Shi, J. (2020). Comparative evaluation of industrial hemp cultivars: Agronomical practices, feedstock characterization, and potential for biofuels and bioproducts. *ACS*

Sustainable Chemistry & Engineering, *8*(16), 6200-6210. https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06145

Della Rocca, G., & Di Salvo, A. (2020). Hemp in veterinary medicine: from feed to drug. *Frontiers in veterinary science*, 7, 558206. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00387

Devinsky, O., Cross, J. H., Laux, L., Marsh, E., Miller, I., Nabbout, R., ... & Wright, S. (2017). Trial of cannabidiol for drug-resistant seizures in the Dravet syndrome. *New England Journal of Medicine*, *376*(21), 2011-2020. https://doi.org/10.1056/nejmoa1611618

Dibrov, P., Dzioba, J., Gosink, K. K., & Häse, C. C. (2002). Chemiosmotic mechanism of antimicrobial activity of Ag+ in Vibrio cholerae. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 46(8), 2668-2670. https://doi.org/10.1128/aac.46.8.2668-2670.2002

Din, M. I., & Rehan, R. (2017). Synthesis, characterization, and applications of copper nanoparticles. *Analytical Letters*, 50(1), 50-62. https://doi.org/10.1080/00032719.2016.1172081

Dowling, A. P. (2004). Development of nanotechnologies. *Materials Today*, 7(12), 30-35. https://doi.org/10.1016/S1369-7021(04)00628-5

Drake, P. L., & Hazelwood, K. J. (2005). Exposure-related health effects of silver and silver compounds: a review. *Annals of Occupational Hygiene*, 49(7), 575-585. https://doi.org/10.1093/annhyg/mei019

Düzgün, M., & Kara, A. (2024). Plant-Mediated Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Evaluation of Their Biological Activities. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 44(4), 351-372. https://doi.org/10.52794/hujpharm.1472081

El Naschie, M. S. (2006). Nanotechnology for the developing world. *Chaos, Solitons & Fractals*, 30(4), 769-773. https://doi.org/10.1016/j.chaos.2006.04.037

El-Trass, A., ElShamy, H., El-Mehasseb, I., & El-Kemary, M. (2012). CuO nanoparticles: synthesis, characterization, optical properties and interaction with amino acids. *Applied Surface Science*, 258(7), 2997-3001. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.11.025

Emerich, D. F., & Thanos, C. G. (2003). Nanotechnology and medicine. *Expert opinion on biological therapy*, *3*(4), 655-663. https://doi.org/10.1517/14712598.3.4.655

Eremenko, A. M., Petrik, I. S., Smirnova, N. P., Rudenko, A. V., & Marikvas, Y. S. (2016). Antibacterial and antimycotic activity of cotton fabrics, impregnated with silver and binary silver/copper nanoparticles. *Nanoscale research letters*, *11*, 1-9. https://doi.org/10.1186/s11671-016-1240-0

Gaber, S. E., Hashem, A. H., El-Sayyad, G. S., & Attia, M. S. (2024). Antifungal activity of myco-synthesized bimetallic ZnO-CuO nanoparticles against fungal plant pathogen Fusarium oxysporum. *Biomass Conversion and Biorefinery*, *14*(20), 25395-25409. https://doi.org/10.1007/s13399-023-04550-w

Gericke, M., & Pinches, A. (2006). Biological synthesis of metal nanoparticles. *Hydrometallurgy*, *83*(1-4),132-140. https://doi.org/10.1016/j.hidromet.2006.03.019

Gour, A., & Jain, N. K. (2019). Advances in green synthesis of nanoparticles. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, *47*(1), 844-851. https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1577878

Grigore, M. E., Biscu, E. R., Holban, A. M., Gestal, M. C., & Grumezescu, A. M. (2016). Methods of synthesis, properties and biomedical applications of CuO nanoparticles. *Pharmaceuticals*, *9*(4), 75. https://doi.org/10.3390/ph9040075

Guerriero, G., Sergeant, K., & Hausman, J. F. (2014). Wood biosynthesis and typologies: a molecular rhapsody. *Tree Physiology*, *34*(8), 839-855. https://doi.org/10.1093/treephys/tpu031

Güngörmüş, M. (2021). Biosynthesis and Characterization of Silver Nanoparticles Using Myrtus Communis (Myrtle) and Grape Seed Extract. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *7*(3), 320-329. https://doi.org/10.30855/gmbd.2021.03.14

Hamouda, T., Myc, A., Donovan, B., Shih, A. Y., Reuter, J. D., & Baker, J. R. (2001). A novel surfactant nanoemulsion with a unique non-irritant topical antimicrobial activity against bacteria, enveloped viruses and fungi. *Microbiological research*, 156(1), 1-7. https://doi.org/10.1078/0944-5013-00069

Hayo van Der Werf. The role of hemp in sustainable development. *Hemp: industrial production and uses*, CABI, 2013, 978-1-84593-793-5. https://doi.org/10.1079/9781845937935.027

He, S., Guo, Z., Zhang, Y., Zhang, S., Wang, J., & Gu, N. (2007). Biosynthesis of gold nanoparticles using the bacteria Rhodopseudomonas capsulata. *Materials Letters*, 61(18), 3984-3987. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.01.018

Huang, Y. F., Chang, H. T., & Tan, W. (2008). Cancer cell targeting using multiple aptamers conjugated on nanorods. *Analytical chemistry*, 80(3), 567-572. https://doi.org/10.1021/ac702322j

Hulla, J. E., Sahu, S. C., & Hayes, A. W. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human & experimental toxicology*, 34(12), 1318-1321. https://doi.org/10.1177/0960327115603588

Huston, M., DeBella, M., DiBella, M., & Gupta, A. (2021). Green synthesis of nanomaterials. *Nanomaterials*, 11(8), 2130. https://doi.org/10.3390/nano11082130

Iijima, S. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature* 354, 56–58 (1991). https://doi.org/10.1038/354056a0

Ingle, A.P., Duran, N. & Rai, M. Bioactivity, mechanism of action, and cytotoxicity of copper-based nanoparticles: A review. *Appl Microbiol Biotechnol* 98, 1001–1009 (2014). https://doi.org/10.1007/s00253-013-5422-8

Jalil, M. A., Halim, A. F., Moniruzzaman, M., Hossain, M. T., & Hussain, S. Z. (2023). Nano Materials in Textile Processing. In Advanced Technology in Textiles: Fibre to Apparel (pp. 323-344). Singapore: *Springer Nature Singapore.* https://doi.org/10.1007/978-981-99-2142-3_12

Jamkhande, P. G., Ghule, N. W., Bamer, A. H., & Kalaskar, M. G. (2019). Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications. *Journal of drug delivery science and technology*, 53, 101174. https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101174

Jayaprakash, N., Vijaya, J. J., Kaviyarasu, K., Kombaiah, K., Kennedy, L. J., Ramalingam, R. J., ... & Al-Lohedan, H. A. (2017). Green synthesis of Ag nanoparticles using Tamarind fruit extract for the antibacterial studies. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 169, 178-185. https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.03.013

John, M. J., & Thomas, S. (2008). Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate polymers*, 71(3), 343-364. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.040

KABELIK J. [Hemp (Cannabis sativa); antibiotic drug. I. Hemp in the old & popular medicine]. *Die Pharmazie.* 1957 Jul;12(7):439-443. PMID: 13484424.

Kango, S., Kalia, S., Celli, A., Njuguna, J., Habibi, Y., & Kumar, R. (2013). Surface modification of inorganic nanoparticles for development of organic–inorganic nanocomposites—A review. *Progress in polymer science*, 38(8), 1232-1261. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.02.003

Kartick, B., & Srivastava, S. K. (2013). Green synthesis of graphene. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 13(6), 4320-4324. https://doi.org/10.1166/jnn.2013.7461

Khan, B. A., Wang, J., Warner, P., & Wang, H. (2015). Antibacterial properties of hemp hurd powder against E. coli. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(10). https://doi.org/10.1002/app.41588

Khanna, P. K., Gaikwad, S., Adhyapak, P. V., Singh, N., & Marimuthu, R. (2007). Synthesis and characterization of copper nanoparticles. *Materials Letters*, 61(25), 4711-4714. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.03.014

Khodadadi, B., Bordbar, M., Yeganeh-Faal, A., & Nasrollahzadeh, M. (2017). Green synthesis of Ag nanoparticles/clinoptilolite using Vaccinium macrocarpon fruit extract and its excellent catalytic activity for reduction of organic dyes. *Journal of Alloys and Compounds*, 719, 82-88. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.05.135

Kim, KJ., Sung, W.S., Suh, B.K. et al. Antifungal activity and mode of action of silver nano-particles on Candida albicans. *Biometals* 22, 235–242 (2009). https://doi.org/10.1007/s10534-008-9159-2

Kim, S. W., Jung, J. H., Lamsal, K., Kim, Y. S., Min, J. S., & Lee, Y. S. (2012). Antifungal effects of silver nanoparticles (AgNPs) against various plant pathogenic fungi. *Mycobiology*, 40(1), 53-58. https://doi.org/10.5941/MYCO.2012.40.1.053

Klasen, H. J. (2000). Historical review of the use of silver in the treatment of burns. I. Early uses. *Burns*, *26*(2), 117-130. https://doi.org/10.1016/S0305-4179(99)00108-4

Kumar, H., Venkatesh, N., Bhowmik, H., & Kuila, A. (2018). Metallic nanoparticle: a review. *Biomed. J. Sci. Tech. Res*, *4*(2), 3765-3775. https://doi.org/10.26717/BJSTR.2018.04.001011

Logothetidis, S. (2011). Nanotechnology: Principles and applications. In *Nanostructured materials and their applications* (pp. 1-22). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22227-6_1

Mali, S. C., Dhaka, A., Githala, C. K., & Trivedi, R. (2020). Green synthesis of copper nanoparticles using Celastrus paniculatus Willd. leaf extract and their photocatalytic and antifungal properties. *Biotechnology Reports*, *27*, e00518. https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00518

McNeil, S. E. (2005). Nanotechnology for the biologist. *Journal of Leukocyte Biology*, 78(3), 585–594. https://doi.org/10.1189/jlb.0205074

Mert, M. E., & Mert, B. D. (2023). Environmentally Friendly Route for Synthesis of CuO Nanoparticles. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *6*(3), 2201-2212. https://doi.org/10.47495/okufbed.1293018

Mishra, R., Militky, J., Baheti, V., Huang, J., Kale, B., Venkataraman, M., ... & Wang, Y. (2014). The production, characterization and applications of nanoparticles in the textile industry. *Textile Progress*, *46*(2), 133-226. https://doi.org/10.1080/00405167.2014.964474

Mody, V. V., Siwale, R., Singh, A., & Mody, H. R. (2010). Introduction to metallic nanoparticles. *Journal of Pharmacy and bioallied sciences*, 2(4), 282-289. https://doi.org/10.4103/0975-7406.72127

Mohamed, A. A., Abu-Elghait, M., Ahmed, N. E., & Salem, S. S. (2021). Eco-friendly mycogenic synthesis of ZnO and CuO nanoparticles for in vitro antibacterial, antibiofilm, and antifungal applications. *Biological trace element research*, *199*(7), 2788-2799. https://doi.org/10.1007/s12011-020-02369-4

Mokhtari, N., Daneshpajouh, S., Seyedbagheri, S., Atashdehghan, R., Abdi, K., Sarkar, S., ... & Shahverdi, A. R. (2009). Biological synthesis of very small silver nanoparticles by culture supernatant of Klebsiella pneumonia: The effects of visible-light irradiation and the liquid mixing process. *Materials research bulletin*, *44*(6), 1415-1421. https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2008.11.021

Nadaroglu, H., Güngör, A. A., & Ince, S. (2017). Synthesis of nanoparticles by green synthesis method. *International Journal of Innovative Research and Reviews*, 1(1), 6-9. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/926440

Naika, H. R., Lingaraju, K., Manjunath, K., Kumar, D., Nagaraju, G., Suresh, D., & Nagabhushana, H. (2015). Green synthesis of CuO nanoparticles using Gloriosa superba L. extract and their antibacterial activity. *Journal of Taibah University for Science*, 9(1), 7-12 https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.04.006

Narayanan, K. B., & Sakthivel, N. (2011). Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents. *Advances in colloid and interface science*, *169*(2), 59-79. https://doi.org/10.1016/j.cis.2011.08.004

Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S. M., Sajjadi, M., & Issaabadi, Z. (2019). An introduction to nanotechnology. In *Interface science and technology* (Vol. 28, pp. 1-27). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813586-0.00001-8

Navrotsky A. (2003) Materials and Nanotechnology. *MRS Bulletin*.;28(2):92-94. . https://doi.org/doi:10.1557/mrs2003.26

Nesrin, K., Yusuf, C., Ahmet, K., Ali, S. B., Muhammad, N. A., Suna, S., & Fatih, Ş. (2020). Biogenic silver nanoparticles synthesized from Rhododendron ponticum and their antibacterial, antibiofilm and cytotoxic activities. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *179*, 112993. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.112993

Nzilu, D. M., Madivoli, E. S., Makhanu, D. S., Wanakai, S. I., Kiprono, G. K., & Kareru, P. G. (2023). Green synthesis of copper oxide nanoparticles and its efficiency in degradation of rifampicin antibiotic. *Scientific Reports*, *13*(1), 14030. https://doi.org/10.1038/s41598-023-41119-z

Özdoğan, E., Demir, A., & Seventekin, N. (2006). Nanotechnology and its applications in textile industry. *Textile and Apparel*, *16*(3), 159-168. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/217991

Panáček, A., Kolář, M., Večeřová, R., Prucek, R., Soukupová, J., Kryštof, V., ... & Kvítek, L. (2009). Antifungal activity of silver nanoparticles against Candida spp. *Biomaterials*, *30*(31), 6333-6340. https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2009.07.065

Panigrahi, S., Kundu, S., Ghosh, S., Nath, S., & Pal, T. (2004). General method of synthesis for metal nanoparticles. *Journal of nanoparticle Research*, 6(4), 411-414. https://doi.org/10.1007/s11051-004-6575-2

Pantidos, N., & Horsfall, L. E. (2014). Biological synthesis of metallic nanoparticles by bacteria, fungi and plants. *Journal of Nanomedicine & Nanotechnology*, 5(5), 1. http://doi.org/10.4172/2157-7439.1000233

Pariona, N., Mtz-Enriquez, A. I., Sánchez-Rangel, D., Carrión, G., Paraguay-Delgado, F., & Rosas-Saito, G. (2019). Green-synthesized copper nanoparticles as a potential antifungal against plant pathogens. *RSC advances*, *9*(33), 18835-18843. https://doi.org/ 10.1039/C9RA03110C

Parveen, K., Banse, V., & Ledwani, L. (2016, April). Green synthesis of nanoparticles: Their advantages and disadvantages. In *AIP conference proceedings* (Vol. 1724, No. 1). AIP Publishing. https://doi.org/10.1063/1.4945168

Pascu, B., Negrea, A., Ciopec, M., Davidescu, C. M., Negrea, P., Gherman, V., & Duteanu, N. (2020). New generation of antibacterial products based on colloidal silver. *Materials*, *13*(7), 1578. https://doi.org/10.3390/ma13071578

Patil, R. B., & Chougale, A. D. (2021). Analytical methods for the identification and characterization of silver nanoparticles: A brief review. *Materials Today: Proceedings*, *47*, 5520-5532. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.384

Patra, K. (2013). Application of nanotechnology in textile engineering: An overview. *Journal of engineering and technology research*, 5(5), 104-111. https://doi.org/10.5897/JETR2013.0309

Periyasamy, A. P., Militky, J., Sachinandham, A., & Duraisamy, G. (2020). Nanotechnology in textile finishing: Recent developments. *Handbook of Nanomaterials and Nanocomposites for Energy and Environmental Applications*, 1-31. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11155-7_55-1

Petit, J., Salentijn, E. M., Paulo, M. J., Thouminot, C., van Dinter, B. J., Magagnini, G., ... & Trindade, L. M. (2020). Genetic variability of morphological, flowering, and biomass quality traits in hemp (Cannabis sativa L.). *Frontiers in plant science*, 11, 102. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00102

Pothukuchi, R. P., Kumar, S., & Punnathanam, S. N. (2024). Mechanistic Details of the Organizer-Assisted Nucleation of Gold Nanoparticles by the Turkevich Method. *The Journal of Physical Chemistry C*, *128*(41), 17642-17650. https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c03537

Rafique, M., Sadaf, I., Rafique, M. S., & Tahir, M. B. (2017). A review on green synthesis of silver nanoparticles and their applications. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, *45*(7), 1272-1291. https://doi.org/10.1080/21691401.2016.1241792

Rai, M., Yadav, A., & Gade, A. (2009). Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology advances,* 27(1), 76-83. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.002

Ramanathan, S., Gopinath, S. C., Arshad, M. M., Poopalan, P., & Perumal, V. (2021). Nanoparticle synthetic methods: strength and limitations. In *Nanoparticles in Analytical and Medical Devices* (pp. 31-43). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821163-2.00002-9

Rampino, L. D., & Nord, F. F. (1941). Preparation of palladium and platinum synthetic high polymer catalysts and the relationship between particle size and rate of hydrogenation. *Journal of the American Chemical Society*, *63*(10), 2745-2749. https://doi.org/10.1021/ja01855a070

Ranalli, P., & Venturi, G. (2004). Hemp as a raw material for industrial applications. *Euphytica*, *140*(1), 1-6. https://doi.org/10.1007/s10681-004-4749-8

Raza, Z. A., Rehman, A., Mohsin, M., Bajwa, S. Z., Anwar, F., Naeem, A., & Ahmad, N. (2015). Development of antibacterial cellulosic fabric via clean impregnation of silver nanoparticles. *Journal of Cleaner Production,* 101, 377-386. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.091

Ruparelia, J. P., Chatterjee, A. K., Duttagupta, S. P., & Mukherji, S. (2008). Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. *Acta biomaterialia*, *4*(3), 707-716. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2007.11.006

Russo, E. B., Jiang, H. E., Li, X., Sutton, A., Carboni, A., Del Bianco, F., ... & Li, C. S. (2008). Phytochemical and genetic analyses of ancient cannabis from Central Asia. *Journal of experimental botany,* 59(15), 4171-4182. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821163-2.00002-9

Sajid, M., & Płotka-Wasylka, J. (2020). Nanoparticles: Synthesis, characteristics, and applications in analytical and other sciences. *Microchemical Journal,* 154, 104623. https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.104623

Salata, O. V. (2004). Applications of nanoparticles in biology and medicine. *Journal of nanobiotechnology*, 2, 1-6. https://doi.org/10.1186/1477-3155-2-3

Sawhney, A. P. S., Condon, B., Singh, K. V., Pang, S. S., Li, G., & Hui, D. (2008). Modern applications of nanotechnology in textiles. *Textile Research Journal*, 78(8), 731-739. https://doi.org/10.1177/0040517508091066

Schilling, S., Melzer, R., & McCabe, P. F. (2020). Cannabis sativa. *Current Biology*, 30(1), R8-R9. https://doi.org/10.1177/0040517508091066

Schneider, G., Bim, F. L., Sousa, Á. F. L. D., Watanabe, E., Andrade, D. D., & Fronteira, I. (2021). The use of antimicrobial-impregnated fabrics in health services: an integrative review. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, *29*, e3416. https://doi.org/10.1590/1518-8345.4668.3416

Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S. K., & Poinern, G. E. J. (2015). Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities. *Materials*, *8*(11), 7278-7308. https://doi.org/10.3390/ma8115377

Shrivas, K., & Wu, H. F. (2008). Modified silver nanoparticle as a hydrophobic affinity probe for analysis of peptides and proteins in biological samples by using liquid− liquid microextraction coupled to AP-MALDI-ion trap and MALDI-TOF mass spectrometry. *Analytical chemistry*, *80*(7), 2583-2589. https://doi.org/10.1021/ac702309w

Silva, G. A. (2004). Introduction to nanotechnology and its applications to medicine. *Surgical neurology*, *61*(3), 216-220. https://doi.org/10.1016/j.surneu.2003.09.036

Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., & Yang, D. C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in biotechnology*, *34*(7), 588-599. https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.02.006

Small, E., & Marcus, D. (2002). Hemp: A new crop with new uses for North America. *Trends in new crops and new uses*, *24*(5), 284-326. https://tmozart.com/hthemp/docs/hemp.pdf

Sohrabnezhad, S., Rassa, M., & Seifi, A. (2016). Green synthesis of Ag nanoparticles in montmorillonite. *Materials Letters*, *168*, 28-30. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.01.025

Sondi, I., & Salopek-Sondi, B. (2004). Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of colloid and interface science*, 275(1), 177-182. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.02.012

Sundeep, D., Vijaya Kumar, T., Rao, P. S., Ravikumar, R. V. S. S. N., & Gopala Krishna, A. (2017). Green synthesis and characterization of Ag nanoparticles from Mangifera indica leaves for dental restoration and antibacterial applications. *Progress in biomaterials*, *6*, 57-66. https://doi.org/10.1016/j.cis.2008.09.002

Sýkora, D., Kašička, V., Mikšík, I., Řezanka, P., Záruba, K., Matějka, P., & Král, V. (2010). Application of gold nanoparticles in separation sciences. *Journal of separation science*, 33(3), 372-387. https://doi.org/10.1002/jssc.200900677

Talapin, D. V., & Shevchenko, E. V. (2016). Introduction: nanoparticle chemistry. *Chemical Reviews*, 116(18), 10343-10345. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00566

Tang, K., Struik, P. C., Yin, X., Thouminot, C., Bjelková, M., Stramkale, V., & Amaducci, S. (2016). Comparing hemp (Cannabis sativa L.) cultivars for dual-purpose production under contrasting environments. *Industrial Crops and Products, 87*, 33-44. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.026

Tang, S., & Zheng, J. (2018). Antibacterial activity of silver nanoparticles: structural effects. *Advanced healthcare materials*, *7*(13), 1701503. https://doi.org/10.1002/adhm.201701503

Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., & Parikh, R. Y. (2010). Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine*, *6*(2), 257-262. https://doi.org/10.1016/j.nano.2009.07.002

Tiwari, M., Narayanan, K., Thakar, M. B., Jagani, H. V., & Venkata Rao, J. (2014). Biosynthesis and wound healing activity of copper nanoparticles. *IET nanobiotechnology*, 8(4), 230-237. https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2013.0052

Tolochko, N. K. (2009). History of nanotechnology. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. http://www.eolss.net/sample-chapters/c05/E6-152-01.pdf

Tomida, I., Azuara-Blanco, A., House, H., Flint, M., Pertwee, R. G., & Robson, P. J. (2006). Effect of sublingual application of cannabinoids on intraocular pressure: a pilot study. *Journal of glaucoma*, *15*(5), 349-353. https://doi.org/10.1097/01.ijg.0000212260.04488.60

Usman, M. S., Zowalaty, M. E. E., Shameli, K., Zainuddin, N., Salama, M., & Ibrahim, N. A. (2013). Synthesis, characterization, and antimicrobial properties of copper nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine,* 8, 4467–4479. https://doi.org/10.2147/IJN.S50837

Valdez-Salas, B., Beltran-Partida, E., Cheng, N., Salvador-Carlos, J., Valdez-Salas, E. A., Curiel-Alvarez, M., & Ibarra-Wiley, R. (2021). Promotion of Surgical Masks Antimicrobial Activity by Disinfection and Impregnation with Disinfectant Silver Nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine,* 16, 2689–2702. https://doi.org/10.2147/IJN.S301212

Van Bakel, H., Stout, J. M., Cote, A. G., Tallon, C. M., Sharpe, A. G., Hughes, T. R., & Page, J. E. (2011). The draft genome and transcriptome of Cannabis sativa. *Genome biology*, 12, 1-18. https://doi.org/10.1186/gb-2011-12-10-r102

Weiblen, G. D., Wenger, J. P., Craft, K. J., ElSohly, M. A., Mehmedic, Z., Treiber, E. L., & Marks, M. D. (2015). Gene duplication and divergence affecting drug content in Cannabis sativa. *New Phytologist*, *208*(4), 1241-1250. https://doi.org/10.1111/nph.13562

Wudl, F. (2002). Fullerene materials. *Journal of Materials Chemistry*, *12*(7), 1959-1963. https://doi.org/10.1039/B201196D

Xu, Y., Gao, C., Li, X., He, Y., Zhou, L., Pang, G., & Sun, S. (2013). In vitro antifungal activity of silver nanoparticles against ocular pathogenic filamentous fungi. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*, 29(2), 270-274. https://doi.org/10.1089/jop.2012.0155

Xu, Z. P., Zeng, Q. H., Lu, G. Q., & Yu, A. B. (2006). Inorganic nanoparticles as carriers for efficient cellular delivery. *Chemical Engineering Science*, *61*(3), 1027-1040. https://doi.org/10.1016/j.ces.2005.06.019

Yeo, S. Y., Lee, H. J., & Jeong, S. H. (2003). Preparation of nanocomposite fibers for permanent antibacterial effect. *Journal of Materials science*, *38*, 2143-2147. https://doi.org/10.1023/A:1023767828656

Yetisen, A. K., Qu, H., Manbachi, A., Butt, H., Dokmeci, M. R., Hinestroza, J. P., ... & Yun, S. H. (2016). Nanotechnology in textiles. *ACS nano*, *10*(3), 3042-3068. https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176

Yu, S. J., Yin, Y. G., & Liu, J. F. (2013). Silver nanoparticles in the environment. *Environmental Science: Processes & Impacts*, *15*(1), 78-92. https://doi.org/10.1039/C2EM30595J

Zhang, X. F., Liu, Z. G., Shen, W., & Gurunathan, S. (2016). Silver nanoparticles: synthesis, characterization, properties, applications, and therapeutic approaches. *International journal of molecular sciences,* 17(9), 1534. https://doi.org/10.3390/ijms17091534

Zhang, Y., Liu, S., Wang, L., Qin, X., Tian, J., Lu, W., ... & Sun, X. (2012). One-pot green synthesis of Ag nanoparticles-graphene nanocomposites and their applications in SERS, H 2 O 2, and glucose sensing. *Rsc Advances*, *2*(2), 538-545. https://doi.org/10.1039/C1RA00641J

Zhao, G., & Stevens, S. E. (1998). Multiple parameters for the comprehensive evaluation of the susceptibility of Escherichia coli to the silver ion. *Biometals*, *11*, 27-32. https://doi.org/10.1023/A:1009253223055

Zhao, M., Jiang, H., & Grassa, C. J. (2018). Archaeobotanical studies of the Yanghai cemetery in Turpan, Xinjiang, China. *Archaeological and Anthropological Sciences.* https://doi.org/10.1007/s12520-018-0719-2

Zuardi, A. W. (2006). History of cannabis as a medicine: a review. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 28, 153-157. https://doi.org/10.1590/S1516-44462006000200015



T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ